

Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland

Endbericht

**Vorgelegt für die Expertenkommission
„Forschung und Innovation“**

**Studien zum deutschen Innovationssystem
Nr. 15-2009**

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
L 7, 1 - D-68161 Mannheim
www.zew.de

SV Gemeinnützige Gesellschaft für Wissenschaftsstatistik mbH (SV)
Barkhovenallee 1 - 45239 Essen
www.wissenschaftsstatistik.de

Mannheim und Essen, Februar 2009

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Das BMBF hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Autor/inn/en:

Bettina Peters (ZEW, Projektleitung)

Georg Licht (ZEW)

Dirk Crass (ZEW)

Andreas Kladroba (SV)

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Bettina Peters

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)

Forschungsbereich Industrieökonomik und Internationale Unternehmensführung

L 7,1

D-68161 Mannheim

Tel: +49 - (0) 621 1235 174

Fax: +49 - (0) 621 1235 170

Email: b.peters@zew.de

Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste in Kürze	11
1 Hintergrund und Zielsetzung	15
2 Literaturüberblick	22
2.1 Definition, Ursache und Folge sozialer Erträge von Forschung und Entwicklung	22
2.2 Empirische Ansätze zur Messung sozialer Erträge.....	26
2.2.1 Indirekter Ansatz zur Messung sozialer Erträge	28
2.2.2 Direkter Ansatz zur Messung sozialer Erträge.....	30
2.3 Messung des internen und externen Wissenskapitalstocks	31
2.3.1 Interner Wissenskapitalstock:.....	32
2.3.2 Externer Wissenskapitalstock.....	35
2.3.2.1 Einfache Ansätze.....	35
2.3.2.2 Komplexe Ansätze	35
2.4 Bisherige empirische Ergebnisse über die Höhe sozialer Erträge	37
2.4.1 Studien auf Länderebene	38
2.4.2 Studien auf Branchenebene	43
2.4.3 Studien auf Unternehmensebene	51
3 Empirische Untersuchung sozialer Erträge aus FuE-Tätigkeit für Deutschland	61
3.1 Empirisches Modell und Schätzverfahren	62
3.2 Datenquellen	66
3.2.1 FuE-Erhebung der Wissenschaftsstatistik im Stifterverband	66
3.2.1.1 Erhebungsmethode	66
3.2.1.2 Konstruktion des Paneldatensatzes	68
3.2.2 Weitere Datenquellen	72
3.3 Messung der Kernvariablen und deskriptive Statistiken.....	72
3.4 Ausmaß der durch Forschung und Entwicklung generierten privaten und sozialen Erträge im Zeitraum 1991-2005	85

3.4.1	Ergebnis des Basismodells für alle Unternehmen	85
3.4.2	Soziale Erträge innerhalb verschiedener Unternehmensgruppen	98
3.4.2.1	Soziale Erträge im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor....	98
3.4.2.2	Soziale Erträge in High- und Low-Tech-Branchen.....	101
3.4.2.3	Soziale Erträge in jungen und alten Unternehmen	106
3.4.2.4	Soziale Erträge in ost- und westdeutschen Unternehmen	109
3.4.2.5	Soziale Erträge in kleinen und großen Unternehmen	111
3.4.3	Sensitivitätsanalyse	114
3.4.3.1	Messung technologischer Nähe über Patente	115
3.4.3.2	Weitere Sensitivitätsanalysen.....	120
3.4.4	Soziale Erträge durch horizontale und vertikale Wissensspillover	122
3.4.5	Bedeutung verschiedener Sektoren für die Generierung von Wissensspillovern	
	127	
4	Kosten-Nutzen-Analyse	132
4.1	Modellansatz.....	132
4.2	Modellparameter.....	135
4.3	Ergebnisse.....	140
5	Zusammenfassung und innovationspolitische Bewertung.....	143
6	Literatur.....	150
7	Anhang	159
8	Tabellenanhang	162
8.1	Sensitivitätsanalyse: Auswirkungen der Korrektur um Doppelzählungen.....	162
8.2	Sensitivitätsanalyse: Auswirkungen unterschiedlicher Abschreibungsarten	163
8.3	Sensitivitätsanalyse: Gewichtete versus ungewichtete Kapitalstücke.....	164
8.4	Sensitivitätsanalyse: Gewichtung des Spilloverpools	165
8.5	Sensitivitätsanalyse: Geschätzte soziale Erträge unter der Annahme konstanter Skalenerträge	166

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung sozialer Ertragsraten auf Länderebene.....	41
Tab. 2-2:	Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung privater und sozialer Ertragsraten auf Branchenebene.....	46
Tab. 2-3:	Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung privater und sozialer Ertragsraten auf Unternehmensebene.....	57
Tab. 3-1:	Berichtseinheiten der Erhebung 1991 - 2005	68
Tab. 3-2:	Anteil der durch die Erhebung erfassten Beschäftigten an den Beschäftigten insgesamt ¹⁾ im verarbeitenden Gewerbe nach Beschäftigtengrößenklassen 2003.....	68
Tab. 3-3:	Teilnahmeverhalten nach Jahren 1991-2005	70
Tab. 3-4:	Vergleich der Kernindikatoren in Panel A und Panel B	71
Tab. 3-5:	Deflatoren im Dienstleistungssektor.....	74
Tab. 3-6:	Deskriptive Statistiken.....	74
Tab. 3-7:	Technologische Nähe zwischen Branchen	82
Tab. 3-8:	Übersicht der verwendeten Kernvariablen	84
Tab. 3-9:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 1).....	92
Tab. 3-10:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 2)	93
Tab. 3-11:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf das Umsatzwachstum, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 3)	94
Tab. 3-12:	Soziale Ertragsraten in Deutschland im Zeitraum 1991-2005	96
Tab. 3-13:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf das Umsatzwachstum, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 4).....	97
Tab. 3-14:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität im verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)	100
Tab. 3-15:	Definition der verwendeten Branchengruppen	101
Tab. 3-16:	Verteilung der Stichprobe nach Branchengruppen, 1991-2005.....	102
Tab. 3-17:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, getrennt nach Sektoren, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2).....	105
Tab. 3-18:	Verteilung der Stichprobe nach Alter, 1991-2005.....	107
Tab. 3-19:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in jungen und alten Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2).....	109
Tab. 3-20:	Verteilung der Stichprobe nach Region, 1991-2005	110
Tab. 3-21:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in west- und ostdeutschen Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)	111
Tab. 3-22:	Verteilung der Stichprobe nach Unternehmensgröße, 1991-2005.....	112

Tab. 3-23:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in KMU und Großunternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2).....	114
Tab. 3-24:	Verteilung der Summe der Patente pro FuE-Unternehmen	117
Tab. 3-25:	Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, Messung der technologischen Nähe mittels Patentdaten, Zeitraum 1995-2005	120
Tab. 3-26:	Deskriptive Statistiken: Horizontale und vertikale Wissenskapitalstöcke	123
Tab. 3-27:	Bedeutung vertikaler und horizontaler Wissensspiillover auf die Produktivität, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)	126
Tab. 3-28:	Deskriptive Statistiken: Wissenskapitalstöcke nach Sektoren	128
Tab. 3-29:	Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (High-, Medium-, Low-Tech- und Dienstleistungssektor) auf die Produktivität, gesamte Stichprobe, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 2)	130
Tab. 3-30:	Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (High-, Medium-, Low-Tech- und Dienstleistungssektor) für Unternehmen des High-, Medium- und Low-Tech-Sektors, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 1).....	130
Tab. 3-31:	Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (Spitzentechnologie, höherwertige Technologie, sonstige Bereiche) auf die Produktivität, gesamte Stichprobe, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 2).....	131
Tab. 4-1:	Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei alternativen sozialen Erträgen und staatlichen Multiplikatorwirkungen (Basisspezifikation)	141
Tab. 4-2:	Kosten-Nutzen-Analyse: Nutzen-Kosten-Verhältnis bei alternativen sozialen Erträgen und staatlichen Multiplikatorwirkungen (Basisspezifikation)	141
Tab. 4-3:	Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei alternativen Zeitpräferenzraten, Risikoprämien und Abschreibungsraten (Alternativspezifikationen)	142
Tab. 4-4:	Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei variierenden Steuerverzerrungen, Verwaltungskosten der Unternehmen und des Staates (Alternativspezifikationen)	142
Tab. 4-5:	Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei variierenden induzierten Lohnsteigerungen für FuE-Personal und unterschiedlichen Laufzeiten (Alternativspezifikationen)	142
Tab. 7-1:	Einteilung der FuE-Aufwendungen nach Erzeugnisbereichen (Produktgruppen), Einteilung 1991-1999	159
Tab. 7-2:	Einteilung der FuE-Aufwendungen nach Erzeugnisbereichen (Produktgruppen), Einteilung 2001-2005	160
Tab. 7-3:	Einteilung der Patente nach Patentklassen.....	161
Tab. 8-1:	Sensitivitätsanalyse: Effekt der Korrektur um Doppelzählungen auf Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)	162
Tab. 8-2:	Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung unterschiedlicher Abschreibungsraten externen Wissens, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2).....	163
Tab. 8-3:	Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung gewichteter und ungewichteter Kapitalstöcke, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)	164

Tab. 8-4:	Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung unterschiedlicher Breite des Spilloverpools, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2).....	165
Tab. 8-5:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 1 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	166
Tab. 8-6:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 2- Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	167
Tab. 8-7:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	168
Tab. 8-8:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, getrennt nach Sektoren, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	169
Tab. 8-9:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in jungen und alten Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	170
Tab. 8-10:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in west- und ostdeutschen Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren).....	171
Tab. 8-11:	Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in KMU und Großunternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)	172
Tab. 8-12:	Literaturüberblick: Studien zur Schätzung privater Ertragsraten auf Unternehmensebene	173

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1	Nominale und reale FuE-Aufwendungen im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor, 1995-2005.....	18
Abb. 3-1	Panelpartizipation (Panel B)	72
Abb. 3-2	Verhältnis von internem Wissenskapitalstock zu Sachkapitalstock nach Branchen	79
Abb. 3-3	Anteil der FuE-Unternehmen mit Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt	116
Abb. 3-4	Verteilung der EPA-Patentanmeldungen der FuE treibenden Unternehmen nach Patentklassen	118
Abb. 3-5	Verhältnis von horizontalem zu vertikalem Wissenskapitalstock, insgesamt und nach Branchen.....	124

Das Wichtigste in Kürze

Vielfach können sich forschende Unternehmen nicht sämtliche Erträge aus ihrer eigenen FuE-Tätigkeit aneignen, sondern von den Ergebnissen ihrer Innovationstätigkeit profitieren auch andere Unternehmen. Da Wissen den Charakter eines öffentlichen Gutes hat, können sich Dritte das Wissen unentgeltlich zu Nutzen machen und für Imitation oder Weiterentwicklungen eigener neuer Produkte und Prozesse verwenden. Dieses unentgeltliche Transferieren von Wissen bezeichnet man auch als Wissensspillover. Die Existenz solcher Wissensspillovereffekte führt dazu, dass neben den *direkten Erträgen*, die beim forschenden Unternehmen anfallen (*private Erträge*), es darüber hinausgehende *indirekte Effekte (soziale¹ Zusatzerträge)* gibt. Die Summe aus beiden Erträgen wird als *soziale Ertragsrate* aus FuE-Tätigkeit bezeichnet. Können sich Unternehmen nicht sämtliche Erträge ihrer Forschungstätigkeit aneignen, dann investieren sie weniger in FuE als es aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wünschenswert wäre. Daraus resultiert ein zentrales Argument für eine direkte oder indirekte Förderung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten von Unternehmen seitens des Staates.

Soziale Erträge aus FuE-Tätigkeit umfassen in der Fachliteratur nur ökonomische Erträge, die bei Unternehmen anfallen.² Sie werden in der überwiegenden Mehrzahl aller Studien anhand der Produktivitätszuwächse der Unternehmen durch FuE-Aktivitäten gemessen. Die vorliegende Studie widmet sich der Frage nach der Höhe der privaten Erträge und sozialen Zusatzerträge aus der FuE-Tätigkeit der Unternehmen in Deutschland im Zeitraum 1991-2005. Ein Ziel dieser Studie ist es, die Ergebnisse mit denen einer Vorgängerstudie für den Zeitraum 1977-1989 zu vergleichen (vgl. Harhoff 2000) und damit festzustellen, inwieweit sich die Erträge aus FuE-Tätigkeit im Zeitablauf verändert haben. Darüber hinaus werden die Erträge aus FuE-Tätigkeit für eine Reihe von Unternehmensgruppen getrennt untersucht. Signifikante Unterschiede zwischen den Unternehmensgruppen bezüglicher ihrer Fähigkeit sich die Erträge aus FuE-Tätigkeit anzueignen, legen nahe, dass sich auch die Stärke der optimalen Förderimpulse unterscheiden sollte.

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen bestätigen weitestgehend die Existenz hoher privater Erträge und sozialer Zusatzerträge durch FuE.

¹ Der Begriff sozial ist hier zu verstehen im Sinne von zusätzlichen Effekten für die Gesellschaft. Es beinhaltet keinerlei verteilungspolitische Aspekte.

² Der Nutzen, der einem Individuum zum Beispiel aus einer höheren Lebenserwartung durch eine medizinische Innovationen erwächst, bleibt bei dieser Betrachtung außen vor.

So erzielen Unternehmen durch eigene FuE-Tätigkeit einen signifikanten Beitrag zur Verbesserung ihrer Produktivität. Die private Outputelastizität lag im Zeitraum 1991-2005 bei rund 0.08-0.09. D.h. eine Erhöhung des eigenen FuE-Kapitalstocks um 10% ist mit einem Anstieg der Arbeitsproduktivität in zwei Jahren um knapp 0.9% verbunden gewesen. Anders lässt sich dies auch wie folgt ausdrücken: Steigert ein Unternehmen durch eigene FuE-Tätigkeit seinen internen Wissenskapitalstock um einen Euro, resultiert daraus eine Produktionssteigerung von durchschnittlich 0.41 Euro bzw. von 41% auf den eingesetzten Euro. Die unmittelbaren „Rückflüsse“ der in FuE investierten Mittel in Form von Umsatzsteigerungen oder Kosten senkungen sind damit ausgesprochen hoch, denn sowohl die private Outputelastizität als auch die private Ertragsrate liegen am oberen Bereich der in der Literatur üblicherweise genannten Spannweite. Im Zeitablauf haben die privaten Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1977-1989 leicht zugenommen. Dabei zeigen Detailanalysen, dass dieser Effekt im Wesentlichen auf die Unternehmen in Ostdeutschland zurückzuführen ist. Für westdeutsche Unternehmen ermitteln wir dagegen einen Rückgang in der privaten Outputelastizität (von 0.08 auf 0.035). Die forschenden Unternehmen profitieren aus eigener Forschungstätigkeit aber nicht nur direkt, sondern auch indirekt. Denn je größer der eigene FuE-Kapitalstock und damit das im Unternehmen vorhandene Wissen ist, desto eher sind die Unternehmen in der Lage fremdes Wissen einzuschätzen, d.h. relevantes Wissen zu erkennen, zu verstehen und für eigene Zwecke im Unternehmen nutzbar zu machen. Eigene Forschungsaktivitäten führen damit zu erhöhten absorptiven Fähigkeiten.

FuE-Aktivitäten sind darüber hinaus mit sozialen Zusatzerträgen verbunden, die ähnlich hoch sind wie die direkten Erträge. Die soziale Outputelastizität liegt je nach Schätzung zwischen 0.017 und 0.029. Dies bedeutet, dass ein Unternehmen im Durchschnitt einen Produktivitätszuwachs von rund 0.2% bis 0.3% in zwei Jahren erreichen kann, wenn der externe Wissenskapitalstock um 10% zunimmt. Dieser Effekt erscheint auf den ersten Blick vergleichsweise klein, jedoch müssen für eine Abschätzung der sozialen Zusatzerträge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die Produktivitätseffekte, die ein zusätzlicher Euro FuE eines Unternehmens bei allen anderen Unternehmen erzielt, aufsummiert werden. Danach ergäben sich - je nach Annahme über die Gesamtzahl forschender Unternehmen – soziale Zusatzerträge in Höhe von 0.52-0.65. Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive übertreffen damit die indirekten die direkten Erträge aus FuE und machen demnach rund 130-150% der privaten Erträge aus. Studien für andere Länder weisen auf eine ähnliche Größenordnung für das Verhältnis von privaten Erträgen und sozialen Zusatzerträgen hin. Die Ergebnisse deuten ferner darauf hin, dass deutsche Unternehmen im Durchschnitt in etwa gleicher Größenordnung von dem Wissen, das andere Unternehmen durch FuE generiert haben, profitieren wie im Zeitraum 1979-1989.

Direkte und indirekte Erträge aus FuE lassen sich auf breiter Front der Unternehmen feststellen, wenngleich sie in ihrem quantitativen Ausmaß variieren.

So profitieren High-Tech-Unternehmen deutlich stärker von eigener FuE-Tätigkeit als Medium-Tech- oder Low-Tech-Unternehmen. Dagegen profitieren High-Tech-Unternehmen auf Grund ihrer hohen Spezialisierung in der Forschungstätigkeit sehr differenziert vom Wissen Dritter. Dies bedeutet, dass die Wissensflüsse zwischen High-Tech-Unternehmen (d.h. intrasektorale Wissensspillover) verglichen denen anderen Sektoren besonders hoch sind. Dagegen profitieren sie im Durchschnitt nicht signifikant von intersektoralen Spillovereffekten, d.h. vom Wissen, dass Unternehmen in anderen Sektoren generiert haben. Im Gegensatz dazu profitieren Medium-Tech-Unternehmen in signifikantem Ausmaß von fremder FuE. Der geschätzte Produktivitätszuwachs bei einer Zunahme des fremden FuE-Kapitalstocks um 10% liegt bei rund 0.2%. Auch hier sind es aber im Wesentlichen intrasektorale Wissensflüsse, die zu signifikanten sozialen Zusatzerträgen in Form von Produktivitätszuwächsen führen. Über alle Unternehmen hinweg generiert der Medium-Tech-Sektor die höchsten Wissensspillovereffekte. Danach würde eine Erhöhung des Wissenskapitalstocks dieses Sektors um 10% zu einer Erhöhung der Produktivität von 0.35% bis 0.45% führen. Junge Unternehmen erzielen im Gegensatz zu älteren Unternehmen dagegen im Durchschnitt noch keine signifikanten Produktivitätsgewinne. Dies zeigt, dass es den jungen Unternehmen vielfach noch an den notwendigen absorptiven Fähigkeiten fehlt, die notwendig sind um sich fremdes Wissen anzueignen. Große Unternehmen profitieren fast 8mal stärker von externem Wissen als kleine Unternehmen. Zum mindesten ein Teil des Unterschieds dürfte auch darin begründet sein, dass zum einen große Unternehmen ein breiteres Produktsortiment anbieten und daher die Wahrscheinlichkeit für Spillovereffekte zunimmt. Zum anderen sind kleine Unternehmen häufiger auch in Nischen aktiv.

Selbst unter Berücksichtigung der Finanzierungskosten der staatlichen Förderung ist die Wahrscheinlichkeit für Wohlfahrtsgewinne hoch.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die FuE-Tätigkeit zu gering ist und liefern damit ein zentrales Argument für staatliche FuE-Förderung. Da staatliche Förderung jedoch immer auch mit Kosten verbunden sind, die über die reinen Programm-kosten hinaus gehen, wurde in einem weiteren Schritt eine Kosten-Nutzen-Analyse staatlicher Förderung durchgeführt. Die Kosten wie auch die Höhe der sozialen Erträge können mit dem spezifischen Förderinstrument sowie dessen konkreter Ausgestaltung variieren und sind daher nicht losgelöst davon zu betrachten. Die Kosten-Nutzen-Analyse auf Basis alternativer Annahmen über die Erträge und Kosten im Zuge einer FuE-Förderung seitens des Staates zeigt aber, dass für die gesamtwirtschaftliche Beurteilung insbesondere zwei Parameter von entscheidender Bedeutung sind: Erstens die Höhe der Multiplikatorwirkung und damit die Frage,

inwieweit der Staat zusätzliche private FuE-Aufwendungen durch die Förderung stimulieren kann, und zweitens die Höhe der sozialen Erträge. Andere Parameter spielen dagegen eine weit weniger wichtige Rolle für die gesamtwirtschaftliche Betrachtung und die Frage, ob staatliche Förderung insgesamt zu einer Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt führt. Generell sollte die staatliche Innovationspolitik daher bei der Ausgestaltung ihrer Fördermaßnahmen darauf achten, die Anreize für die Unternehmen so zu setzen, dass möglichst geringe Mitannahmeeffekte auftreten. Darüber hinaus sollte das Ziel sein, insbesondere dort mit Maßnahmen zur FuE-Förderung anzusetzen, wo hohe soziale Erträge vermutet und erwartet werden. Eine wesentliche Erkenntnis der Studie ist, dass eine staatliche Förderpolitik, die zu Mitannahmeeffekten auf Seiten der Unternehmen führt, nicht zwangsläufig mit einem volkswirtschaftlichen Schaden verbunden sein muss. Umgekehrt sind jedoch auch hohe Multiplikatorwirkungen noch kein Garant dafür, dass eine staatliche Förderung vorteilhaft ist. Die relativ große Bandbreite der Parameterkonstellationen, für die die Kosten-Nutzen-Analyse positive Gesamteffekte ausweist, ist aber ein Indiz dafür, dass die Wohlfahrtsgewinne mit verschiedenen Förderinstrumenten erreicht werden können.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Aktuell erlebt die Weltwirtschaft als Folge der Krise auf den Finanzmärkten einen im historischen Vergleich außergewöhnlichen Konjunkturabschwung. Ob und inwieweit sich diese konjunkturelle Schwäche auch auf den langfristigen Wachstumspfad der deutschen Volkswirtschaft auswirken wird, lässt sich derzeit noch nicht sagen. Aber bereits in den letzten 15 Jahren konnte über einen langen Zeitraum in Deutschland - wie auch wie auch in Japan, Italien oder anderen kontinental europäischen Ländern - ein Rückgang des Potentialwachstums beobachtet werden. Dies belastet die langfristigen Perspektiven einer Volkswirtschaft und führt dazu, dass die gesamtwirtschaftliche Produktion immer wieder Gefahr läuft, bereits bei vergleichsweise geringen negativen konjunkturellen Impulsen in die Stagnation zurückzufallen (Sachverständigenrat 2005). Diese Wachstumsschwäche lässt sich natürlich nicht monokausal erklären. Institutionelle Rahmenbedingungen, wie z.B. die Regelungen auf dem Arbeitsmarkt und das Abgabensystem werden dafür ebenso verantwortlich gemacht wie *zu geringe* Investitionen in Bildung und in Innovationen im Allgemeinen und Forschung und Entwicklung im Speziellen (Sapir et al. 2003). Die Betonung der Erhöhung der Investitionen in Bildung und Innovationen zur Erweiterung des Wachstumsspielraums lässt sich damit erklären, dass eine Reihe empirischer Studien zeigen, dass Innovationen eine wesentliche Triebfeder für langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum sind. Hoch gebildete Arbeitskräfte sind ihrerseits wesentlich für das Hervorbringen neuer Ideen, die in neue Produkte und Technologien umgesetzt werden.

Ein Wachstum stimulierender Effekt durch Innovationen wäre jedoch per se aus ökonomischer Sicht noch kein Grund für ein Eingreifen seitens des Staates. Die Rechtfertigung für staatliche Eingriffe zur Förderung der unternehmerischen FuE-Aktivitäten leitet sich aus Marktversagen ab. Ein Marktversagen liegt vor, wenn die privaten, d.h. von Unternehmen getätigten, FuE-Aufwendungen geringer sind als das gesamtwirtschaftlich optimale Niveau der FuE-Aufwendungen. Als ein zentraler Grund für das Vorliegen von Marktversagen wird in der einschlägigen Literatur immer wieder das Vorhandensein externer Effekte angeführt. Danach profitiert von dem neuen Wissen, das im Zuge von FuE-Aktivitäten generiert wird, vielfach nicht nur das forschende und damit Kosten tragende Unternehmen, sondern auch andere Unternehmen, weil Wissen ein öffentliches Gut ist und andere Unternehmen per se nicht von dessen Nutzung ausgeschlossen werden können. Im einfachsten Fall, in dem das neue Wissen nicht über Patente oder andere Maßnahmen zum Schutz geistigen Eigentums geschützt ist, können Dritte das Wissen unentgeltlich nutzen, um die neuen Produkte oder Produktionsver-

fahren des innovierenden Unternehmens zu imitieren.³ Aber selbst in dem Fall, in dem innovative Produkte oder Produktionstechnologien durch Patente oder anderweitig geschützt sind, können Dritte dieses – nun sogar in den Patentschriften kodifizierte – Wissen unentgeltlich als ein Input in die eigenen Forschungsaktivitäten einfließen lassen mit dem Ziel eigene neue Produkte oder Technologien zu entwickeln und Umsatz und Gewinn zu steigern. Diese externen Effekte werden in der Literatur auch als Wissensspillover bezeichnet. Aus Sicht des forschenden Unternehmens stellen sie ausgehende Wissensspillover dar, aus Sicht des empfangenen Unternehmens eingehende Wissensspillover. Die Existenz solcher Wissensspillover impliziert, dass sich die forschenden Unternehmen nur ein Teil der Erträge - die so genannten *privaten Erträge* - aus ihrer FuE-Tätigkeit aneignen können. Die bei den anderen Unternehmen anfallenden Erträge werden in der Fachliteratur als *indirekte Erträge* oder *soziale Zusatzerträge* und die *gesamten Erträge* entsprechend als *soziale Erträge* bezeichnet. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Termini *sozial* hier im Sinne von *gesamt* zu verstehen ist. Mögliche Verteilungsaspekte der Erträge aus FuE spielen dabei keine Rolle. Darüber hinaus geht es rein um ökonomische Erträge bei anderen Unternehmen, die in der Fachliteratur meistens in Form von Produktivitätssteigerungen gemessen werden. Nicht-ökonomische Erträge z.B. für private Haushalte als Konsumenten werden hier betrachtet. Es lässt sich zeigen, dass in Situationen, in denen die sozialen Erträge aus FuE größer sind als die privaten Erträge, Unternehmen weniger in FuE-Aktivitäten investieren als es aus gesamtwirtschaftlicher Sicht optimal und damit wünschenswert wäre. Die Tatsache, dass der Markt ein suboptimales Niveau an privaten FuE-Tätigkeiten hervorbringt, liefert wie bereits ein zentrales Argument für staatliche FuE-Förderung. Ziel der öffentlichen Förderung sollte es sein, die privaten FuE-Ausgaben an das aus gesamtwirtschaftlicher Sicht optimale Niveau heranzuführen. Damit hängt das Ausmaß öffentlicher Förderung nicht zuletzt entscheidend von der Höhe der sozialen Zusatzerträge aus FuE-Tätigkeit ab (siehe Jones und Williams, 1998).

Aus ökonomischer Sicht ist das Vorliegen sozialer Erträge eine der robustesten Begründungen für die öffentliche Förderung der Innovationstätigkeit. Es sollte an dieser Stelle aber nicht unerwähnt bleiben, dass es neben der unvollständigen Aneignbarkeit der Erträge aus Innovationstätigkeit durch das die FuE-Kosten tragende Unternehmen noch weitere Faktoren gibt, die zu einem aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu niedrigen Niveau an FuE und damit zu Marktversagen führen können. So schränkt im Allgemeinen die hohe Unsicherheit über die Art und Höhe des Erfolgs von FuE-Projekten die Finanzierung von Forschung über den Kapi-

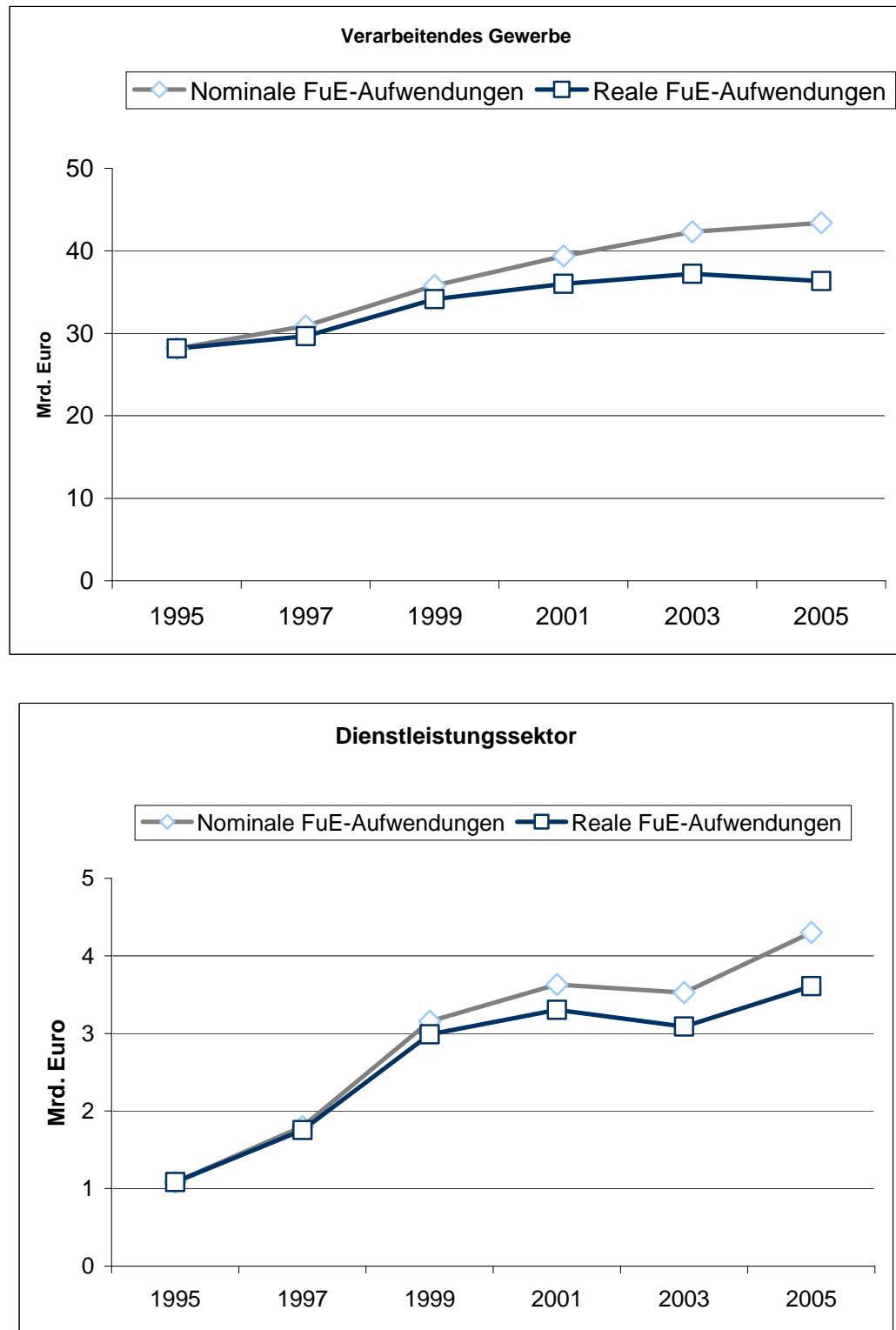
³ Dies bedeutet natürlich nicht, dass die Imitation kostenlos ist. Es wird jedoch kein Entgelt für das von anderen produzierte Wissen gezahlt.

talmarkt ein. Des Weiteren halten die Tatsachen, dass FuE-Projekte gewöhnlich nicht teilbar sind und ein gewisses Mindestbudget verlangen sowie der hohe Fixkostencharakter von FuE-Aufwendungen vor allem kleine Unternehmen von FuE-Aktivitäten ab. Schließlich ist der Staat im Rahmen der Erfüllung hoheitlicher Aufgaben und der Produktion öffentlicher Güter daran interessiert, private FuE-Kapazitäten für diese Zwecke zu nutzen und setzt daher Anreize, private FuE in Richtung der staatlich gewünschten bzw. nachgefragten Themen zu lenken.

Eine Vielzahl von empirischen Studien in anderen Ländern, insbesondere den USA, weist auf die Existenz von externen Erträgen der FuE-Tätigkeit hin, wenngleich die geschätzten Größenordnungen der Erträge zwischen den Studien relativ stark variiert. Für Deutschland ist empirische Evidenz bislang jedoch kaum vorhanden. Park (2004) ermittelt auf Basis von Länderdaten für Deutschland Erträge aus inländischer FuE für das Inland von 22%. Solche Länderstudien lassen jedoch keinen Rückschluss auf die Verteilung zwischen direkten und indirekten Effekten zu, die für eine innovationspolitische Beurteilung von Bedeutung sind. Harhoff (2000) weist für den Zeitraum 1977-1989 auf Basis von Unternehmensdaten aus den FuE-Erhebungen des Stifterverbands der deutschen Wissenschaft ebenfalls bedeutende soziale Zusatzerträge aus FuE-Tätigkeit in Deutschland nach. Die Innovationslandschaft hat sich in Deutschland seitdem jedoch stark gewandelt, nicht zuletzt auch durch die deutsche Wiedervereinigung, der wachsenden Bedeutung des Dienstleistungssektors und die sich ändernden Wettbewerbsverhältnisse im Zuge der zunehmenden Globalisierung. Aber auch das Aufkommen ganz neuer Technologien, Änderungen in der konkreten Ausgestaltung von Förderprogrammen und Änderungen in den gesetzlichen Regelungen zum Schutz geistigen Eigentums können einen Einfluss auf die FuE-Erträge im Zeitablauf gehabt haben. Insgesamt lässt sich für diesen Zeitraum einer starker Anstieg sowohl der nominalen als auch der realen FuE-Aufwendungen in der privaten Wirtschaft konstatieren (vgl. Abb. 1-1).

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist es, auf Basis der Daten der FuE-Erhebungen des Stifterverbands neue aktuelle Schätzungen zu den Ertragsraten von Forschung und Entwicklung für den Zeitraum 1991-2005 vorzulegen und diese mit den Ergebnissen der Studie von Harhoff (2000) zu vergleichen. Der Aufbau der Studie orientiert sich daher stark an das Vorgehen dieser Studie. Darüber hinaus werden jedoch eine Reihe zusätzlicher Analysen durchgeführt. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf folgende Aspekte:

Abb. 1-1 *Nomiale und reale FuE-Aufwendungen im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor, 1995-2005*



Anmerkung: Die nominalen FuE-Aufwendungen wurden mittels eines im Rahmen dieser Studie ermittelten FuE-Deflators preisbereinigt (siehe Abschnitt 3.3). Ein Teil des Anstiegs im Dienstleistungssektor mag der besseren Erfassung von Dienstleistungsunternehmen in der FuE-Statistik geschuldet sein (vgl. Abschnitt 3.2.1)

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des SV und ZEW.

Zum einen werden Ertragsraten für unterschiedlichen Unternehmensgruppen ermittelt, da zu vermuten ist, dass sich die Unternehmen systematisch sowohl in ihren Fähigkeiten unterscheiden, sich die Erträge aus ihrer eigenen FuE-Tätigkeit anzueignen als auch darin, sich das Wissen und Know-how Dritter zunutze zu machen. Diese Fähigkeit wird auch als Absorptionsfähigkeit bezeichnet. So lassen verschiedene Unternehmensbefragungen vermuten, dass kleine und mittlere Unternehmen häufiger Aneigenbarkeitsprobleme beklagen. Gleichzeitig können sie unter Umständen weniger von externer FuE profitieren, weil sie häufiger in Nischenbereichen aktiv sind (Bloom et al. 2007). Wir differenzieren daher zwischen großen und kleinen Unternehmen, Unternehmen aus Ost- und Westdeutschland, jungen und alten Unternehmen, Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor sowie Unternehmen aus dem High-, Medium- und Low-Tech-Sektor. Innovationspolitisch ist dies von Bedeutung, da Unterschiede in den Ertragsraten mit differentialen Begründungen für den innovationspolitischen Instrumenteneinsatz bzw. seiner Dosierung korrespondieren.

Ein weiterer Schwerpunkt der Studie liegt darin zu untersuchen, inwieweit Unternehmen primär von horizontalen Wissensspillovern, d.h. vom Know-how anderer Unternehmen aus der eigenen Branche, profitieren und welche Rolle das Wissen aus anderen Branchen, d.h. vertikale Wissensspillover, für die eigene Innovationstätigkeit und damit letztlich für das Produktivitätswachstum spielt. Eng damit verknüpft ist die Frage, welche Rolle insbesondere Unternehmen aus dem High-Tech-Sektor für die Generierung von Wissensspillovern zukommt, sowohl für andere High-Tech-Unternehmen als auch für Unternehmen aus dem Medium- oder Low-Tech-Sektor.

Es gibt eine seit dem letzten Jahrzehnt stetig wachsende Literatur, die den Einfluss staatlicher FuE-Förderprogramme evaluiert. Die Evaluation konzentriert sich in den meisten dieser Studien darauf zu untersuchen, inwieweit die Förderung das Niveau der FuE-Ausgaben bei den *geförderten* Unternehmen verändert und zusätzliche private FuE-Ausgaben stimuliert (sog. Input Additionality, siehe u.a. Hall und Van Reenen, 2000, oder Aerts et al., 2007, für einen Überblick). Eine Stimulierung der FuE-Ausgaben muss jedoch nicht zwangsläufig auch technologischen Fortschritt bedeuten. Erste empirische Evidenz weist darauf hin, dass die zusätzlichen FuE-Ausgaben auch mit zusätzlichen Patentanmeldungen bei den *geförderten* Unternehmen einher gehen, wenngleich der Effekt etwas geringer ausfällt als bei privat finanzierte FuE (Czarnitzki und Hussinger 2004, Czarnitzki und Licht 2006). Diese Studien lassen jedoch noch keine Rückschlüsse über die Höhe der sozialen Zusatzerträge zu, die bei anderen Unternehmen entstehen und die für eine vollständige Bewertung von Fördermaßnahmen berücksichtigt werden sollten. Genau betrachtet ist die Existenz von Wissensspillovern und damit von sozialen Zusatzerträgen jedoch ihrerseits nur eine notwendige, keine hinreichende Voraussetzung für eine wohlfahrtstheoretisch begründete öffentliche FuE-Förderung der FuE-

Tätigkeit der Unternehmen. Öffentliche FuE-Förderprogramme sind immer auch mit Kosten verbunden, die im Allgemeinen über die reinen Programmkosten hinausgehen. In einem weiteren Schritt werden daher in dieser Studie die geschätzten Erträge und Kosten aus einer staatlichen Förderung im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse einander gegenübergestellt, um innovationspolitische Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Der vorliegende Bericht ist wie folgt aufgebaut:

Einleitend werden im Kapitel 2 die Definition, Ursachen und Folgen sozialer Erträge erläutert. Daran schließt sich eine Beschreibung an, wie das Konzept sozialer Erträge empirisch gemessen wird. Für die üblicherweise verwendete Methode zur Messung sozialer Erträge ist es notwendig zu ermitteln, wie groß der Wissenskapitalstock innerhalb des forschenden Unternehmens ist und wie groß das relevante Wissen ist, das das forschende Unternehmen nicht selbst generiert hat, das es aber im Zuge seiner Forschungsaktivitäten einbinden und nutzen kann. Die Methode zur Messung der Wissenskapitalstücke sowie die damit verbundenen Probleme werden im Abschnitt 2.3 erläutert. Abschließend werden im Abschnitt 2.4 im Rahmen eines Literaturüberblicks die bisherigen Ergebnisse zur Höhe sozialer Erträge dargestellt. Die Darstellung erfolgt getrennt nach Länderstudien, Branchenstudien und Studien auf Unternehmensebene, da dies einen Einfluss auf die jeweils identifizierbaren Erträge und damit auf die Interpretation der Ergebnisse hat. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf den Unternehmensstudien, da die nachfolgende Untersuchung ebenfalls auf Unternehmensdaten basiert.

Kapitel 3 bildet den Schwerpunkt der Studie und ist der Schätzung der privaten und sozialen Erträge aus FuE-Tätigkeit für den Zeitraum 1991-2005 gewidmet. Im ersten Abschnitt 3.1 wird das zu Grunde liegende Modell und die angewandten ökonometrischen Schätzmethoden erläutert. Für die empirische Analyse mussten die Daten der FuE-Erhebungen des Stifterverbands zu einem Paneldatensatz zusammengebaut werden und mit anderen Datensätzen, u.a. den Patentdaten des europäischen Patentamtes, zusammengeführt werden. Der Datensatz wird in Abschnitt 3.2 näher vorgestellt. Abschnitt 3.3 definiert darauf aufbauend die Kernvariablen der Analyse und zeigt erste deskriptive Analysen. Abschnitt 3.4 präsentiert die Ergebnisse der Schätzungen der Ertragsraten. Ein Schwerpunkt bildet wie bereits erläutert die zeitliche Entwicklung der Ertragsraten und die mögliche Variation von Ertragsraten innerhalb von Unternehmens- und Branchengruppen. Um die festzustellen, wie stark die Ergebnisse durch bestimmte Annahmen beeinflusst werden, finden sich auch eine Reihe von Sensitivitätsanalysen.

Im Kapitel 4 wird aufbauend auf den Ergebnissen des vorangegangenen Kapitels eine Kosten-Nutzen-Analyse öffentlicher FuE-Förderprogramme durchgeführt. Dafür sind natürlich eine Reihe von Annahmen zu treffen, u.a. über die Höhe der administrativen Kosten usw. Ein

Schwerpunkt dieses Kapitels bildet daher die Untersuchung der Sensitivität der Ergebnisse in Abhängigkeit der gewählten Annahmen und damit Modellparameter.

Abschließend werden in Kapitel 5 die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst, bewertet und daraus ableitbare innovationspolitische Schlussfolgerungen gezogen.

2 Literaturüberblick

2.1 *Definition, Ursache und Folge sozialer Erträge von Forschung und Entwicklung*

Von dem im Zuge von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten gewonnenen neuen Wissen profitiert im Allgemeinen nicht nur das FuE treibende Unternehmen selbst, sondern auch andere Unternehmen. In der einschlägigen Literatur wird die Summe aller ökonomischen Erträge aus Forschung und Entwicklung als „*soziale Erträge*“ aus FuE definiert. Wie bereits im vorangegangen Kapitel erwähnt ist der Ausdruck sozial im Sinne von gesamt zu verstehen und beinhaltet keine Verteilungsaspekte oder Wertungen. Die sozialen Erträge beinhalten die *direkten (privaten) Erträge*, die das FuE finanzierende Unternehmen selbst erwirtschaftet und die *indirekten Erträge*, die andere Unternehmen aus positiven externen Effekten, sogenannten *Spillovern*, erzielen. Spillover treten auf, wenn ein Unternehmen A in der Lage ist, *ökonomische Erträge* aus den FuE-Aktivitäten eines anderen Unternehmens B zu ziehen, ohne sich an den FuE-Kosten von B zu beteiligen (Branstetter, 1998). Die Definition macht deutlich, dass in der Literatur ausschließlich ökonomische Erträge der Unternehmen in die Betrachtung einfließen. Darüber hinausgehende positive Effekte von FuE – wie beispielsweise eine höhere Lebenserwartung durch medizinische Innovationen – gehen dagegen in die Betrachtung nicht mit ein.⁴ Für die *indirekten Erträge* hat sich in der Literatur auch der Begriff *soziale Zusatzerträge* durchgesetzt und beide Begriffe werden im Folgenden synonym verwendet. Gleiches gilt für direkte und private Erträge.

Im Allgemeinen können Forschungsergebnisse über verschiedene Mechanismen positive externe Effekte erzeugen und entsprechend werden zwei Arten von Spillovereffekten identifiziert (Griliches 1979). Auf der einen Seite gibt es *Marktspillovers* („market spillovers“ oder „rent spillovers“) und auf der anderen Seite reine *Wissensspillovers* („pure knowledge spillovers“). Innovative Produkte oder Produktionstechnologien, selbst solche, die durch Patente oder anderweitig vor direktem Wettbewerb geschützt sind, werden zwar im Allgemeinen zu höheren Preisen verkauft. Die Preise reflektieren jedoch häufig nicht vollständig die damit einhergehende Qualitätsverbesserung. So wird ein neuer Speicherchip, dessen Leistungsfähigkeit doppelt so hoch ist, nicht zum doppelten Preis verkauft. Den Anstieg in der Konsumentenwohlfahrt, der daraus resultiert, dass der Käufer das innovative Produkt zu einem Preis erwirbt, der die Qualitätsverbesserung nicht vollständig reflektiert, bezeichnet man als *Marktspillover*.

⁴ Oder zumindest nur in der Weise wie damit ökonomische Erträge verbunden sind.

Wissensspillover entstehen, wenn Dritte das neue Wissen unentgeltlich⁵ nutzen, um die neuen Produkte oder Produktionsverfahren des innovierenden Unternehmens zu imitieren oder dieses Wissen als ein Input in die eigenen Forschungsaktivitäten einfließen lassen mit dem Ziel eigene neue Produkte oder Technologien zu entwickeln. Wissensspillover können jedoch auch in weit subversiverer Form auftreten, z.B. wenn ein Unternehmen seine Forschung in einem bestimmten Gebiet aufgibt und damit Dritten signalisiert, dass dieser Forschungsstrang wenig erfolgversprechend ist bevor die anderen Unternehmen durch eigene Forschung zu dem gleichen Ergebnis gelangt wären. Positive externe Effekte werden insbesondere von der Grundlagenforschung erwartet, können jedoch auch durch Ergebnisse aus der angewandten Forschung und Entwicklung entstehen (Jaffe 1998).

Wissensspillover können entstehen, weil das FuE treibende Unternehmen sein neues Wissen nicht vollständig geheim halten kann oder es unter Umständen auch nicht geheim halten will (Bernstein 1998). Diese Eigenschaft des Wissens bezeichnet man daher auch als Nicht-Ausschließbarkeit. Das heißt, eine unentgeltliche Nutzung durch Dritte kann nicht bzw. nur zu einem gewissen Grad unterbunden werden. Im Extremfall, in dem neues Wissen sofort und vollständig öffentlich ist, profitiert das finanzierte Unternehmen nicht stärker als alle übrigen Unternehmen, die sich das Wissen unentgeltlich aneignen können. Der Grad der Ausschließbarkeit hängt dabei davon ab, inwieweit Wissen kodifiziert oder impliziter Natur ist. Im Falle von patent-geschützten Erfindungen schützen die Patente zwar den Patentinhaber davor, dass Dritte seine Erfindung kopieren. Allerdings muss für dieses Recht des temporären Monopols das neue Wissen offengelegt werden und steht damit Dritten für die Entwicklung neuer und anderer Anwendungen zur Verfügung (Jaffe 1998). Darüber hinaus ist Wissen durch eine zweite Eigenschaft gekennzeichnet, der sogenannten Nichtrivalität im Konsum. Diese besagt, dass Wissen von mehreren Unternehmen gleichzeitig genutzt werden kann, ohne dass es dadurch abnimmt (allenfalls der ökonomische Wert kann sinken, wenn Wissen nicht exklusiv genutzt werden kann). Auf Grund dieser beiden Eigenschaften wird Wissen somit teilweise als ein öffentliches Gut betrachtet (Nelson 1959, Arrow 1962).

Während Marktspillovern sehr wohl eine ökonomische Transaktion zwischen dem Wissen produzierenden und dem Wissen nutzenden Unternehmen zu Grunde liegt, ist dies bei reinen Wissensspillovern in der Regel nicht der Fall. Während diese Unterscheidung in der Theorie jedoch relativ eindeutig ist, ist es in der empirischen Umsetzung schwer beide Effekte zu trennen und unterscheiden (Nadiri 1993).

⁵ Nicht gemeint ist hier also die entgeltliche Nutzung von externen Wissen, z.B. in Form von Lizenzgebühren.

Die freie Zugänglichkeit zu neuem Wissen allein reicht jedoch nicht, damit andere Unternehmen von dem Wissen profitieren. Unternehmen müssen in der Lage sein, fremdes Wissen einzuschätzen, d.h. relevantes Wissen zu erkennen, zu verstehen und für eigene Zwecke im Unternehmen nutzbar zu machen. Diese Eigenschaft bezeichnet man auch als absorptive Fähigkeit und der Wissenstransfer zwischen Unternehmen dürfte umso stärker sein, je besser die absorptiven Fähigkeiten der Unternehmen ausgebildet sind. Unternehmen werden dabei umso eher in der Lage sein, sich fremdes Wissen zu Nutze zu machen, je stärker sie selbst in Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten involviert sind. Eigene FuE-Tätigkeiten sind damit für ein Unternehmen nicht nur wichtig, um neues Wissen zu generieren, sondern auch um sich externes Wissen leichter anzueignen und in innovative Produkte und Prozesse umzusetzen (Cohen und Levinthal 1989).

Aus ökonomischer Sicht besteht das Problem solcher Wissensspillover darin, dass ein nach Gewinnmaximierung handelndes Unternehmen bei der Entscheidung über die Höhe seiner FuE-Ausgaben nur die privaten Erträge aus der FuE-Tätigkeit berücksichtigt, nicht jedoch die zusätzlichen Erträge, die bei Dritten anfallen. Das so von den Unternehmen bestimmte FuE-Ausgabenniveau fällt jedoch geringer aus als im Vergleich zu einer Situation, in der sämtliche Erträge berücksichtigt werden. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht kommt es daher zu einer Unterfinanzierung von FuE-Aktivitäten und damit zu einem Marktversagen. Marktversagen rechtfertigt Eingriffe seitens des Staates und die Politik hat hier potentiell verschiedene Instrumente zu Hand. Neben der direkten oder indirekten Förderung von Forschungsprojekten, können private FuE-Aufwendungen steuerlich gefördert werden. Eine Ergänzung oder Alternative zu öffentlichen Subventionen oder Steuervergünstigungen stellt die direkte finanzielle Beteiligung der von FuE profitierenden Dritten Unternehmen dar. Eine Beteiligung an den Kosten könnte entweder durch die direkte Übernahme eines Teils der FuE-Aufwendungen erfolgen - wie es in Forschungskooperationen der Fall ist - oder indem ein Preis für die Nutzung des aus den FuE-Aktivitäten entstandenen Wissens entrichtet wird. Letzteres geschieht beispielsweise im Fall von Zahlungen im Rahmen von Lizenzvereinbarungen.

Die Quantifizierung der privaten Erträge und der sozialen Zusatzerträge von FuE kann Anhaltspunkte über den FuE-Markt und damit über eine mögliche Unterfinanzierung von FuE liefern.

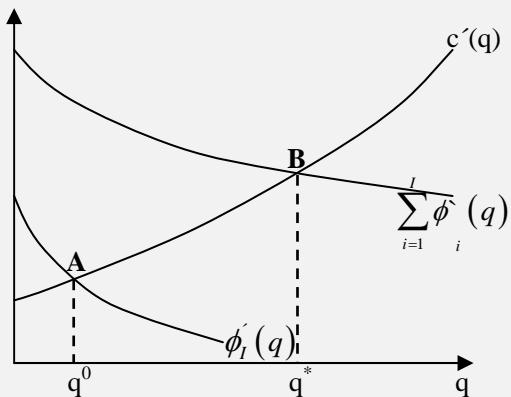
Die Eigenschaft von öffentlichen Gütern als Ursache von Marktversagen

Eine besondere Eigenschaft von frei zugänglichem Wissen besteht darin, dass es von einem Unternehmen genutzt werden kann, ohne dass dadurch seine Nutzung von Dritten Unternehmen eingeschränkt würde. Wird im Gegensatz dazu von den klassischen Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital, Material oder Boden eine Einheit genutzt, so reduziert dies die für Dritte zur Verfügung stehende Menge um eben diese Einheit. Diese Eigenschaft der Nicht-Rivalität charakterisiert ein „öffentliches Gut“, für das der Produktionsfaktor Wissen ein gutes Beispiel ist.

Dieses öffentliche Gut, in diesem Fall der externe Wissenskapitalstock, wird aus dem ökonomisch verwertbaren Wissen gespeist, das zahlreiche Unternehmen durch ihre FuE generieren.

Jedes einzelne Unternehmen trifft seine Entscheidung über die Höhe seiner FuE-Investitionen, wobei es seine FuE so lange ausdehnen wird, wie seine Grenzerlöse $\phi_i(q)$ die Grenzkosten $c'(q)$ übersteigen. Im betriebswirtschaftlichen Optimum sind Grenzerlöse somit gleich den Grenzkosten (Punkt A in Abbildung 1-1) und es wird Wissen der „Menge“ q^0 generiert. Da die sozialen Zusatzerträge von dem FuE finanzierenden Unternehmen nicht vereinahmt werden können, bleiben sie im Kalkül des Unternehmens somit unberücksichtigt. Im wohlfahrtstheoretischen Optimum müssen sie dagegen einbezogen werden. Dieses Optimum ist erreicht, wenn die sozialen Grenzerlöse $\sum_{i=1}^l \phi_i(q)$ gleich den Grenzkosten sind. Dieses Optimum wird in der Abbildung 1-1 durch Punkt B bezeichnet und ist mit einer deutlich größeren Menge q^* , d.h. deutlich höheren FuE Investitionen, verbunden. Die Differenz zwischen q^* und q^0 ist die aus wohlfahrtstheoretischer Sicht die auf das Marktversagen zurückzuführende zu geringe Menge an FuE.

Abb. 2-1: Graphik Marktversagen



Im wohlfahrtstheoretischen Optimum müssen sie dagegen einbezogen werden. Dieses Optimum ist erreicht, wenn die sozialen Grenzerlöse $\sum_{i=1}^l \phi_i(q)$ gleich den Grenzkosten sind. Dieses Optimum wird in der Abbildung 1-1 durch Punkt B bezeichnet und ist mit einer deutlich größeren Menge q^* , d.h. deutlich höheren FuE Investitionen, verbunden. Die Differenz zwischen q^* und q^0 ist die aus wohlfahrtstheoretischer Sicht die auf das Marktversagen zurückzuführende zu geringe Menge an FuE.

2.2 Empirische Ansätze zur Messung sozialer Erträge

In der ökonomischen Literatur gibt es drei zentrale Ansätze, mittels derer versucht wird, die Höhe der sozialen Erträge auf FuE-Tätigkeit zu messen. Im ersten Ansatz werden Erträge gemessen in Form des Produktivitätszuwachses (Griliches 1979), im zweiten Ansatz werden sie dagegen geschätzt anhand der Kosteneinsparungen durch fremde FuE-Tätigkeiten (Bernstein 1979, 1997, 1998) und im dritten Ansatz wird der Einfluss des externen Wissens auf die Gewinne untersucht (Jaffe 1986, Czarnitzki und Kraft 2008). Formal bedeutet dies, dass im ersten Ansatz eine Produktionsfunktion verwendet und geschätzt wird, während dem zweiten Ansatz eine Kostenfunktion zu Grunde liegt und Faktornachfragefunktionen für die Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und FuE geschätzt werden.⁶ Der dritte Ansatz basiert auf einer Gewinnfunktion.

Im Folgenden wird nur die Grundidee des Produktivitätsansatzes näher erläutert. Auf eine Darstellung des Ansatzes mittels der Kosten- und Gewinnfunktion wird an dieser Stelle verzichtet, da erstens die meisten empirischen Studien den Produktivitätsansatz wählen. Dies gilt auch für die nachfolgende empirische Analyse in Kapitel 3. Eine wesentliche Begründung dafür liegt darin, dass die Schätzung der Faktornachfragefunktionen Informationen über die Faktorkosten erfordern, die in den meisten Datensätzen nicht vorhanden ist. Zweitens kann auf formaler Ebene gezeigt werden, dass es möglich ist, eine gegebene Produktionstechnologie durch eine Kostenfunktion abzubilden und aus dieser Kostenfunktion (wieder) auf die Technologie zurückzuschließen.⁷ Gewinnfunktionen finden in der empirischen Analyse ebenfalls kaum Anwendung, da häufig in Unternehmensdatensätzen keine Informationen über Gewinne vorhanden sind bzw. dieser Ansatz auf der Länderebene keinen Sinn macht. Bei allen drei Ansätzen handelt es sich um eine *ex post* Evaluation der Erträge aus fremder FuE. Darüber hinaus gibt es auch Studien, die den Einfluss des internen und externen FuE-Kapitalsstocks auf den Marktwert des Unternehmens analysieren und damit auf die Summe der abdiskontierten erwarteten Gewinne (Jaffe 1986).

Im Produktionsfunktionsansatz wird postuliert, dass die (maximale) Menge, die ein Unternehmen produzieren kann, abhängt vom Arbeitseinsatz, von der Höhe des eingesetzten physischen Kapitals, vom Materialeinsatz und von dem zur Verfügung stehenden internen und externen Wissen. Dieser einfache Zusammenhang kann formal anhand verschiedener Funktio-

⁶ Eine Produktionsfunktion beschreibt die Beziehung zwischen den eingesetzten Produktionsfaktoren und der maximalen Produktionsmenge, die mit den Faktoren hergestellt werden kann. Eine Kostenfunktion beschreibt dagegen den Zusammenhang zwischen Produktionsmengen und den niedrigsten Kosten, zu denen diese Menge hergestellt werden kann.

⁷ Diese Eigenschaft bezeichnet man als Dualität von Produktions- und Kostenfunktion.

nen dargestellt werden. In der empirischen Spillover-Literatur hat es sich jedoch durchgesetzt, eine einfache sogenannte Cobb-Douglas-Produktionsfunktion anzunehmen. Mehrere empirische Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse relativ robust sind gegenüber der verwendeten Funktionsform. Die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion unterstellt folgenden Zusammenhang:

$$S_{it} = A_i e^{\lambda t} C_{it}^\alpha L_{it}^\beta M_{it}^\kappa K_{it}^\gamma W_{it}^\theta e^{u_{it}}. \quad (2.1)$$

S bezeichnet die Produktionsmenge (Output) des Unternehmens, C den Sachkapitalstock, L die eingesetzte Arbeit, M den Materialeinsatz, K den eigenen Wissenskapitalstock und W den externen Wissenskapitalstock. λ ist der exogene technische Fortschritt. Der externe Wissenskapitalstock (Spilloverpool) dient dabei zur Abbildung der dem Unternehmen zur Verfügung stehenden FuE-Ergebnisse, dies es nicht selbst finanziert hat. A bezeichnet einen Skalierungsparameter, der den systematischen Einfluss anderer Faktoren auf die Produktivität abbildet. Unsystematische Produktivitätsschocks werden durch den Störterm u abgebildet. i und t bezeichnen einen Index für das Unternehmen bzw. das Jahr. Während die Datensätze Informationen über S , t , C , L , M , K und W liefern, sind $A, \lambda, \alpha, \beta, \kappa, \gamma$ und θ unbekannte Parameter und müssen anhand der Daten geschätzt werden. In diesem Modellansatz kommt den Parametern $\alpha, \beta, \kappa, \gamma$ und θ eine besondere Interpretation zu. Es handelt sich um sogenannte Outputelastizitäten, d.h.:

- α gibt an, um wie viel Prozent der Output eines Unternehmens sich verändert, wenn sich der Sachkapitalstock um 1 Prozent erhöht.
- β misst den durchschnittlichen prozentualen Zuwachs in der Produktion eines Unternehmens, wenn sich der Arbeitseinsatz um 1 Prozent erhöht.
- κ misst den durchschnittlichen prozentualen Zuwachs in der Produktion eines Unternehmens, wenn sich der Materialeinsatz um 1 Prozent erhöht.
- γ lässt sich interpretieren als *der prozentuale Zuwachs der Produktion eines Unternehmens, wenn der eigene Wissenskapitalstock um 1 Prozent zunimmt*. Sie wird im Folgenden auch als **private Outputelastizität** bezeichnet.
- θ ist analog die Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks und gibt an, um wie viel Prozent der Output eines Unternehmens steigt, wenn sich der externe Wissenskapitalstock um 1 Prozent erhöht. Diese Elastizität ist damit ein Maß für die Spillovereffekte der Forschung- und Entwicklungstätigkeiten dritter Unternehmen auf das Produktionsniveau des jeweils betreffenden Unternehmens i . Da dieser Koeffizient annahmegemäß gleich ist für alle Unternehmen, ist er umgekehrt auch ein Maß für die

von Unternehmen i ausgehenden Spillovereffekte. Für diese Elastizität wird im Folgenden auch der Begriff **soziale Outputelastizität** verwendet.

Die Definitionen unterstellen, dass der Einsatz der jeweils anderen Produktionsfaktoren unverändert bleibt.

2.2.1 Indirekter Ansatz zur Messung sozialer Erträge

Üblicherweise wird die Gleichung für die Schätzung logarithmiert:

$$s_{it} = a_i + \lambda t + \alpha c_{it} + \beta l_{it} + \kappa m_{it} + \gamma k_{it} + \theta w_{it} + u_{it}. \quad (2.2)$$

Kleine Buchstaben geben dabei logarithmierte Größen an, d.h. z.B. $s_{it} = \log(S_{it})$. Häufig wird zusätzlich die Annahme konstanter Skalenerträge in der Literatur gemacht.⁸ Dies hat den Vorteil, dass man die Produktionsfunktion als Pro-Kopf-Produktionsfunktion schreiben kann:

$$s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \kappa(m_{it} - l_{it}) + \gamma k_{it} + \theta w_{it} + (\mu - 1)l_{it} + u_{it}. \quad (2.3)$$

In dieser Variante steht links die (logarithmierte) Arbeitsproduktivität und als erklärende Größen werden neben den Zeitdummies der physische Kapitalstock pro Beschäftigten, der Materialeinsatz pro Beschäftigten und die jeweiligen internen und externen Kapitalstöcke herangezogen. Ob die Annahme konstanter Skalenerträge zutreffend ist, kann man testen, indem die Anzahl der Beschäftigten noch einmal separat in die Gleichung aufnimmt und testet, ob der Koeffizient μ signifikant von Null verschieden ist. Die Annahme konstanter Skalenerträge bezieht sich dabei in manchen Studien allein auf die traditionellen Einsatzfaktoren Arbeit, Kapital, Material wie in Gleichung (2.2) (u.a. Mairesse und Sassenou 1991); andere Autoren unterstellen konstante Skalenerträge für alle firmenspezifischen Einsatzfaktoren (also inklusive des internen Wissenskapitalstocks) (Los und Verspagen 2000). Alternativ kann man auch konstante Skalenerträge für alle Einsatzfaktoren, also einschließlich des externen Wissenskapitalsstocks annehmen. Dies führt zu den gleichen geschätzten Werten für $\lambda, \alpha, \beta, \kappa, \gamma$ und θ . Lediglich die Interpretation und Schätzung des Koeffizienten $\mu = \alpha + \beta + \kappa$ (bzw. $\mu = \alpha + \beta + \kappa + \gamma$ bzw. $\mu = \alpha + \beta + \kappa + \gamma + \theta$) ändert sich durch diese Änderung der Spezifikation.

Diese Gleichung wird in der Literatur in verschiedenen Varianten geschätzt. Neben den in (2.2) und (2.3) vorliegenden Formen, die jeweils das Niveau der Produktionsmenge bzw. der

⁸ Konstante Skalenerträge bedeutet, dass eine Zunahme aller Produktionsfaktoren um $x\%$ zu einem Zuwachs der produzierten Menge um $x\%$ führt.

Arbeitsproduktivität erklären, werden alternativ beide Gleichungen auch in Wachstumsraten modelliert wie in (2.4) und (2.5).

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \kappa \Delta m_{it} + \gamma \Delta k_{it} + \theta \Delta w_{it} + \Delta u_{it} \quad (2.4)$$

$$\Delta(s_{it} - l_{it}) = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta(c_{it} - l_{it}) + \kappa \Delta(m_{it} - l_{it}) + \gamma \Delta(k_{it}) + \theta \Delta w_{it} + (\mu - 1) \Delta l_{it} + \Delta u_{it} \quad (2.5)$$

Im Unterschied zu Gleichung (2.2) steht in Gleichung (2.4) als erklärende Größe nicht die Produktionsmenge, sondern die Differenz der logarithmierten Produktionsmenge, was näherungsweise der Wachstumsrate der Produktionsmenge entspricht. Analog für Gleichung (2.5).

Allen diesen Ansätzen gemeinsam ist die Tatsache, dass sie die Outputelastizitäten des internen und externen Wissenskapitalstocks schätzen und diese annahmegemäß für alle Unternehmen gleich ist.

Diese geschätzte private bzw. soziale Outputelastizität kann dazu verwendet werden, die private Ertragsrate bzw. die soziale Zusatzertragsrate der FuE-Tätigkeit zu ermitteln. Wie bereits erläutert beschreibt die private Outputelastizität γ die prozentuale Veränderung der Produktion eines Unternehmens, wenn der eigene Wissenskapitalstock um 1 Prozent zunimmt. Formal bedeutet dies:

$$\gamma = \frac{\partial S_{it} / S_{it}}{\partial K_{it} / K_{it}} = \frac{\partial S_{it}}{\partial K_{it}} \frac{K_{it}}{S_{it}} = \rho_{it} \frac{K_{it}}{S_{it}}. \quad (2.6)$$

Dabei bezeichnet ρ_{it} die Veränderung der Produktion (in Euro), die ein Unternehmen erzielt, wenn durch eigene FuE-Tätigkeit der interne Wissenskapitalstock um einen Euro zunimmt. Diese Veränderung bezeichnet man auch als privaten Grenzertrag des FuE-Kapitals oder als **private Ertragsrate des FuE-Kapitals**. Die private Ertragsrate des FuE-Kapitals erhält man somit aus:

$$\rho_{it} = \gamma \frac{S_{it}}{K_{it}}. \quad (2.7)$$

Ganz analog ist die soziale Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks definiert als:

$$\theta = \frac{\partial S_{it} / S_{it}}{\partial W_{it} / W_{it}} = \frac{\partial S_{it}}{\partial W_{it}} \frac{W_{it}}{S_{it}} = \pi_{it} \frac{W_{it}}{S_{it}}. \quad (2.8)$$

π_{it} bezeichnet die **soziale Zusatzertragsrate des FuE-Kapitals**. Man erhält sie durch Umformung als:

$$\pi_{it} = \theta \frac{S_{it}}{W_{it}}. \quad (2.9)$$

Die soziale Zusatzertragsrate π_{it} lässt sich interpretieren als *der absolute Produktivitätseffekt, den das Unternehmen i im Zeitpunkt t daraus erzielt, dass ein anderes Unternehmen j einen zusätzlichen Euro für FuE ausgibt.*⁹

Von dem Wissen, dass im Zuge des von Unternehmen j zusätzlich ausgegebenen Euros generiert wird, kann jedoch nicht nur Unternehmen i profitieren, sondern auch alle anderen Unternehmen. Will man daher auf gesamtwirtschaftlicher Ebene eine Aussage über die Höhe der sozialen Zusatzerträge treffen, dann muss dieser Effekt über alle Unternehmen aufsummiert werden.

$$\Pi = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \pi_{it} \quad (2.10)$$

Π bezeichnet die **sozialen Zusatzerträge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene**. Unter der Annahme, dass die sozialen Zusatzerträge π für alle Unternehmen gleich sind, lässt sich die Berechnung vereinfachen zu:

$$\Pi = (N - 1)^* \pi \quad (2.11)$$

Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene sind mit einem zusätzlichen Euro für FuE-Tätigkeit somit **soziale Erträge** verbunden in Höhe der Summe privaten Ertragsrate und der sozialen Zusatzerträge Π .

$$E = \rho + \Pi \quad (2.12)$$

2.2.2 Direkter Ansatz zur Messung sozialer Erträge

Alternativ zu der eben beschriebenen indirekten Methode zur Schätzung der privaten und sozialen Erträge von FuE, wird in der Literatur häufig ein anderes Vorgehen herangezogen und die Ertragsraten direkt geschätzt. Setzt man (2.6) und (2.8) in Gleichung (2.4) ein, vernachlässigt die Abschreibungen auf die Wissenskapitalstöcke und nimmt zusätzlich an, dass die privaten und sozialen Ertragsraten konstant über alle Unternehmen und im Zeitablauf sind, dann ergibt sich folgende Gleichung, wobei R die eigenen Ausgaben für FuE darstellen und E die FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen:

⁹ Genauer gesagt beinhaltet die Definition nur, dass andere Unternehmen einen zusätzlichen Euro ausgegeben. Dies kann entweder durch ein Unternehmen allein geschehen oder durch mehrere Unternehmen gemeinsam.

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \beta \Delta l_{it} + \kappa \Delta m_{it} + \rho \frac{R_{it}}{S_{it}} + \pi \frac{E_{it}}{S_{it}} + \Delta u_{it} \quad (2.13)$$

In diesem Modellansatz wird die Wachstumsrate des Umsatzes also unter anderem erklärt durch die eigene FuE-Intensität R/S und das Verhältnis der FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen zum Umsatz E/S . Die anhand der Daten geschätzten Koeffizienten $\hat{\rho}$ und $\hat{\pi}$ lassen sich direkt als private Ertragsrate bzw. als soziale Zusatzertragsrate interpretieren. Daher auch direkter Ansatz oder „rate of return“-Ansatz.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass keine Wissenskapitalstöcke berechnet werden müssen. Sie sind allerdings nicht unmittelbar mit den indirekt berechneten Ertragsraten vergleichbar, da es im Gegensatz zu den indirekten Ansätzen hier annahmegemäß keine Abschreibungen auf die beiden Wissenskapitalstöcke gibt. Man bezeichnet die so ermittelten Ertragsraten daher auch als Bruttoertragsraten.

Goto and Suzuki (1989) schlagen alternativ vor, folgende Gleichung zur Berechnung der Ertragsraten zu verwenden:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \beta \Delta l_{it} + \kappa \Delta m_{it} + \rho \frac{\Delta K_{it}}{S_{it}} + \pi \frac{\Delta W_{it}}{S_{it}} + \Delta u_{it} \quad (2.14)$$

Da hier die beiden Wissenskapitalstöcke abzüglich der jeweiligen Abschreibungen benutzt werden, bezeichnet man die so ermittelten Ertragsraten auch als Nettoertragsraten.

Bernstein (1998) kritisiert ganz grundsätzlich die Schätzung sozialer Erträge über Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen, da der interne und externe Wissenskapitalstock als separate Inputfaktoren eingehen. Mit der funktionalen Form wird implizit angenommen, dass die Faktorintensitäten unabhängig von den Wissensspillover sind. Dies muss aber nicht der Fall sein, das Wissensspillover tendenziell die Kosten reduzieren und die Intensitäten von FuE sowie von physischem Kapital erhöhen. Daher spezifiziert Bernstein eine Kostenfunktion der durchschnittlichen variablen Kosten. Trotz dieser Kritik ist die hier beschriebene Verwendung von Produktionsfunktionen in der Literatur jedoch weiterhin üblich.

2.3 Messung des internen und externen Wissenskapitalstocks

Zur Quantifizierung der sozialen Erträge aus FuE ist es somit notwendig, in einem ersten Schritt den internen und externen Wissenskapitalstock zu messen. Die Messung ist das zentrale Problem in der empirischen Umsetzung dieses theoretischen Ansatzes, da sowohl der interne als auch der externe Wissenskapitalstock nicht direkt beobachtbar und damit nicht direkt messbar sind. Es sind verschiedene Messkonzepte denkbar und finden Verwendung in der Li-

teratur, wie diese Größen in einer empirischen Analyse operationalisiert werden können. Das Wissenskapital kann einerseits als Output aus dem FuE-Prozess, beispielsweise über neu angemeldete Patente, gemessen werden. Dieser Indikator bildet das im Zuge von FuE-Projekten neu generierte Wissen jedoch nicht vollständig ab, da nicht jede Erfindung grundsätzlich patentierbar ist oder patentiert wird. In der Literatur ist es üblich, ersatzweise die FuE-Aufwendungen heranzuziehen. So wird statt des nicht beobachtbaren Outputs der direkt messbare Input beobachtet und für die empirische Analyse genutzt.

2.3.1 Interner Wissenskapitalstock:

Die Berechnung des internen Wissenskapitalstocks erfolgt üblicherweise analog der Berechnung des physischen Sachkapitalstocks mittels der sogenannten Kumulationsmethode (*Perpetual-Inventory-Methode*). Hierbei wird der Kapitalstock der Vorperiode um Abschreibungen auf den Kapitalstock bereinigt und um die FuE-Aufwendungen der laufenden Periode erhöht (Hall und Mairesse 1995). Dahinter steht die Annahme, dass die über einen geeigneten Zeitraum kumulierten FuE-Aufwendungen, korrigiert um adäquate Abschreibungen auf das generierte Wissen, eine gute Annäherung an einen solchen Kapitalstock bilden (Bartelsmann 1996, Guellec und van Pottelsberghe 2001). Kritisch anzumerken an diesem Messkonzept ist die implizit zugrunde liegende Annahme einer stabilen Beziehung zwischen der Höhe der FuE-Aufwendungen und dem daraus generierten verwertbaren Wissen. Dies stellt eine Vereinfachung dar, die nicht zwangsläufig gelten muss. Außerdem kann Wissen außer aus einem expliziten FuE-Prozess auch aus anderen Quellen, wie z.B. zufälligen Entdeckungen, entstehen. Da diese Quellen im Allgemeinen nicht messbar sind, werden sie in der Literatur und auch in der folgenden Darstellung vernachlässigt.

Bei der Berechnung des internen Wissenskapitalstocks treten weitere Schwierigkeiten auf, die an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben können.

- Erfordernis langer Zeitreihen

Die erste Schwierigkeit bei der Berechnung eines historisch aufgebauten Wissenskapitalstocks ergibt sich aus der Notwendigkeit einer hinreichend langen Zeitreihe für die FuE-Aufwendungen. In zahlreichen Studien ist die zugrunde liegende Zeitreihe jedoch sehr kurz und enthält nur wenige Beobachtungen, vgl. Minasian (1969) oder Bartelsmann (1996), der beispielsweise nur drei Beobachtungen über die Jahre 1985, 1989 und 1993 zur Verfügung. Dies kann zu Verzerrungen in der Berechnung des Wissenskapitalsstocks führen.

- Abschreibungsrate

Die Abschreibungsrate beschreibt, wie schnell ökonomisch verwertbares Wissen veraltet. Die Frage nach der Höhe der Abschreibungen auf das FuE-Kapital ist nicht einfach zu beantworten und für die Festlegung einer Abschreibungsrate fehlt ein eindeutiges Kriterium. Studien von Mansfield (1973) und Pakes and Schankerman (1984) haben gezeigt, dass auf Industrieebene Wissen häufig schneller veraltet als physisches Kapital. Bernstein (1988) weist darauf hin, dass sich die Abschreibungen auf Wissenskapital darauf beziehen sollten, ob Wissen anhand von Input- oder Outputgrößen gemessen wird. Wenn sich das Wissenskapital auf Inputgrößen wie hier auf FuE-Aufwendungen bezieht und sich FuE zusammensetzt aus Personal, Sachaufwendungen und Investitionen, dann sollte sich die Abschreibung des FuE-Kapitals auf die Abschreibung der einzelnen Komponenten beziehen. Wird Wissen jedoch über output-orientierte Indikatoren gemessen, z.B. mittels Patenten, dann sollte sich die Wissensabschreibung auf den Verlust in dem Wert des Patents beziehen. Der Wertverlust für ein einzelnes Unternehmen entsteht, wenn durch Wettbewerber oder eigene Innovationsanstrengungen neue und verbesserte Produkte und Prozesse auf den Markt gebracht werden, die bisher patent-geschützte Produkte (teilweise) verdrängen. Darüber hinaus wird kritisiert, dass die in der Kumulationsmethode zur Berechnung des Wissenskapitalstocks genutzte Abschreibungsrate als konstant angesehen wird (Blitzer und Stephan, 2002). Das verwertbare Wissen würde sich nicht kontinuierlich reduzieren, sondern vielmehr im Sinne von Schumpeter in einem Prozess kreativer Zerstörung entwickeln. Bestehendes Wissen könnte somit erst dann abgeschrieben werden, wenn es durch neues Wissen abgelöst wird. Sie schlagen als Alternative zur Berechnung des Wissenskapitalstocks die sogenannte „Schumpeter-Inspired Method“ (SIM) vor, die diesen Zusammenhang berücksichtigt.¹⁰

Trotz der intensiven Diskussion um adäquate Abschreibungsralten auf den Wissenskapitalstock lässt sich zeigen, dass dies auf die Höhe (und Signifikanz) der geschätzten privaten Erträge aus FuE nur einen geringen Effekt hat. Dies ist unter anderem das Ergebnis von Bernstein (1988), der alternative Abschreibungsralten von 10, 8.5 und 12.5 % verwendet hat. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommen Hall und Mairesse

¹⁰ In Anlehnung an Schumpeter bezeichnen Blitzer und Stephan (2002) die Entwicklung eines Wissenskapitalstocks als einen Prozess der kreativen Zerstörung. Neu generiertes Wissen ersetzt demnach unmittelbar, wenn auch mit zeitlicher Verzögerung, einen Teil des im Wissenskapitalstock vorhandenen alten Wissens. Dieser Anteil wird anhand einer konstanten Ersetzungsrate modelliert, die, multipliziert mit dem mittels FuE-Aufwendungen gemessenem neuen Wissen der Vorperiode, die Abschreibung der laufenden Periode bildet. Die Zuschreibung zum Wissenskapitalstock erfolgt wie in der Literatur üblich durch die Akkumulation von FuE-Aufwendungen. Der entscheidende Unterschied besteht darin, statt einer konstanten Abschreibungsrate auf den so gebildeten Kapitalstock, die Abschreibung auf Wissen direkt auf das neu generierte Wissen zu beziehen. Fände keine Forschung und Entwicklung mehr statt, würde der Wissenskapitalstock demnach nicht, wie bei einer konstanten Abschreibungsrate kontinuierlich abnehmen, sondern gegen eine konstante Größe konvergieren. Bestehendes Wissen wird somit erst dann obsolet, wenn es durch neues Wissen ersetzt wird.

(1995). Sie nehmen eine Abschreibungsrate von 15% an und zeigen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse, dass alternative Abschreibungsrationen von 25% und von annähernd 100% auf die zentralen Ergebnisse keine Auswirkungen haben. Der Koeffizient für das FuE-Wissenskapital bleibt in dieser Studie unverändert hoch und signifikant. So mit kann die Annahme über die Höhe der Abschreibungsrate als vergleichsweise unkritisch angesehen werden. Die meisten neueren Studien übernehmen die von Hall und Mairesse vorgeschlagene Abschreibungsrate von 15%.

- Doppelzählung von Arbeit und Investitionen:

Die klassische Messung des physischen Kapitalstocks und von unternehmensspezifischen Kennzahlen, wie die Anzahl der Mitarbeiter, muss im Zuge der zusätzlich vorgenommenen Messung des Wissenskapitalstocks um resultierende Doppelzählungen bereinigt werden. Dazu gehört die Doppelzählung von speziellen Aufwendungen als Bestandteil des physischen Kapitals wie auch als Teil der FuE-Aufwendungen einerseits und eine Doppelzählung von Mitarbeitern als Bestandteil der Gesamtbeschäftigung und gleichzeitig als FuE-Mitarbeiter andererseits (siehe Cuneo und Mairesse 1983). Schankermann (1981) und Hall und Mairesse (1995) zeigen, dass eine Bereinigung um diese Doppelzählungen notwendig ist, da dies die geschätzten FuE Elastizitäten tendenziell nach oben korrigiert. Gleichwohl wird eine solche Bereinigung mangels Datenverfügbarkeit nur in wenigen Studien vorgenommen, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einschränkt.

- Deflationierung von FuE-Aufwendungen

Da in die Berechnung des Wissenskapitalstocks die FuE-Aufwendungen mehrerer Jahre einfließen, muss eine geeignete Preisbereinigung vorgenommen werden. Allerdings gibt es in den offiziellen Statistiken der Länder bislang keinen spezifischen Deflator für FuE-Aufwendungen. Die meisten empirischen Studien verwenden hier hilfsweise den Deflator für das Bruttonsozialprodukt oder den Investitionsgüterpreisindex. Inwie weit die Ergebnisse beeinflusst werden durch die Wahl eines nicht-FuE-spezifischen Deflators lässt sich nicht exakt sagen, es ist jedoch zu vermuten, dass der verzerrnde Einfluss vergleichsweise gering sein dürfte.

- Anfangsbeobachtung (*Permanent Growth Approximation*)

Die Kumulationsmethode erfordert die Berechnung eines Wissenskapitalsstocks zu Beginn des betrachteten Untersuchungszeitraums. Da dieser jedoch nicht beobachtbar ist, hat sich für seine Berechnung in der Literatur die *Growth-Accounting*-Methode etabliert. Unter der Annahme, dass die Akkumulation des Wissenskapitals über eine

hinreichend lange Zeitperiode vorgenommen wurde, dass die FuE-Aufwendungen in der Zeit vor dem Beginn der Stichprobe mit einer konstanten Rate g gewachsen sind und sich das Wissenskapital mit einer konstanten Rate abgeschrieben hat, kann der Anfangskapitalstock berechnet werden aus den anfänglichen Aufwendungen für FuE. Hall und Mairesse (1995) nehmen hier z.B. eine Wachstumsrate von 5% für die FuE-Aufwendungen an. Diese Vorgehensweise ist in der Literatur üblich und wird weitgehend als unkritisch eingeschätzt. Je länger die für eine Studie vorliegende Zeitreihe ist, desto weniger Einfluss hat zudem die Annahme auf die Berechnung des geschätzten Wissenskapitalstocks.

2.3.2 Externer Wissenskapitalstock

Soziale Erträge aus FuE entstehen, wie bereits erläutert, da die Unternehmen auf einen externen Wissenskapitalstock zugreifen und sich so ökonomisch verwertbares Wissen unentgeltlich aneignen können. Zentral für die Schätzung von Ertragsraten ist die Methode, die zur Ermittlung sog. Spilloverpools zugrunde gelegt wird. Ein Spilloverpool dient dabei zur Abbildung der allen Unternehmen zur Verfügung stehenden FuE-Ergebnisse unabhängig davon, wer diese FuE-Ergebnisse letztlich finanziert hat.

2.3.2.1 Einfache Ansätze

Ein einfacher Ansatz zur Berechnung des externen Wissenskapitalstocks besteht darin, die einzelnen Wissenskapitalstücke aller anderen Unternehmen (bzw. Branchen/Länder bei Branchen-/Länderstudien) zu kumulieren. Diese einfache Berechnung kann entsprechend auch vorgenommen werden, um zwischen horizontalen und vertikalen Spillovers zu differenzieren. Horizontale oder intraindustrielle Wissensflüsse sind danach die Summe der FuE-Aufwendungen aller anderen Unternehmen in derselben Industrie und inter-industrielle oder vertikale Wissensspillover werden gemessen über die Summe der FuE-Aufwendungen aller Unternehmen in den anderen Industrien.

2.3.2.2 Komplexe Ansätze

Die Unternehmen profitieren jedoch nicht von jedem Wissenskapital in gleichem Maße. So sei es Unternehmen nur dann möglich, von einem Wissenskapitalstock zu partizipieren, wenn sie sich in einem technologisch verwandten Bereich betätigen (Jaffe 1986, Harhoff 2000). D.h. abhängig von der eigenen FuE-Tätigkeit und der Ausrichtung der FuE-Tätigkeit können jedoch sehr unterschiedliche Teile dieses Wissensstocks für das einzelne Unternehmen relevant sein. Diese Relevanz kann mit unterschiedlichen Methoden abgebildet werden.

- Input-Output-Tabellen. Input-Output-Tabellen, die Handelsströme zwischen Branchen messen, wurden insbesondere in den älteren Branchenstudien verwendet, u.a. von Terleckyi (1974), Sveikauskas (1981), Wolff and Nadiri (1987), Odagiri (1985). Diesem Ansatz liegt die Idee zu Grunde, dass mit den gehandelten Gütern auch Wissen zwischen den Branchen ausgetauscht wird.
- Patentfluss-Matrix: Als Alternative wurde von Scherer (1982) vorgeschlagen, eine Matrix zu verwenden, die auf Branchenebene die „Patentflüsse“ zwischen Branchen misst. Dazu werden sämtliche Patente danach klassifiziert, in welcher Branche sie hergestellt und welche Branche sie verwendet werden. Dieses Vorgehen wurde unter anderem von Scherer (1982), Griliches and Lichtenberg (1984), Sterlaccini (1989) und Mohnen and Lepine (1991), Putnam and Evenson (1994) und Los and Verspagen (2000) gewählt.
- Importanteile. Importanteile wurden insbesondere in älteren Studien auf Länderebene zur Messung internationaler Spillovereffekte genutzt, vgl. Coe and Helpman (1995), Lichtenberg und van Pottelsberghe (1998), Naidiri and Kim (1996), Jacobs, Nahuis and Tang (2002). Diesem Ansatz liegt ebenfalls die Idee zu Grunde, dass mit den gehandelten Gütern auch Wissen zwischen ausgetauscht wird, hier zwischen Ländern.
- Technologische Nähe. Insbesondere die von Jaffe (1986) vorgeschlagene Methode zur Messung der technologischen Nähe zwischen zwei Unternehmen stellt eine in der neueren Literatur vielfach genutzte Methode dar. Die technologische Nähe zwischen den Unternehmen wird ermittelt, indem für jedes Unternehmen ein Positionsvektor bestimmt wird, der die relative Position eines Unternehmens in jeder Patentkategorie enthält. Dies ist möglich, da die Daten der Patentstatistik nach einer technologisch basierten Klassifizierung vorliegen. Mittels einer daraus berechneten Korrelationsmatrix wird die Summe aller FuE-Aufwendungen gewichtet. Letztlich wird so für jedes Unternehmen der jeweilige potentielle Spilloverpool gesondert berechnet. Dies geschieht unter der Annahme, dass immer ein gleicher Anteil des verwertbaren Wissens öffentlich wird. Implizit wird hier eine stabile Beziehung von FuE-Aufwendungen und den in Form von Patenten verwertbaren FuE-Ergebnissen angenommen (Jaffe 1986). Dabei kann die Neigung der Unternehmen verwertbare FuE-Ergebnisse patentieren zu lassen, durch das Wettbewerbsumfeld beeinflusst sein. Eine Einschränkung erfährt dieser Ansatz dadurch, dass viele Unternehmen ihr Wissen nicht patentieren lassen. Aufgrund der Gewichtung nach der technologischen Nähe gibt es nicht einen universellen Wissenskapitalstock, sondern es wird für jedes Unternehmen ein individueller Wissenskapitalstock berechnet. Dieses Vorgehen wurde unter anderem in den Studien von Jaffe (1986), Guellec und van Pottelsberghe (2001, 2004), Park (1995, 2004), Ha-

nel und St. Pierre (2002), Bloom, Schankerman und van Reenen (2007), Capron und Cincera (2001) und Aldieri und Cincera (2009) gewählt.

Goto und Suzuki (1989), Harhoff (2000) und Adams (1997) wählen einen stark verwandten Korrelationsmatrixansatz. Dabei wird jedoch nicht der Anteil der Patente in jeder Patentkategorie bestimmt, sondern die Aufteilung der FuE-Aufwendungen eines Unternehmens auf die verschiedenen Forschungsfelder herangezogen. Diese Information ist in vielen FuE-Erhebungen, unter anderem in Deutschland, enthalten.

2.4 Bisherige empirische Ergebnisse über die Höhe sozialer Erträge

Zahlreiche Studien haben versucht, die privaten und sozialen Outputelastizitäten des FuE-Kapitals oder die privaten und sozialen Ertragsraten von FuE zu schätzen (frühe Arbeiten gehen zurück auf Griliches 1980, 1994, Scherer 1983, 1993, Griliches und Lichtenberg 1984, Goto und Suzuki 1989). Es gibt in der empirischen Literatur eine große Übereinstimmung darüber, dass FuE-Tätigkeit die Produktivitätsentwicklung positiv beeinflussen und von FuE substantielle Wissensspillovereffekte ausgehen. Die Studien kommen jedoch zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen über die Größe dieser Effekte. So kommt Nadiri (1993) in der Auswertung der empirischen Literatur zu dem Ergebnis, dass die meisten Studien einen signifikanten Einfluss von interner und externer FuE auf die Produktivität nachweisen, wenngleich die Höhe mit der Art der Daten, dem Aggregationsniveau und der Schätzmethode variiert. Die *private* Outputelastizität liegt demnach in den meisten Studien zwischen 0.06 und 0.2% und die private Ertragsrate von FuE zwischen 0.2 und 0.5. Nur in einzelnen Studien kann kein signifikanter Produktivitätsbeitrag von eigener FuE nachgewiesen werden (Link 1983, Griliches und Lichtenberg 1984). Die Effekte von Wissensspillover sind in den meisten Studien deutlich größer als die direkten Effekte von FuE. Auch variere die Höhe der Wissensspillover, je nach dem, ob intra- oder interindustrielle Spillover, ob der öffentliche oder private Wissenskapitalstock, unterschiedliche Länder oder internationale Wissensspillover untersucht werden.

Die empirische Literatur über die privaten und sozialen Erträge von FuE lässt sich nach der Aggregationsebene, also danach, ob die Studie auf Länder-, Branchen- oder Unternehmensebene durchgeführt wird und nach den verschiedenen methodischen Ansätzen gliedern. Da man berücksichtigen muss, dass auf verschiedenen Aggregationsebenen entsprechend unterschiedliche Effekte gemessen werden, erfolgt die nachfolgende Darstellung der bisherigen empirischen Ergebnisse gegliedert nach Länder-, Branchen und Unternehmensebene.

2.4.1 Studien auf Länderebene

Eine Analyse sozialer Erträge von Forschung und Entwicklung auf Länderebene, in der Literatur handelt es sich meist um OECD-Länder, erfolgt mit entsprechend aggregierten Daten. In die Produktionsfunktion gehen der nationale und der internationale Wissenskapitalstock als erklärende Einflussgrößen ein. Der geschätzte Koeffizient des nationalen Kapitalstocks bzw. die daraus abgeleitete Ertragsrate muss in diesen Studien als die *soziale inländische Ertragsrate* interpretiert werden (Guellec und van Pottelsberghe 2004, Parsson und Philips 2007). Sie stellt die Summe aus der privaten Ertragsrate von FuE eines Unternehmens und den sozialen Zusatzerträgen zwischen den inländischen Unternehmen (sowohl innerhalb einer Branche als auch zwischen Branchen) dar. Der geschätzte Koeffizient des internationalen Kapitalstocks bzw. die daraus abgeleitete Ertragsrate ist ein Maß für die *ausländischen Wissensspillover*, d.h. für die sozialen Zusatzerträge, die heimische Produzenten aus dem im Ausland generierten Wissen erzielen.

Die Berechnung des ausländischen Wissenskapitalstocks wird nach dem bereits oben beschriebenen Prinzip (siehe Kapitel 2.3) auch auf der Länderebene berechnet. Dazu wird für jedes Land der jeweilige ausländische FuE-Kapitalstock ermittelt. In der Literatur ist auch bei Studien auf Länderebene eine Gewichtung nach der technologischen Nähe üblich. Diese Gewichtung erfolgt beispielsweise anhand der Patentstruktur oder mittels Indikatoren für die Handelsströme (Nadiri und Kim 1996 oder Park 2004). Die Gewichtung mittels der Patentstruktur unterstellt, dass der Wert der Patente zwischen den Ländern gleich ist und gleich bleibt. Da Handelsströme als Träger von Wissensspillover betrachtet werden können, werden entsprechende Indikatoren, wie z.B. die Importanteile oder die Handelsstruktur als Gewichtungsfaktor verwendet (Coe und Helpman 1995).

Der abzubildende extern verfügbare Wissenskapitalstock konnte durch die Gewichtung nach der technologischen Nähe verbessert werden. Die Studie von Bernstein und Mohnen (1997) untersucht die sozialen Erträge von Branchen der USA und von Japan und legt Nahe, dass die technologische Nähe zwischen zwei Ländern nicht die einzige relevante Größe ist. So profitiert in dieser Studie Japan deutlich (37%) vom Wissenskapitalstock der USA, umgekehrt gilt dies jedoch nicht (0%). Diese Diskrepanz kann nicht über die technologische Nähe erklärt werden. Nadiri und Kim (1996) untersuchen die sieben führenden Industrienationen (G7) und finden, dass die Bedeutung von nationaler Forschung und Entwicklung im Vergleich zu ausländischen Wissensspillover zwischen den Ländern deutliche Unterschiede aufweist. So sei die USA das einzige Land, für das die nationale FuE eine deutlich größere Bedeutung (sechsmal so hoch) habe, als der ausländische Wissenskapitalstock. Für Deutschland, Großbritannien, Japan und Frankreich wäre die Bedeutung von nationaler FuE und ausländischen Wissensspillover gleich und für Kanada und Italien hätten ausländische Wissensspillover die größere Be-

deutung (Nadiri und Kim 1996). In diesem Ergebnis spiegelt sich das Größenverhältnis der Länder. Guellec und van Pottelsberghe (2001) finden, dass in Ländern mit einer höheren FuE-Intensität (gemessen als FuE-Anteil am BIP) der Einfluss von FuE auf die Produktivitätsentwicklung vergleichsweise stärker ist. Dies unterstützt die Hypothese über das Absorptionsvermögens.

Guellec und van Pottelsberghe (2004) geben an, in ihrer Studie nur die Spillovereffekte von FuE, nicht aber den Gesamteffekt, der auch die privaten Erträge der Unternehmen enthielte, zu messen. Dies ist möglich, da sie mit entsprechend aufbereiteten Daten arbeiten. Die zu erklärende Variable ist hier sogenannte Multifaktorproduktivität (MFP), also diejenige Änderung der Wirtschaftsleistung, die nicht auf eine Veränderung der traditionellen Inputfaktoren Arbeit und Kapital zurückzuführen ist. Somit wird insbesondere die technische Entwicklung, für die inländische, öffentliche und ausländische FuE-Investitionen entscheidend sind, isoliert. Die Wissensspillovereffekte werden in den Studien von Guellec und van Pottelsberghe (2001 und 2004) für die privaten nationalen FuE-Investitionen mit 13% und für die ausländischen FuE-Investitionen mit 45-50% angegeben. Der ausländische Wissenskapitalstock wird hier mit einjähriger Verzögerung eingebunden. Park (1995) beziffert die private nationale Ertragsrate mit 44% deutlich höher und findet, dass die ausländische soziale Zusatzertragsrate in der Summe über alle untersuchten Länder gut 42% beträgt.¹¹ Hier wird der ausländische Wissenskapitalstock nicht nach den Importanteilen, sondern nach der durch FuE-Aufwendungen klassifizierten technologischen Nähe gewichtet (Park, 1995). Die Wissensspillover aus öffentlicher FuE wurden von Park ebenfalls analysiert. Diese sind allerdings, wird in der ökonometrischen Analyse der private Wissenskapitalstock eingebunden, nicht mehr signifikant. Der Effekt von öffentlicher FuE kann somit nicht nachgewiesen werden (Park 1995). Dies könnte statistisch durch Multikollinearität erklären werden, da eine hohe Korrelation zwischen den beiden erklärenden Variablen, privater und öffentlicher Wissenskapitalstock, zu inkonsistenten Ergebnissen führt. Weiter ist es möglich, dass die in der öffentlich finanzierten FuE dominierende Grundlagenforschung nicht zu unmittelbaren Effekten führt und erst mittelbar, eventuell durch weiterführende private FuE, positiv auf die Arbeitsproduktivität wirkt.

Weitere Studien kommen zu vergleichbaren Ergebnissen und geben die soziale inländische Ertragsrate zwischen 40% und 145% an (Coe und Helpman 1994, Lederman und Maloney 2003, Lichtenberg und van Pottelsberghe 1998, Park 1995).

¹¹ Die ausländische soziale Zusatzertragsrate beträgt in jedem der neun Länder durchschnittlich 4,7 Prozent. Zur Berechnung des Gesamteffekts werden diese Zusatzertragsraten aussummiert (neun mal 4,7 Prozent).

Coe und Helpman (1995) finden, dass die von ausländischen Wissensspillover ausgelösten Produktivitätssteigerungen, umso stärker sind, je offener eine Volkswirtschaft ist und je intensiver sie am Welthandel teilnimmt. Hier setzt sich der ausländische Wissenskapitalstock aus den nationalen Wissenskapitalstöcken der Handelspartner zusammen, die nach Importanteilen gewichtet werden (1995). Diese Gewichtung beruht auf der Annahme, dass die Wissensspillover positiv von den importierten Gütern und Dienstleistungen abhängen. Weiter finden sie, dass der Einfluss des auf inländische FuE zurückzuführende Produktivitätswachstums in den G7 Ländern deutlich höher (123%) als in den anderen Industrieländern (85%) ist. Diesen Befund können Lichtenberg und van Pottelsberghe in ihrer Studie (1996: 14) nicht bestätigen.

Ein Problem, dass in den empirischen Studien bislang noch relativ wenig Beachtung gefunden hat, ist die Frage der zeitlichen Wirkungsstruktur des externen Wissens. D.h. wie lange dauert es z.B. bis Wissen, das von anderen Unternehmen generiert wurde, von einem Unternehmen absorbiert und eingesetzt wird und Auswirkungen auf dessen Performance hat. Für aus öffentlichen FuE-Aufwendungen resultierendes Wissen kommen Guellec und van Pottelsberghe (2001) zu dem Ergebnis, dass dessen Wirkung auf die Produktivitätsentwicklung erst mit einer zeitlichen Verzögerung von zwei Jahren auftritt. Rouvinen (2002a) untersucht insbesondere die zeitliche Wirkungsverzögerung des externen Wissenskapitalstocks. Er kommt zu dem Ergebnis, dass diese in den meisten Fällen der von ihm analysierten OECD-Länder (14 Industrien aus 12 Ländern) sogar vier Jahre beträgt. Dieses Ergebnis könnte eine modifizierte Berechnung des Wissenskapitalstocks begründen, wurde jedoch in der Literatur (bisher) nicht übernommen.

Tab. 2-1: Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung sozialer Ertragsraten auf Länderebene

Autoren	Länder	Zeitraum	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Output-elastizität	Soziale Output-elastizität	Abhängige Variable	Berechnung des externen Wissenskapitalstocks (WKS)
Coe und Helpman (1995)	OECD-Länder	1971-1990	1.23 (G7-Mitglieder) 0.85 (nicht G7-Mitglieder)	1.55 (weltweite Ertragsrate der G7-Länder)	0.08 (nicht G7-Mitglieder) 0.23 (G7)	0.29 (FuE des Auslands)	Für Ertragsraten: BIP (Niveau) Für Output-Elastizitäten: TFP (Niveau)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit Importquote
Guellec und van Pottelsberghe (2001)	16 OECD-Länder	1980-1998	-	-	0.13 (private FuE) 0.17 (öffentliche FuE)	0.46 (FuE des Auslands)	TFP (Wachstumsraten)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit technologischer Nähe, mit Lag
Guellec und van Pottelsberghe (2004)	OECD-Länder	1980-1998	-		0.13 (private FuE) 0.17 (öffentliche FuE)	0.45 (FuE des Auslands)	TFP (Wachstumsraten)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit technologischer Nähe, mit Lag
Lederman und Maloney (2003)	OECD-, Schwellen- und Entwicklungsländer	1975-2000	0.20 - 0.40 (OECD-Länder) 0.60 (Schwellenländer) 1.00 (Entwicklungsländer)	-	-	-	BIP (Wachstumsraten)	-
Lichtenberg und van Pottelsberghe (1998)	OECD-Länder	1971-1990	-	-	-	0.11 (FuE des Auslands)	TFP (Niveau)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit Importquote

Autoren	Länder	Zeitraum	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Outputelastizität	Abhängige Variable	Berechnung des externen Wissenskapitalstocks (WKS)
Nadiri und Kim (1996)	G7	1964-1991	USA / Japan / Frankreich / Deutschland / Italien / UK / Kanada: 0.14 / 0.15 / 0.15 / 0.15 / 0.16 / 0.14 / 0.15	USA / Japan / Frankreich / Deutschland / Italien / UK / Kanada: 0.09 / 0.08 / 0.06 / 0.10 / 0.05 / 0.06 / 0.11	USA / Japan / Frankreich / Deutschland / Italien / UK / Kanada: 0.83 / 0.78 / 0.69 / 0.63 / 0.68 / 0.65 / 0.63	-	TFP, KF, BIP (Niveau)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit Importquote
Park (1995)	Zehn OECD-Länder	1970-1987	0.44 (heimische private FuE)	0.05 (ausl. private FuE)	0.11 (heimische private FuE) 0.08 (heimische öffentliche FuE)	0.17-0.18 (ausl. private FuE)	TFP (Wachstumsraten)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit technologischer Nähe
Park (2004)	14 OECD-Länder und Korea, Singapur, Japan	1980-1995	Variiert zwischen 17.4% (Schweden) und 143.7% (Singapur). In Deutschland: 22.4%	Variiert zwischen 68% (USA) und 317% (Singapur). In Deutschland: 71.1%	Im VG: 0.11 Im DL: 0.07	Im VG: 0.08 (Effekt von FuE im ausl. VG); kein Effekt von heimischer oder ausl. FuE im DL Im DL: 0.55 bzw. 0.41 (Effekt von heimischer bzw. ausländischer FuE im VG) Kein Effekt von ausländischer FuE im DL	TFP (Wachstumsraten)	Summe des WKS der anderen Länder, gewichtet mit Importquote (außerdem differenziert nach VG und DL)

Anmerkungen: Mit Ausnahme von Nadiri und Kim (1996) basieren alle Studien auf dem Produktionsfunktionsansatz.

VG: Verarbeitendes Gewerbe; DL: Dienstleistungssektor.

Quelle: Eigene Darstellung.

2.4.2 Studien auf Branchenebene

Studien, die die Erträge von FuE auf Branchenebene analysieren, verwenden zur Erklärung der Produktion einer Branche den Wissenskapitalstock der jeweiligen Branche und den Wissenskapitalstock anderer Branchen des Landes. Der geschätzte Koeffizient des Wissenskapitalstocks der eigenen Branche bzw. die daraus abgeleitete Ertragsrate wird häufig *als private FuE-Ertragsrate der Branche* bezeichnet. Dabei handelt es sich um die *Summe aus der privaten Ertragsrate von FuE auf Unternehmensebene und den sozialen Zusatzerträgen zwischen den inländischen Unternehmen innerhalb einer Branche (=intraindustrielle Wissensspillover)*. Der geschätzte Koeffizient des Wissenskapitalstocks anderer Branchen bzw. die daraus abgeleitete Ertragsrate ist dagegen ein Maß für die sozialen Zusatzerträge, die Produzenten einer Branche aus dem auf nationaler Ebene in anderen Branchen generierten Wissen erzielen. Letzteres misst also vertikale oder interindustrielle Wissensspillover.

Die empirischen Schätzungen der *privaten* Ertragsrate auf Branchenebene werden in der Literatur mit einer großen Spannbreite angegeben, wobei sich ein Großteil der Schätzungen zwischen 10% und 80% bewegen (Goto und Suzuki 1989, Bernstein und Nadiri 1991, Griffith et al 2003, Hanel 1988, Jacobs et al 2002, Link 1978, Mohnen und Lepine 1988, Mohnen et al 1986, Odagiri 1985, Rouvinen 2002b, Scherer 1982 und 1984, Sterlacchini 1989, Sveikauskas 1981, Terleckyi 1974, Wolff und Nadiri 1987). Einzelne Studien finden über diese Spannbreite hinausgehende private Ertragsraten, wie die Studie von Buxton und Kenally (2004b) mit 95% bis 154% und Bardy (1974) mit 92% bis 97%. Eine Übersicht über die wichtigsten Studien und deren Ergebnisse findet sich in Tab. 2-3 und in Tab. 8-12 im Anhang. Während die erste Tabelle Studien auflistet, die private und soziale Erträge schätzen, sind als Ergänzung in der in Tab. 8-12 im Anhang Studien erfasst, die lediglich die privaten Ertragsraten schätzen.

Die *soziale* Ertragsrate übersteigt in den empirischen Studien für gewöhnlich die private Ertragsrate und wird ebenfalls mit einer sehr großen Spannbreite von 15% bis 150% angegeben. Mohnen und Lépine (1991) ist eine der wenigen Studien, in denen mit durchschnittlich 56% die private Ertragsrate höher als die soziale Zusatzertragsrate (30%) ist. Dabei finden sie eine hohe Variation zwischen der privaten Ertragsrate der untersuchten Branchen des verarbeiteten Gewerbes, die von 5% bis über 200% reicht. Dies macht deutlich, dass die Branchenauswahl einer Studie wesentliche Auswirkungen auf das Ergebnis haben kann und ein Vergleich verschiedener Branchenstudien dies berücksichtigen muss. So ergäbe eine andere Branchenauswahl eine private Ertragsrate (26%), die eher in einer in der Literatur üblichen Bandbreite liege.

Bernstein (1988) definiert die soziale Ertragsrate als die private Ertragsrate plus dem Rückgang in den Produktionskosten bei den Wettbewerbern in der eigenen Industrie und in anderen Industrien. Die soziale Ertragsrate ist in seinen Schätzungen für Kanada etwa doppelt so hoch wie die private Ertragsrate. Dies variiert zwischen den Branchen und ist am stärksten in den High-Tech-Branchen (ca. 115%), aber mit 72 % auch noch sehr hoch in den Low-Tech-Branchen.

Bernstein (1988) findet, dass sowohl interindustrielle wie auch intraindustrielle Spillovers zu einer Reduktion der Stückkosten führen. Dabei profitieren Unternehmen von interindustriellen Spillovers durch eine stärkere Reduzierung der Produktionskosten in einem größeren Ausmaß als von intraindustriellen Spillovers. Die Höhe der marginalen interindustriellen Spillovers ist dabei recht ähnlich über die Branchen. Dies impliziert, dass der Unterschied zwischen den Branchen in dem Verhältnis von privater zu sozialer Ertragsrate im Wesentlichen bestimmt wird durch die intraindustriellen Spillovers. Darüber hinaus kommt er zu dem Ergebnis, dass Industrien mit hohen FuE-Intensitäten stärker von intraindustriellen Spillovers profitieren. Daraus schlussfolgert Bernstein, dass High-Tech-Firmen quantitativ gesehen eine wichtigere Quelle für Spillovers sind und dass das Ausmaß ihrer Bedeutung besonders in ihrer eigenen Industrie sichtbar wird. Außerdem zeigt Bernstein, dass interindustrielle Spillovers für Unternehmen einen Anreiz darstellen auf eigene FuE zu verzichten. Dieser Effekt ist stärker in Low-Tech-Branchen.

Gopinath und Roe (1999) untersuchen die private und soziale Ertragsrate von drei vertikal verbundenen Wirtschaftszweigen anhand eines Kostenfunktionsansatzes. Sie finden für die USA durchschnittliche private FuE-Ertragsraten für die Agrarwirtschaft (87,5%), die Nahrungsmittelindustrie (42,5%) und die Landmaschinenindustrie (21,5), deren Höhe zwar deutlich variiert, sich jedoch im Rahmen der Bandbreite vergleichbarer Studien bewegt. Die im Zeitverlauf (1971, 1981, 1991) rückläufigen Ertragsraten werden von ebenfalls sinkenden Aufwendungen für FuE in diesen Wirtschaftszweigen begleitet. Weiter finden Gopinath und Roe (1999) zwischen diesen drei Wirtschaftszweigen Wissensspillovereffekte, wobei zwischen Agrarwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie ein negativer Effekt gefunden wurde. Dies bedeutet, dass FuE in der Agrarwirtschaft kostensteigernde Effekte in der Nahrungsmittelindustrie hat. Die soziale Ertragsrate wird für die Agrarwirtschaft mit 80% und für die Nahrungsmittelindustrie mit 46,6% angegeben. Sie finden ferner, dass öffentliche FuE in der Agrarwirtschaft mittels positiver Wissensspillover das Marktversagen in der Landmaschinenindustrie vermindert.

Hinsichtlich der Quantifizierung der sozialen Erträge durch ausländische FuE zeigen die Branchenstudien im Vergleich zu den Länderstudien niedrigere Effekte. Jacobs et al (2002) untersuchen elf Branchen in den Niederlanden. Sie bestätigen zum einen in ihrer Studie signi-

fikante interindustrielle Wissensspillovereffekte. Die private FuE-Elastizität (innerhalb einer Branche) liegt im Durchschnitt bei 37%. Dies korrespondiert in ihrer Untersuchung mit einer privaten Ertragsrate von FuE von 22%. Signifikante Wissensspillover aus den jeweils anderen Branchen im Inland ergeben sich mit einer FuE-Elastizität von 15%. Zum zweiten tragen auch Wissensflüsse aus dem Ausland zu signifikanten Produktivitätssteigerungen bei, wenngleich diese mit einer geschätzten FuE-Elastizität von 3% geringer ausfallen als die nationalen Effekte nationaler FuE. Auf Basis dieser Schätzungen ergeben sich insgesamt soziale Erträge aus FuE von etwa 30%. Bei der Interpretation des vergleichsweise niedrigen Werts der ausländischen Wissensspillover muss berücksichtigen werden, dass in dieser Studie nicht nur die verarbeitende Industrie, sondern die gesamte Volkswirtschaft betrachtet wird (Jacoby et al 2002). Bitzer und Stephan (2002) untersuchen neun Branchen des verarbeitenden Gewerbes für 12 OECD-Länder und finden eine Ertragsrate von 37% für den internen FuE Wissenskapitalstock und von 6% für den externen nationalen Wissenskapitalstock. Dagegen weisen auch sie nur einen geringen Effekt von 0.01% für den ausländischen Wissenskapitalstock aus, dessen Bedeutung aufgrund seiner Größe jedoch nicht zu vernachlässigen ist.

Mamuneas (1999) untersucht das öffentlich finanzierte FuE Wissenskapital anhand der Kostenstruktur von High-Tech-Branchen in den USA. Er findet, dass dieses Wissenskapital die variablen Kosten in allen untersuchten Branchen reduziert und ermittelt zwischen 1959 und 1989 für die USA eine soziale Ertragsrate von öffentlich finanziertem FuE von durchschnittlich 16%. Die ebenfalls analysierte Ertragsrate von privater FuE beträgt, je nach Branche, 9% bis 50% und von physischem Kapital 7% bis 30%. Aus dieser Studie von Mamuneas (1999) lässt sich kein stabiles Verhältnis von der privaten FuE-Ertragsrate und der Ertragsrate von physischem Kapital (Sachkapital) ableiten. Die private Ertragsrate von FuE ist für die untersuchten Branchen mal größer, mal gleich und mal geringer als die Ertragsrate des Sachkapitals.

Tab. 2-2: Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung privater und sozialer Ertragsraten auf Branchenebene

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Output-elastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhängige Vari-able.	Externer Wissenskapital-stock (WKS)
Buxton und Kenally (2004b)	UK	1970-1990	VG	0.95-1.54*	-	-	-	PF	BIP (Niveau)	-
Bernstein (1989)	Kanada	1963-1983	(1) Metallerzeugung (2) Metallbearbeitung (3) Maschinenbau (4) Transportbedarf (5) Elektro-Industrie (6) Gummi und Kunstst. (7) Erdölprodukte (8) Chemische Industrie (9) Gas- und Ölförderung	Brutto-Ertragsraten: 0.26 (1) 0.29 (2) 0.24 (3) 0.28 (4) 0.38 (5) 0.47 (6) 0.40 (7) 0.25 (8) 0.33 (9)	0.42 ⁺ (1) 0.29 ⁺ (2) 0.94 ⁺ (3) 0.29 ⁺ (4) 0.38 ⁺ (5) 0.89 ⁺ (6) 0.87 ⁺ (7) 0.81 ⁺ (8) 0.37 ⁺ (9)	-	-	KF	Variable Kosten	Summe des WKS der anderen Branchen
Bernstein (1997)	Kanada	1966-1989	(1) Elektro-Industrie, (2) Chemische Industrie (3) Nahrungsm. und Getr. (4) Metallbearbeitung (5) Maschinenbau (6) Mineralstoffe (7) Papier und Druck (8) Erdölprodukte (9) Metallerzeugung (10) Transportbedarf	0.172 (1 - 10)	1.10 ⁺ (1) 1.34 ⁺ (2) 0.86 ⁺ (3) 1.22 ⁺ (4) 1.36 ⁺ (5) 1.26 ⁺ (6) 1.81 ⁺ (7) 1.91 ⁺ (8) 1.46 ⁺ (9) 1.25 ⁺ (10)	-	-	KF	Variable Kosten	Summe des WKS der anderen Branchen, mit Lag
Bernstein (1998)	Kanada / USA	1962-1989	(1) Chemische Industrie (2) Elektro-Industrie (3) Nahrungsm. und Getr. (4) Metallbearbeitung (5) Maschinenbau (6) Mineralstoffe (7) Papier und Druck (8) Erdölprodukte (9) Metallerzeugung (10) Gummi und Kunstst. (11) Transportbedarf	Kanada / USA: 0.13 / 0.16	Kanada / USA ⁺ : 0.48 / 0.98 (1) 1.58 / 0.96 (2) 1.45 / 1.83 (3) 1.54 / 1.57(4) 1.62 / 0.85 (5) 1.11 / 1.32 (6) 1.26 / 0.99 (7) 1.26 / 1.11 (8) 0.52 / 1.11 (9) 1.55 / 0.44 (10) 0.32 / 0.88 (11)	-	-	KF	Variable Kosten	Summe des WKS der anderen Branchen

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Output-elastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhängige Variable	Externer Wissenskapitalstock (WKS)
Bernstein und Mohnen (1997)	USA / Japan	1963-1985	Nahrungsm. und Getr., Papier und Druck, Chemie-Industrie, Erdöl- und Kohleförderung, Glas-, Keramik- und Steinwaren, Metallherstellung und -verarbeitung, Maschinenbau, Elektro-Industrie, Instrumente	0.44 (Japan) 0.47 (USA)	0.44 ⁺ (Japan) 0.81 ⁺ (USA)	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	WKS des Auslands, mit Lag
Bernstein und Nadiri (1988)	USA	1958-1981	(1) Chemische Industrie (2) Maschinenbau (3) Elektro-Industrie (4) Transportgeräte (5) Instrumente	1961 / 1971 / 1981: (1) 0.19 / 0.13 / 0.13 (2) 0.16 / 0.27 / 0.24 (3) 0.20 / 0.15 / 0.22 (4) 0.09 / 0.10 / 0.12 (5) 0.17 / 0.17 / 0.16	1961 / 1971 / 1981 (1): 0.28 / 0.21 / 0.29 (2) 0.58 / 0.58 / 0.45 (3) 0.24 / 0.18 / 0.30 (4) 0.11 / 0.11 / 0.16 (5) 1.62 / 1.11 / 1.28	-	-	KF	Variable Kosten	Summe des WKS der anderen Branchen
Bernstein und Nadiri (1991)	USA	1957-1986	(1) Chemische Industrie (2) Metallbearbeitung (3) Maschinenbau (4) Elektro-Industrie (5) Transportgeräte (6) Instrumente	1965 / 1975 / 1985: (1) 0.25 / 0.21 / 0.22 (2) 0.20 / 0.22 / 0.22 (3): 0.19 / 0.22 / 0.25 (4) 0.22 / 0.15 / 0.27 (5) 0.20 / 0.18 / 0.23 (6) 0.19 / 0.29 / 0.28	1965 / 1975 / 1985: (1) 0.47 / 0.40 / 0.46 (2) 0.20 / 0.22 / 0.22 (3) 0.42 / 0.39 / 0.40 (4) 0.25 / 0.18 / 0.31 (5) 0.27 / 0.26 / 0.35 (6) 1.32 / 1.13 / 0.87	-	-	KF	Variable Kosten	Summe des WKS der anderen Produzenten, gewichtet mit geschätzten Gewichten
Bitzer und Stephan (2002)	12 OECD-Länder	1975-1997	9 Branchen des VG	0.37	0.06	0.01	0.04 (heimischer WKS) 0.01 (ausl. WKS)	PF	Arbeitsproduktivität (Niveau)	Heimischer und ausländischer WKS, berechnet mit SIM-Methode
Globerman (1972)	Kanada	1960-1968	13 Branchen (VG)	0.23	-	-	-	PF	Output (Wachstumsraten)	-
Goto und Suzuki (1989)	Japan	1976-1984	(1) Anorganische Chemie (2) Organische Chemie (3) Pharma (4) Glaswaren (5) Elektroindustrie (6) Elektr. u. Telekomm. (7) Fahrzeugbau	0.45 (1) 0.81 (2) 0.23 (3) 0.19 (4) 0.53 (5) 0.22 (6) 0.32 (7)	0.80	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	Wert von gekauften Zwischen- oder Investitionsgüter aus anderen Branchen

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Output-elastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhängige Vari-able.	Externer Wissenskapital-stock (WKS)
Griliches (1973)	USA	1958-1963		Bruttoertragsraten: 0.20 (private FuE) 0.30 (öffentliche FuE)	0.20	-	-	PF	TFP (Niveau)	FuE-Ausgaben der anderen Branchen
Griffith, Redding und van Reenen (2003)	OECD-Länder	1974-1992	13 Branchen des VG	0.43 (Within-Schätzer) 0.38 (IV-Schätzer)	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	-
Griliches und Lichtenberg (1984)	USA	1959-1978	VG	0.29 (1959-1968) 0.51 (1964-1973) 0.69 (1069-1978)	0.62 (1959-1968) 0.61 (1964-1973) 0.41 (1069-1978)	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	-
Hanel (1988)	Kanada			0.50	1.00	-	-			
Hanel und St.Pierre (2002)	Kanada / USA	1972-1990	Börsennotierte Firmen	0.008	-0.015	-	-	PF	Rentabilität (Niveau)	Summe des WKS der anderen Branchen, gewichtet nach technologischer Nähe
Jacobs, Nahuis und Tang (2002)	Niederlande	1973-1992	Nahrungsmittel/Getränke; Textilien/Bekleidung; Holz, Möbel, Baustoffe; Papier/Druck; Erdöl/Kohle; Gummi / Chemie; Metallindustrie; Energie-/Wasserversorgung; Anlagenbau; Kommunikations-Dienstleistungen; Transport/Lagerung; sonstige Dienstleistungen	0.22 (innerhalb des jew. Sektors)	Mindestens 0.30	0.37 (innerhalb des jew. Sektors)	0.15 (zwischen Sektoren) 0.03 (ausländ. Sektoren)	PF	TFP (Wachstumsraten)	Wachstumsraten des WKS anderer heimischer Sektoren bzw. des Auslandes, gewichtet nach Anteilen an Zwischenprodukten
Link (1978)	USA	1958, 1963	VG	0.19	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	-

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Outputelastizität	An-satz	Abhängige Variable	Externer Wissenskapitalstock (WKS)
Mamuneas (1999)	USA	1949-1991	(1) Chemische Industrie (2) Metallindustrie (3) Maschinenbau (4) Elektro-Industrie (5) Transportbedarf (6) Instrumente	0.09 (1) 0.50 (2) 0.28 (3) 0.13 (4) 0.08 (5) 0.19 (6)	0.05 (1) 0.008 (2) 0.01 (3) 0.008 (4) 0.008 (5) 0.005 (6)	-	-	KF	Variable Kosten	Sozialer Effekt entsteht nicht durch externen WKS sondern durch öffentliche FuE-Finanzierung
Mohnen und Lepine (1988)	Kanada	1975-1983	Gummi und Kunststoffe, Metallerzeugung und -bearbeitung, Maschinenbau, Flugzeugbau, Kommunikationsbedarf, Elektroindustrie, Erdölprodukte, Pharma, Chemie-Industrie, Instrumente	0.56	0.30	-	-	KF	Variable Kosten	-
Mohnen, Nadiri und Prucha (1986)	USA / Japan / Deutschland	1965-1978	VG	0.11 (USA) 0.15 (Japan) 0.13 (Deutschland)	-	<i>Kfr. / mfr. / lfr.:</i> <i>USA:</i> 0.16 / 0.31 / 1.00 <i>Japan:</i> 0.23 / 0.39 / 1.00 <i>Deutschland:</i> 0.20 / 0.35 / 1.00	-	KF	Variable Kosten	-
Nadiri und Prucha (1990)	USA / Japan	1960-1980	Elektroindustrie	-	-	<i>Kfr. / mfr. / lfr.:</i> <i>USA:</i> 0.14 / 0.24 / 0.82 <i>Japan:</i> 0.15 / 0.26 / 0.72	-	KF	Variable Kosten	-
O'Mahoney (1992)	UK			0.08						
Odagiri (1985)	Japan	1960-1977	VG	-	-	TFP: 1.75 (1960-1966) 3.15 (1966-1973) 1.57 (1973-1977)	TFP: -1.84 (1960-1966), -6.06 (1966-1973), 7.34 (1973-1977)	PF	TFP (Wachstumsraten); Wert schöpfung (hier nicht ausgewiesen)	Input-Güter anderer Branchen, gewichtet mit Handelsanteilen

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Ertragsrate	Private Output-elastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhängige Variable	Externer Wissenskapitalstock (WKS)
Rouvinen (2002b)	Finnland	1985-1997	VG	0.18	0.20	-	-	KF	Variable Kosten	-
Rouvinen (2002a)	12 OECD-Länder	1973-1997	14 Branchen des VG	-	-	0.06 (lfr.)	Langfristig keine inter-industriellen Spillovereffekte	PF	TFP (Wachstumsraten)	Summe der FuE-Ausgaben in anderen Sektoren
Scherer (1982, 1984)	USA	1973-1978	VG	0.29	0.74	-	-	PF	Arbeitsproduktivität, (Wachstumsraten)	FuE-Ausgaben der anderen Branchen
Sterlacchini (1989)	UK	1954-1984	Nahrungsmittel und Getränke, Tabak, Chemie-Industrie, Metallindustrie, Maschinenbau, Werkzeuge, Elektroindustrie, Fahrzeugbau, Textilien, Leder und Bekleidung, Holz und Möbel, Papier und Druck, sonstige VG	0.30 (1954-1973) 0.14 (1963-1973) 0.21 (1973-1979) 0.14 (1973-1984)	-	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	-
Sveikauskaus (1981)	USA	1959-1969	144 Branchen auf 3-Steller-Ebene	-	-	0.26	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	-
Terleckyi (1974)	USA			0.12-0.29	0.45-0.78	-	-	PF		
Terleckyi (1980)	USA			0.00	0.83	-	-	PF		
Wolff und Nadiri (1987)	USA	1951-1978	VG	0.11	0.39	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	FuE-Ausgaben der anderen Sektoren gewichtet mit Handelsanteilen

Anmerkungen: ⁺ Def. Bernstein: Soziale Ertragsrate = Private Ertragsrate plus Spillovers.

* Buxton und Kennally (2004) bezeichnen ihre geschätzte Ertragsrate zwar als „social gross excess rate of return“. Sie ergibt sich jedoch aus der Schätzung des Koeffizienten der eigenen FuE-Intensität und ist daher in den anderen Studien vergleichbar mit der privaten Ertragsrate.

VG: Verarbeitens Gewerbe; DL: Dienstleistungssektor; WKS: Wissenskapitalstock; PF: Produktionsfunktion; KF: Kostenfunktion; kfr: kurzfristig; mfr.: mittelfristig; lfr: langfristig.

Quelle: Eigene Darstellung.

2.4.3 Studien auf Unternehmensebene

Die Studien auf Länder- und Branchenebene lassen keinen direkten Rückschluss zu, wie hoch die private Ertragsrate von FuE-Aufwendungen bei den forschenden Unternehmen selbst ist. Diese Lücke schließen die empirischen Studien auf der Unternehmensebene. Hier kann den FuE-Investitionen eine durchschnittliche private Ertragsrate zugeordnet und darüber hinaus die sozialen Zusatzerträge der FuE-Aufwendungen bestimmt werden. Viele Studien sind auf die Analyse der privaten Ertragsrate von FuE beschränkt. Tab. 8-12 im Anhang fasst die wesentlichen Studien und deren Ergebnisse zusammen. Eine Minderheit untersucht neben der privaten Ertragsrate auch die durch Wissensspillover entstehenden sozialen Zusatzerträge. Eine Übersicht findet sich in Tab. 2-3.

Betrachtet man zunächst die privaten Effekte der Forschungstätigkeit, so liegt die geschätzte Outputelastizität in den meisten Studien zwischen 0.02 und 0.10. D.h. eine Ausweitung der FuE-Tätigkeit um 10% ist demnach mit einem jährlichen Produktivitätszuwachs von 0.2% bis 1% verbunden. Am unteren Bereich dieser Spannbreite sind die Studien von Wang und Tsai (2004) für taiwanesische Unternehmen und Los und Verspagen (2001) für die USA zu nennen, die beide einen Wert von 0.02 ausweisen. Bloom et al. (2007) finden für drei High-Tech-Branchen in den USA eine Elastizität von 0.05. In diesem Bereich bewegen sich auch die Studien von Kwon-Inui für japanische (0.04), Bartelsmann für niederländische (0.06) und Griliches und Mairesse (1984) für amerikanische (0.06) Unternehmen. Die Studien von Blanchard et al. (2004) und Cuneo und Mairesse (1983) kommen für französische Unternehmen sogar zu noch höheren Produktivitätseffekten aus eigener FuE-Tätigkeit (0.08-0.11 bzw. 0.1-0.2). Capron und Cincera (2001) weisen gar eine Ertragselastizität von 0.1, 0.15 und 0.25 für japanische, europäische bzw. amerikanische Unternehmen aus. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass sie nur große internationale Unternehmen betrachtet haben und damit eine sehr selektive Stichprobe.

Die Spanne der geschätzten privaten Ertragsraten aus FuE-Tätigkeit ist deutlich größer als die der Outputelastizitäten. In den meisten Studien liegen die privaten Ertragsraten zwischen 0.15 und 0.4; vgl. u.a. Bartelsmann et al. (1996): [0.12-0.3, Niederlande], Cincera (2001): [0.38, Belgien], Bond und Harhoff (2003): [0.19-0.38, Deutschland und Großbritannien], Griliches (1986): [0.33-0.39, USA], Griliches und Mairesse (1990): [0.2-0.25, USA], Kwon und Inui (2003): [0.16, Japan], Mansfield (1980): [0.29, USA], Rouvinen (2002b): [0.18, Finnland], Wakelin (2004): [0.27, Großbritannien], Link (1981) [0.19, USA], Schankerman und Nadiri (1986): [0.10-0.24, USA], Wang und Tsai (2004): [0.1-0.3, Taiwan], Hall und Mairesse (1995): [0.22-0.24, Frankreich]. Dies bedeutet, dass eine Erhöhung der FuE-Ausgaben um 1 Euro einen jährlichen Outputanstieg um 0.15-0.4 Euro zur Folge hat. Dies entspricht damit

einer Rendite von 15% - 40% auf die zusätzlich eingesetzten FuE-Ausgaben. In einzelnen Studien erreicht die Ertragsrate aber auch Werte von über 50% (Klomp und Van Leuven 2002) und mehr.

Die Auflistung der empirischen Ergebnisse verdeutlicht, dass es zahlreiche Studien für die USA gibt. Dagegen sind die Studien über die Ertragsraten von FuE in Deutschland rar. So kommt Bardy (1974) in seiner Studie speziell für die chemische Industrie in Deutschland zu einer vergleichsweise hohen privaten Ertragsrate von 92-97%. Bond et al (2003) betrachten Deutschland und Großbritannien und ermitteln eine private Ertragsrate zwischen 19% und 38%. Harhoff (1998) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Er schätzt eine private Outputelastizität von FuE von 9% und damit verbunden eine private Ertragsrate von ca. 22%.

Hinsichtlich der Messung der sozialen Erträge auf Unternehmensebene kann man generell festhalten, dass die meisten Studien signifikant positive soziale Erträge aus fremder FuE bestätigen können. In der bislang einzigen Studie auf Unternehmensebene für Deutschland ermittelt Harhoff (2000) eine Outputelastizität für externes FuE-Kapital von 1,4 % (Medianwert, unteres Quartil: -2%, oberes Quartil: 5%).

Jaffe (1986) weist für amerikanische Unternehmen ebenfalls signifikante positive externe Effekte der FuE-Aufwendungen nach, wobei in dieser Studie das aus FuE neu generierte ökonomisch verwertbare Wissen in Form von Patenten gemessen wird. Jaffe findet, dass eine durchschnittliche Erhöhung aller FuE-Aufwendungen um 10% zu einer durchschnittlichen Erhöhung an Patenten um 20% führt. Dabei resultiert mehr als die Hälfte dieses Anstiegs aus Spillovereffekten. Dieser hohe Anteil der Wissensspillover könne erklärt werden, wenn man die verwertbaren FuE-Ergebnisse als teilweise öffentliches Gut ansähe. Aus Sicht der Unternehmen sind die Auswirkungen von Wissensspillover auf die Gewinnentwicklung interessant. Daher untersucht Jaffe die Auswirkungen der eigenen FuE der Unternehmen, die Wissensspillover und die Interaktion dieser beiden Größen miteinander. Dabei findet er, dass die direkten Wissensspillover eine negative Wirkung auf die Gewinnentwicklung haben und erst mit ausreichend hohen eigenen FuE-Aktivitäten für das einzelne Unternehmen eine positive Wirkung entfalten (1986). Dieses Ergebnis stützt ebenfalls die These über das Absorptionsvermögen, da die Wissensspillover hier erst in der Kombination mit den unternehmenseigenen FuE-Aktivitäten positive Effekte hervorbringen. Weiter kann aus diesem Ergebnis gefolgert werden, dass sich ohne entsprechende FuE-Aktivitäten die Wettbewerbsposition eines Unternehmens verschlechtert und dies nicht allein durch die Nutzung des externen Wissenskapitalstock ausgeglichen werden kann.

Bloom et al (2005) untersuchen Unternehmen in den USA aus drei High-Tech-Sektoren. Sie kommen ähnlich wie Jaffe, wenngleich in einem anderen Ansatz, zu dem Ergebnis, dass die

sozialen Erträge die privaten Erträge aus FuE übersteigen. In ihrer Studie übersteigen die sozialen Erträge die privaten Erträge sogar um das dreieinhalfache. Diese hohen sozialen Zuschäftsüberschüsse dürften sich aber zum Teil auch damit erklären lassen, dass speziell High-Tech-Sektoren betrachtet werden. Bloom et al. untersuchen ferner Spillovereffekte nach Unternehmensgröße. Sie folgern aus ihren Ergebnissen, dass der übliche Fokus von Förderprogrammen auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit Blick auf die soziale Ertragsrate unangebracht sei. Die sozialen Erträge von subventionierten „kleinen“ Unternehmen seien deutlich geringer als die von „großen“ Unternehmen. Für diese Analyse wurde die Größe der Unternehmen anhand der Beschäftigtenzahl festgelegt. Unternehmen mit einer Beschäftigten unterhalb des Medians (3.500 Beschäftigte) wurden der Gruppe der kleineren und die oberhalb der Gruppe der größeren Unternehmen zugeordnet. Bloom et al. begründen ihr Ergebnis damit, dass kleinere Unternehmen vermehrt in technologischen Nischen aktiv sind und daher durchschnittlich geringere Wissensspillover generieren. Größere Unternehmen seien dagegen technologisch sehr viel enger verbunden und generieren entsprechend größere Wissensspillover.

Der Einfluss von internem und externem FuE-Kapital auf die Produktivitätsentwicklung von Unternehmen in verschiedenen Branchen des verarbeitenden Gewerbes wurden von u.a. von Tsai und Wang (2004), Harhoff (2000) und Los und Verspagen (2001) untersucht. Die beiden erstgenannten Studien unterscheiden dabei nur zwischen High-Tech und Low-Tech-Branchen. Los und Verspagen differenzieren dagegen stärker, in dem sie High-Tech-, Medium-Tech- und Low-Tech-Unternehmen untersuchen. Tsai und Wang (2004) nehmen an, dass zwischen der Investition in FuE und den positiven Auswirkungen auf die Produktivitätsentwicklung eine Zeitspanne von durchschnittlich zwei Jahren besteht und binden die FuE-Aufwendungen entsprechend verzögert in die ökonometrische Analyse ein. Sie finden für Unternehmen aus dem High-Tech-Sektor eine vergleichsweise hohe private FuE-Outputelastizität (0.30). Die private Elastizität für die anderen Unternehmen des traditionellen verarbeitenden Gewerbes ist, je nach Modellvariante, deutlich geringer (0.06) oder nicht signifikant. Die aus diesem Ergebnis ableitbare private FuE-Ertragsrate beträgt durchschnittlich über alle Branchen 23 bis 25%. Sie liegt für die Unternehmen aus dem High-Tech-Sektor bei 38%, wohingegen die FuE-Ertragsrate der übrigen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes 8 bis 10% beträgt.

Harhoff (2000) zu dem Ergebnis, dass in den 70er und 80er Jahren in Deutschland sowohl die privaten als auch die sozialen Erträge aus FuE im High-Tech-Sektor größer als im Low-Tech-Sektor gewesen sind. Während die Unternehmen des High-Tech-Sektors durch eine Verdopplung ihrer FuE-Ausgaben ihren Produktionsoutput um 12-13% steigern können, liegt dieser Wert bei den Low-Tech-Unternehmen nur bei 3-4%. Der Nutzen aus externer FuE ist der Studie zufolge im High-Tech-Sektor mit 7-21% ebenfalls deutlich größer als im Low-Tech-

Sektor, wo die Effekte nur gering oder gar negativ gewesen sind (Medianwert: -1.7%, Quartilsabstand: -5%–1%). Im Gegensatz dazu kommen Los und Verspagen (2001) zu dem Ergebnis, dass die Spillovereffekte im Medium-Tech-Sektor am größten ausfallen. Die geschätzte Elastizität ist für Unternehmen aus diesen Branchen etwa doppelt so hoch wie für High-Tech-Unternehmen. Low-Tech-Unternehmen weisen nur demgegenüber nur eine geringfügig kleinere soziale Outputelastizitäten auf als High-Tech-Unternehmen. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass ein Teil der Branche, die in Harhoff (2000) zum High-Tech-Sektor zählen, in der Studie von Los und Verspagen dem Medium-Tech-Sektor zuzurechen sind.

Tsai und Wang (2004) untersuchen darüber hinaus speziell die sozialen Erträge, die von den FuE-Investitionen aus dem High-Tech-Sektor auf das Produktivitätswachstum der Unternehmen auf das sonstige verarbeitenden Gewerbe ausgehen. Sie finden, dass die übrigen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes von der FuE des High-Tech-Sektors profitieren, wenngleich die entsprechende Outputelastizität mit 0.01 relativ klein ist.

Poldahl (2006) untersucht die Wirkung von FuE-Aufwendungen schwedischer Unternehmen der verarbeitenden Industrie unter dem Einfluss von nationalen und internationalen Wissensspillover. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung des internationalen Wissenskapitalstocks um 1% eine Erhöhung des Produktivitätswachstums (schwedischer) Unternehmen von 9,5% zur Folge hat. Die Tatsache, dass Schweden eine kleine offene Volkswirtschaft ist, wird von Poldahl (2006) als Erklärung angeführt, dass der Import von Zwischenprodukten und die damit einhergehenden internationalen Wissensspillover eine so große Bedeutung haben.

Blanchard et al. (2004) konzentrieren sich allein auf die Frage, wie hoch Spillovereffekte innerhalb von einzelnen *Unternehmensgruppen* sind. Sie können für Frankreich zeigen, dass einzelne Unternehmen in einer Unternehmensgruppe in Form höherer Produktivität von dem Wissen profitieren, das andere Unternehmen innerhalb der Gruppe im Rahmen von FuE-Aktivitäten generiert haben. Mit einer geschätzten sozialen Ertragsrate von rund 0.7 ist der Effekt deutlich größer als in den meisten anderen Studien. Dies ist jedoch wenig verwunderlich angesichts der Tatsache, dass nur Spillovereffekte innerhalb von Unternehmensgruppen betrachtet werden, da vermutet werden kann, dass sich zum einen die Unternehmen in einer Gruppe technologisch näher sind und zum anderen das Wissen innerhalb einer Gruppe weniger stark geschützt ist. Ein im Hinblick auf die Rolle von absorptiven Fähigkeiten zunächst erstaunliches Ergebnis ist die Tatsache, dass Unternehmen, die keine eigene FuE betreiben, stärker von den FuE-Aktivitäten der anderen Unternehmen in der Gruppe profitieren als Unternehmen, die selber FuE betreiben. Dieses Ergebnis dürfte jedoch der Tatsache geschuldet sein, dass die Organisationsstruktur der FuE in Unternehmensgruppen differiert und in manchen Gruppen FuE zentral von einem (oder einigen wenigen) Unternehmen für alle Unternehmensteile durchgeführt wird.

In der Literatur werden die FuE Aufwendungen üblicherweise nicht nach der Art des Innovationsziels unterschieden. Buxton und Kennally (2004) modellieren dagegen jeweils einen FuE-Wissenskapitalstock für Produkt- und einen für Prozessinnovationen. Sie finden eine negative soziale Zusatzertragsrate für produktorientierte FuE und eine positive für prozessorientierte FuE. Sie erklären dieses Ergebnis damit, dass innovative Produkte im Gegensatz zu Prozessinnovationen rasch von Dritten imitiert werden. Somit müssten FuE-finanzierende Unternehmen ihren Ertrag aus Produktinnovationen schnell maximieren, was die sozialen Zusatzerträge begrenzt. Ornaghi (2006) kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der von Produktinnovationen ausgehende Effekt stärker ist.

Los and Verspagen (2000) nutzen verschiedene Maße zur Messung technologischer Nähe, um Wissensspillover von Marktspillovers zu unterscheiden. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Effekte durch Marktspillover geringer sind als durch Wissensspillover. Allerdings muss man anmerken, dass es schwierig ist, empirisch zwischen Wissen- und Marktspillover zu unterscheiden (Van Pottelsberghe 1997). Dies liegt an der engen Korrelation der Indikatoren für die interindustriellen Beziehungen, die den jeweiligen Effekt kennzeichnen. Los and Verspagen (2000) schätzen daher die Effekte aufgrund der Multikollinearität beider Größen getrennt. Damit können die Effekte jedoch nicht eindeutig separiert werden. Weiter dürfte gerade die Messung von Marktspillover mit hohen Messfehlern behaftet sein. Ihre unter Berücksichtigung von möglicher Kointegration geschätzten langfristigen Elastizitäten sind höher als die kurzfristig geschätzten Elastizitäten.

Als bislang einzige Studie untersucht Ejermo (2004) den Effekt von Wissensspillover auf Unternehmen, die selbst *keine* FuE betreiben. Dazu analysiert er Querschnittsdaten von 264 in FuE investierende und rund 160.000 nicht in FuE investierende Unternehmen in Schweden. Er findet signifikante, wenngleich auch sehr geringe durchschnittlich soziale Erträge auf die bisher nicht FuE treibenden Unternehmen. In der Summe über alle Unternehmen erreichen sie gleichwohl eine nicht zu unterschätzende Dimension.

Wie lassen sich nun die verschiedenen Ergebnisse einordnen? Neben der Tatsache, dass es sich um unterschiedliche Stichproben handelt (unterschiedliche Länder, unterschiedliche Zeiträume, unterschiedliche Branchen, Einschränkung auf eine Teilgruppe an Unternehmen), sind auch methodische Fragen von Belang:

- So spielt, wie bereits im Kapitel 2.3 erläutert, die Frage eine Rolle, ob eine Bereinigung um Doppelzählungen vorgenommen wurde und damit die Tatsache, ob eine Ertragsrate („rate of return“) oder eine Zusatzertragsrate („excess rate of return“) geschätzt wird.

- Weiter sind im allgemeinen die geschätzten Effekte in Studien mit Querschnittsdaten kleiner (Verspagen 1997, Ejermo 2004).
- Die Wahl des Indikators für die technologische Nähe kann ebenfalls Auswirkungen auf die Ergebnisse haben (Harhoff 2000). So wird eine Gewichtung mittels Patenten tendenziell die reinen Wissensspillover messen, wohingegen bei der Gewichtung mittels FuE-Kategorien auch Informationen über die Marktlage erfasst würden. Bloom et al (2005) gewichten den externen Wissenskapitalstock mittels Patenten und geben die soziale Outputelastizität mit 0.11 an. Los und Verspagen (2000), die ebenfalls Patente zur Gewichtung nutzen, ermitteln eine vergleichsweise hohe soziale Outputelastizität von 0.5. Dagegen kommt Harhoff (2000), der FuE-Kategorien zur Gewichtung des externen Wissenskapitalstock heranzieht, auf eine vergleichsweise geringe soziale Outputelastizität von -0.03 bis 0.08. Welchen Einfluss die Gewichtungsmethode auf die Schätzergebnisse hat, kann aus den vorliegenden Studien jedoch nicht geschlossen werden, da die Ergebnisse wesentlich durch das weitere Design der Studie beeinflusst wird.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die meisten Studien einen signifikanten Einfluss von FuE auf die Produktivität nachweisen, wenngleich die Höhe mit der Art der Daten, dem Aggregationsniveau und der Schätzmethode variiert. Auf Unternehmensebene zeigt sich im Durchschnitt eine Elastizität von eigener FuE zwischen 0.1 bis 0.3, d.h. 10% bis 30%. Die geschätzte private Ertragsrate liegt zwischen 0.2 und 0.5. Auf Industrieebene liegen die geschätzten Elastizitäten zwischen 8 und 30% und die Ertragsrate durchschnittlich zwischen 0.2 und 0.4. Die sozialen Zusatzeffekte von FuE in Form von Wissensspillover sind in den meisten Studien deutlich größer als die direkten Effekte von FuE. So variiert die soziale Ertragsrate von FuE auf der Industrieebene zwischen 20% und 100%, wobei sie durchschnittlich bei 50% liegt. Auch hier variiert die Höhe der Wissensspillover, je nach dem, ob intra- oder interindustrielle Spillover, ob der öffentliche oder private Wissenskapitalstock, unterschiedliche Länder oder internationale Wissensspillover untersucht werden.

Tab. 2-3: Literaturüberblick: Wesentliche Studien zur Schätzung privater und sozialer Ertragsraten auf Unternehmensebene

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Zusatz-ertragsrate	Private Out-putelastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhängige Va-riable	Berechnung des ex-ternen Wissens-kapi-talstocks (WKS)
Bernstein (1988)	Kanada	1978-1981	Nahrungsmittel und Getränke, Papier und Grundstoffe, Metallindustrie, Maschinenbau, Flugzeugbau, Elektro-Industrie, Chemische Industrie	0.12	0.19-0.26 ⁺	-	-	KF	Variable Kosten	Intraindustrieller und interindustrieller WKS
Blanchard-Huiban-Sevestre (2004)	Frankreich	1994-1998	12 Sektoren aus Landwirtschaft, Industrie und Dienstleistungen	0.80-1.10	0.70 (nur innerhalb der eigenen Unternehmensgruppe)	0.08-0.11	0.07	PF	Wertschöpfung (Niveau)	WKS einer Unternehmensgruppe (berechnet ohne die FuE des jeweiligen Unternehmens i)
Bloom, Schankerman und van Reenen (2005)	USA	1981-2001	3 High-Tech-Branchen	-	-	0.05	0.11	PF	Umsatz (Niveau)	Summe der WKS aller anderen Unternehmen der Stichprobe (um eine Periode verzögert), gewichtet nach technologischer Nähe (4 alternative Distanzmaße)
Capron und Cincera (2001)	USA / Japan / EU	1987-1994	International ausgerichtete Firmen	-	-	USA / Japan / EU: 0.25 / 0.10 / 0.15	USA / Japan / EU: 0.56 / 0.28 / 0.12 Internationaler WKS: 0.35 / 0.97 / -0.12	PF	Umsatz (Wachstumsraten)	WKS anderer Unternehmen im Stichprobe, gewichtet nach technologischer Nähe; Unterscheidung national/internationaler WKS
Cororaton (1999)	Philippines	1982-1996	Primärer Sektor / Industrie / Dienstleistungen	0.60 / 0.12 / 0.61	0.02 / 0.00 / 0.01	-	-	PF	TFP (Niveau)	Summe der FuE-Aufwendungen anderer Sektoren, gewichtet mit Input-Output-Matrizen (nur interindustrielle Spillovers)

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Zusatzertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Outputelastizität	An-satz	Abhängige Variable	Berechnung des externen Wissens-kapitalstocks (WKS)
Deng (2005)	USA	1979-1998	Halbleiter-Industrie	-	-	Nicht deflationiert/ deflationiert: 0.12 / 0.13 (Semi-Elastizität WKS/Aktiva)	Nicht deflationiert/ deflationiert 0.46 / 0.60 (Semi-Elastizität WKS/Aktiva)	PF?	Tobins Q	Patente anderer Unternehmen
Ejermo (2004)	Schwe-den	1995	FuE und Nicht-FuE treibende Unternehmen des VG	0.23	0.002 (Effekt auf FuE treibende Unternehmen), 0.001 (Effekt auf Nicht-FuE treibende Unternehmen)	-	-	PF	TFP (Niveau)	3 alternative Maße: Summe der FuE-Aufwendungen anderer Firmen, gewichtet (1) mit Input-Output-Matrix, (2) EPO-Matrix; (3) technologischer Nähe auf Basis von FuE-Ausgaben nach Produktkategorien
Gopinath und Roe (2000)	USA	1960-1991	(1) Nahrungsm. (2) Landwirtschaft (3) Landwirtsch. Maschinenbau	1971 / 1981 / 1991: (1) 0.40 / 0.51 / 0.25 (2) 0.98 / 1.00 / 0.77 (3) 0.24 / 0.25 / 0.18	1971 / 1981 / 1991: (1) 0.43 / 0.57 / 0.27 (2) 1.00 / 0.99 / 0.78 (3) 0.32 / 0.28 / 0.27	-	-	KF	Variable Kosten	WKS der anderen Sektoren
Harhoff (2000)	Deutsch-land	1977-1989	VG	-	-	ges.: 0.05-0.10 HT: 0.12-0.13 LT: 0.03-0.04	ges.: -0.02-0.05 HT: 0.07-0.21 LT: -0.05-0.01	PF	Umsatz (Wachstumsraten)	WKS aller anderen Unternehmen, gewichtet auf Basis von FuE-Ausgaben nach Produktkategorien

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Zusatz-ertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Output-elastizität	An-satz	Abhän-gige Va-riable	Berechnung des ex-ternen Wissens-kapi-talstocks (WKS)
Jaffe (1986)	USA	1965-1979	VG	-	-	<i>3SLS-Schätzungen für Gewinn / Tobins Q:</i> 0.18 / 3.31 (OLS und Erste Differenzen-Schätzungen ebenfalls durchgeführt, hier nicht dargestellt)	<i>3SLS-Schätzungen für Gewinn / Tobins Q:</i> -0.10 plus 0.06 mal logarithmierter externer WKS / -0.06 plus 0.80 mal logarithmierter externer WKS (OLS- sowie Erste Differenzen-Schätzungen ebenfalls durchgeführt, hier nicht dargestellt)	PF	Gewinn / Tobins Q	FuE-Ausgaben der anderen Firmen, gewichtet mit technologischer Nähe
Los und Verspagen (2000)	USA	1974-1993	VG	Gesamt: 0.03 HT: 0.16; LT: 0.01; MT: 0.01 (eigene Berechnung)	Gesamt: 1.17 HT: 0.57 MT: 1.33; LT: 10.17 (eigene Berechnung)	Gesamt: 0.02 HT: 0.10 MT: 0.0 LT: 0.0	Gesamt: 0.42 HT: 0.34 MT: 0.56 LT: 0.31	PF	Arbeitsproduktivität (Niveau)	Vier alternative Maße: Summe der FuE-Ausgaben aller anderen Unternehmen (1) ungewichtet; (2) gewichtet mit der Yale Patentmatrix; (3) gewichtet mit einer Patent-Outflow-Inflow-Matrix (Industrie-ebene) auf Basis der Informationen über Haupt- und Neben-IPC-Klassen in Patetten; (4) wie (3) unter Einschränkung, dass nur Patente mit „additional non-claimable information“ verwendet werden

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Soziale Zusatzertragsrate	Private Outputelastizität	Soziale Outputelastizität	An-satz	Abhängige Variable	Berechnung des externen Wissens-kapitalstocks (WKS)
Poldahl (2006)	Schwe-den	1990-2000	Unternehmen des VG mit mind. 50 Mitarbeitern	0.01	Horizontal: 0.012 Vertikal: 0.178 International: 0.095	-	-	PF	TFP (Wachstumsraten)	Auf Basis von Input /Output-Tabellen gewichtete FuE-Intensitäten (horizontal / vertikal / internat.)
Rouvinen (2002b)	Finnland	1985-1997	VG	0.18	0.20	-	-	KF	Variable Kosten	-
Suzuki (1993)	Japan	1981-1989	9 "Kernfirmen" und 17 weitere Firmen (Subunternehmen) der Elektro-Industrie	0.20 (Kernfirmen) 0.15 (Subuntern.)	0.04 (Kostenersparnis durch Spillover von WKS anderer Kernfirmen) 0.08 (Kostenersparnis durch Technologietransfer) (Werte nur für Kernfirmen)	-	-	KF	Variable Kosten	Wissenskapitalstock der andern Kernfirmen bzw. Firmen innerhalb einer Firmengruppe
Wakelin (2001)	UK	1988-1996	170 börsennotierte Unternehmen des VG	0.27	Horizontal: 0.31 (n.s.) Vertikal: -0.08 (n.s.)	-	-	PF	Arbeitsproduktivität (Niveau)	Ungewichtete FuE-Intensität der eigenen Branche und gewichtete FuE-Intensität anderer Branchen (Gewichtungsmatrix auf Basis der Angaben der SPRU-Innovationsdaten über den Sektor, in dem die Innovation hergestellt und in dem sie genutzt wird)
Wang-Tsai (2004)	Taiwan	1994-2000	VG, Unterscheidung von HT und LT	0.38 (HT) 0.08-0.10 (LT)	-	0.05 (HT) 0.05 (LT)	0.01 (von HT auf LT)	PF	Wertschöpfung	FuE Ausgaben des High-Tech-Sektors, gewichtet nach Handelsanteilen

Anmerkungen: ⁺ Def. Bernstein: Soziale Ertragsrate = Private Ertragsrate plus Spillovers. n.s.: nicht signifikant. VG: Verarbeitendes Gewerbe; DL: Dienstleistungssektor; PF: Produktionsfunktion; KF: Kostenfunktion; WKS: Wissenskapitalstock; HT: High-Tech; MT: Medium-Tech; LT: Low-Tech.

Quelle: Eigene Darstellung.

3 Empirische Untersuchung sozialer Erträge aus FuE-Tätigkeit für Deutschland

Dieses Kapitel widmet sich der Frage nach der Höhe der privaten Erträge und sozialen Zusatzerträge aus der FuE-Tätigkeit in Deutschland im Zeitraum 1991-2005. Ein Ziel dieser Studie ist es, die Ergebnisse mit denen der Studie von Harhoff (2000) zu vergleichen, der diese Frage für den Zeitraum 1977-1989 untersucht hat. Der Aufbau der Studie orientiert sich daher stark an das Vorgehen von Harhoff (2000). Darüber hinaus werden jedoch auch eine Reihe zusätzlicher Analysen durchgeführt. Inhaltlich stehen dabei folgende Fragen im Blickpunkt der Untersuchung:

- Inwieweit haben sich die privaten Erträge aus FuE-Tätigkeit und damit der Anreiz für deutsche Unternehmen in FuE zu investieren im Zeitablauf verändert?
- Hat sich die Höhe der sozialen Zusatzerträge im Zeitablauf verändert? Denkbar wäre zum Beispiel, dass Unternehmen auf Grund der verbesserten Kommunikationsmöglichkeiten in stärkerem Ausmaß von Wissenspillovern profitieren als noch in den 70er und 80er Jahren. Die verstärkten Patentaktivitäten deutscher Unternehmen und damit das stärkere Vorhandensein kodifizierten Wissens könnte ebenfalls einen Einfluss auf die Höhe der Wissensspillover gehabt haben.
- Inwieweit profitieren unterschiedliche Unternehmensgruppen unterschiedlich stark von Wissensspillovern? Neben der bereits in Harhoff (2000) durchgeführten Unterscheidung in High- und Low-Tech-Unternehmen werden private und soziale Erträge aus Forschung und Entwicklung zusätzlich für junge und alte Unternehmen, große sowie kleine und mittlere Unternehmen oder west- und ostdeutsche Unternehmen betrachtet.
- Welche Rolle spielen Wissensspillover und damit soziale Zusatzerträge für Unternehmen im Dienstleistungssektor, der in den vergangenen beiden Jahrzehnten deutlich an Bedeutung gewonnen hat? Die Referenzstudie konnte mangels Datenverfügbarkeit nur Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes betrachten.
- Profitieren Unternehmen primär vom Wissen anderer Unternehmen aus der eigenen Branche (horizontale Wissensspillover) oder welche Rolle spielt das Wissen, das in anderen Branchen generiert wird für die eigene Innovationstätigkeit und damit letztlich für das Produktivitätswachstum (vertikale Wissensspillover)?
- Eng damit verknüpft ist die Frage, welche Rolle insbesondere Unternehmen aus dem High-Tech-Sektor für die Generierung von Wissensspillovern zukommt, sowohl für

andere High-Tech-Unternehmen als auch für Unternehmen aus dem Medium- oder Low-Tech-Sektor.

Im Folgenden wird in einem ersten Abschnitt das in dieser Studie verwendete empirische Modell erläutert. Der zweite Abschnitt stellt die verwendeten Daten vor, die dieser Studie zu Grunde liegen. Im anschließenden Abschnitt 3.3 folgt eine Beschreibung der Messung der für das Modell relevanten Variablen. Die Konstruktion der Variablen erlaubt bereits einige interessante deskriptive Analyse, unter anderem nach der technologischen Nähe zwischen Branchen. Der Abschnitt 3.4 stellt den Schwerpunkt des Kapitels dar und beschäftigt sich eingehend mit dem Ausmaß privater und sozialer Erträge aus FuE-Tätigkeit in Deutschland auf Basis verschiedener Regressionsanalysen.

3.1 Empirisches Modell und Schätzverfahren

In Anlehnung an das in der Literatur gängige Vorgehen (siehe Kapitel 2.2) wurde für die empirische Analyse ebenfalls eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion als Ausgangsgleichung spezifiziert, die in logarithmierter Form lautet:¹²

$$s_{it} = a_i + \lambda t + \alpha c_{it} + \beta l_{it} + \gamma k_{it} + \theta w_{it} + u_{it} \quad (3.1)$$

Wie bereits in Kapitel 2.2 erläutert, kommt in diesem Modellansatz den Parametern γ und θ eine besondere Interpretation zu. γ ist die private Outputelastizität und lässt sich interpretieren als der prozentuale Zuwachs der Produktion eines Unternehmens, wenn der eigene Wissenskapitalstock um 1 Prozent zunimmt. θ ist analog die Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks und gibt an, um wie viel Prozent der Output eines Unternehmens steigt, wenn sich der externe Wissenskapitalstock um 1 Prozent erhöht. Diese Elastizität ist damit ein Maß für die Spillovereffekte der Forschung- und Entwicklungstätigkeiten dritter Unternehmen auf das Produktionsniveau des jeweils betreffenden Unternehmens i. Da dieser Koeffizient annahmegemäß gleich ist für alle Unternehmen, ist er umgekehrt auch ein Maß für die von Unternehmen i ausgehenden Spillovereffekte. Für diese Elastizität wird im Folgenden auch der Begriff soziale Outputelastizität verwendet. Jede der Definitionen unterstellt, dass der Einsatz der jeweils anderen Produktionsfaktoren unverändert bleibt.

α, β, γ und θ lassen sich nicht direkt in den Daten beobachten, können aber anhand der vorliegenden Daten geschätzt werden. Dies kann auf unterschiedliche Weise geschehen und in der empirischen Untersuchung werden die Ergebnisse für drei verschiedene Modellvarianten vorgestellt.

Modellvariante I:

Unter der Annahme konstanter Skalenerträge für alle Inputfaktoren, d.h. $\mu = \alpha + \beta + \gamma + \theta = 1$, kann man die obige Gleichung (3.2) auch wie folgt schreiben:

$$s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \gamma(k_{it} - l_{it}) + \theta(w_{it} - l_{it}) + u_{it} \quad (3.2)$$

In dieser Variante steht links die (logarithmierte) Arbeitsproduktivität und als erklärende Größen werden die verschiedenen (logarithmierten) Kapitalstöcke jeweils pro Beschäftigten herangezogen. Ob die Annahme konstanter Skalenerträge zutreffend ist, kann man testen, indem die Anzahl der Beschäftigten noch einmal separat in die Gleichung aufnimmt und testet, ob der Koeffizient signifikant von Null verschieden ist:¹³

$$s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \gamma(k_{it} - l_{it}) + \theta(w_{it} - l_{it}) + (\mu - 1)l_{it} + u_{it} \quad (3.3)$$

Der Störterm u in Gleichung (3.4) fasst den Einfluss aller Größen zusammen, die einen Einfluss auf die Produktivität haben, die jedoch nicht im Datensatz beobachtet werden können. Unter der Annahme, dass der Störterm u bestimmten Eigenschaften¹⁴ genügt, kann man Gleichung (3.4) mit Hilfe der einfachen Kleinstquadrat-Methode (OLS) schätzen. Befinden sich unter den nicht-beobachtbaren Einflussgrößen jedoch auch unternehmensspezifische-zeitkonstante Erklärungsgrößen (sogenannte individuelle Effekte)¹⁵, die zugleich mit einer oder mit allen der beobachtbaren erklärenden Variablen (z.B. dem Sachkapitalstock) korrelieren, dann

¹² Im Gegensatz zu Kapitel 2.2 wurde hier mangels Datenverfügbarkeit keine Materialaufwendungen berücksichtigt.

¹³ Die Gleichung wurde alternativ auch unter der Annahme geschätzt, dass sich die Annahme der konstanten Skalenerträge nur auf die konventionellen Inputs Arbeit und Kapital (Mairesse und Sassenou 1991) oder auf alle firmenspezifischen Inputfaktoren bezieht (Los und Verspagen 2000). Unter der ersten Annahme lautet die Schätzgleichung: $s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \gamma k_{it} + \delta w_{it} + (\mu - 1)l_{it} + u_{it}$, unter der zweiten Annahme ergibt sich folgende Gleichung: $s_{it} - l_{it} = a_i + \lambda t + \alpha(c_{it} - l_{it}) + \gamma(k_{it} - l_{it}) + \delta w_{it} + (\mu - 1)l_{it} + u_{it}$. Auf die geschätzten Elastizitäten α, β, γ und θ sollte dies keinen Einfluss haben, nur auf die Höhe und Interpretation des Koeffizienten der Beschäftigungsvariablen l (Los und Verspagen 2000). Die Ergebnisse der geschätzten Outputelastizitäten weisen auch nur geringe Unterschiede auf. Da insgesamt die Güte der Schätzung besser war, wenn alle Kapitalstöcke jeweils pro Beschäftigten gemessen wurden, wurde im folgenden diese Annahme gewählt. Im Tabellenanhang werden für das Basismodell auch die Ergebnisse für die alternativen Annahme gegeben. Die Annahme konstanter Skalenerträge ist ohnehin kritisch zu sehen, da der Datensatz keine Angaben zu den Materialaufwendungen enthält.

¹⁴ Der Störterm muss die Bedingungen für weißes Rauschen erfüllen. D.h. der Erwartungswert des Störterms muss 0 sein ($E(u_{it}) = 0$), die Varianz muss gleich sein für alle Individuen und für alle Zeitpunkte ($E(u_{it}^2) = \sigma^2$) und die Störterme korrelieren weder für einzelne Individuen im Zeitablauf noch korrelieren sie zwischen den Individuen.

¹⁵ Formal bedeutet dies, dass der Störterm aus zwei Komponenten besteht: $u_{it} = \eta_i + \varepsilon_{it}$. η_i fasst den Einfluss aller nicht-beobachtbaren Größen auf die Produktivität zusammen, die zwischen den Unternehmen variieren können, aber für jedes Unternehmen über die Zeit konstant sind. ε_{it} sind nicht-beobachtbare Produktivitätseinflüsse, die in der Zeit und zwischen den Unternehmen variieren können.

würde der einfache OLS-Schätzer zu verzerrten und inkonsistenten Ergebnissen führen. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn das eingesetzte Sachvermögen oder der Arbeitseinsatz auch von der (nicht-beobachtbaren) Organisationsstruktur im Unternehmen abhängt. Um diesem Problem zu begegnen, gibt es zwei gängige Alternativen in der Literatur. Beide laufen darauf hinaus, die individuellen Effekte durch eine geeignete Transformation zu eliminieren. Die erste Möglichkeit besteht darin in Gleichung (3.4) alle Variablen um ihren individuellen Mittelwert zu bereinigen und die so transformierte Gleichung mit der OLS-Methode zu schätzen. Dies bezeichnet man als Fixed-Effects-Schätzung (FE-Schätzung).¹⁶

Modellvariante 2:

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die zeitkonstanten individuellen Effekte durch Bilden der ersten Differenz zu eliminieren. Bildet man die erste Differenz der Gleichung (3.4), dann erhält man folgende Gleichung:

$$\Delta(s_{it} - l_{it}) = a_i + \lambda\Delta t + \alpha\Delta(c_{it} - l_{it}) + \gamma\Delta(k_{it} - l_{it}) + \theta\Delta(w_{it} - l_{it}) + (\mu - 1)\Delta l_{it} + \Delta u_{it} \quad (3.4)$$

Im Unterschied zu Variante 1 steht hier als erklärende Größe nicht die Arbeitsproduktivität, sondern die Differenz der logarithmierten Arbeitsproduktivität, was näherungsweise der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität entspricht.

Modellvariante 3:

Ähnlich wie Gleichung (3.4) in ersten Differenzen geschätzt werden kann, kann auch Gleichung (3.2) selbst in ersten Differenzen ausgedrückt werden:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda\Delta t + \alpha\Delta c_{it} + \beta\Delta l_{it} + \gamma\Delta k_{it} + \theta\Delta w_{it} + \Delta u_{it} \quad (3.5)$$

Im Unterschied zu der Modellvariante 2 wird hier nicht die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität modelliert, sondern die Wachstumsrate des Umsatzes. Während in der Literatur Modellvariante 2 stärker verbreitet ist, präsentierte Harhoff (1998, 2000) Ergebnisse für Modellvariante 3. Aus ökonometrischer Sicht sollten beide Varianten konsistente¹⁷ Schätzergebnisse für die private und soziale Outputelastizität der FuE-Tätigkeit liefern.

¹⁶ Diese Bereinigung um den individuellen Mittelwert bezeichnet man auch als Within-Transformation und den Schätzer daher als Within-Schätzer.

¹⁷ Konsistenz ist eine Eigenschaft von Schätzern für *große* Stichproben und besagt, dass sich die Schätzfunktion (z.B. die geschätzte private Outputelastizität) mit wachsendem Stichprobenumfang N (asymptotisch) immer mehr dem unbekannten wahren Parameter (der wahren privaten Outputelastizität) annähert. Konsistenz ist erfüllt, wenn der Schätzer asymptotisch erwartungstreue ist und die Varianz des Schätzers asymptotisch gegen Null geht.

Wie bereits in Kapitel 2.2. erläutert wird in allen drei Ansätzen die Outputelastizitäten des internen und externen Wissenskapitalstocks geschätzt, die dazu verwendet werden kann, die private und soziale Ertragsrate zu schätzen. Dies wird auf Basis des in Kapitel 2.2 beschriebenen Vorgehens durchgeführt.

Modellvariante 4:

Alternativ zu der eben beschriebenen indirekten Methode zur Schätzung der privaten und sozialen Erträge von FuE, wird in der Literatur häufig ein anderes Vorgehen herangezogen und die Ertragsraten direkt geschätzt. Setzt man (2.7) und (2.9) in Gleichung (3.5) ein, vernachlässigt die Abschreibungen auf die Wissenskapitalstöcke und nimmt zusätzlich an, dass die privaten und sozialen Ertragsraten konstant über alle Unternehmen und im Zeitablauf sind, dann ergibt sich folgende Gleichung, wobei R die eigenen Ausgaben für FuE darstellen und E die FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \beta \Delta l_{it} + \rho \frac{R_{it}}{S_{it}} + \pi \frac{E_{it}}{S_{it}} + \Delta u_{it} \quad (3.6)$$

In Modellvariante 4 wird die Wachstumsrate des Umsatzes also unter anderem erklärt durch die eigene FuE-Intensität R/S und das Verhältnis der FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen zum Umsatz E/S . Die anhand der Daten geschätzten Koeffizienten $\hat{\rho}$ und $\hat{\pi}$ lassen sich direkt als private Ertragsrate bzw. als soziale Zusatzertragsrate interpretieren. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass keine Wissenskapitalstöcke berechnet werden müssen. Sie sind allerdings nicht unmittelbar mit den indirekt berechneten Ertragsraten vergleichbar, da es im Gegensatz zu den Modellvarianten 1 bis 3 in diesem Ansatz annahmegemäß keine Abschreibungen auf die beiden Wissenskapitalstöcke gibt. Man bezeichnet die so ermittelten Ertragsraten daher auch als Bruttoertragsraten. Die FuE-Intensitäten der gleichen Periode können sich jedoch aus zwei Gründen als problematisch erweisen. Zum einen müssen die in den Innovationsprozess eingesetzten Mittel erst in Innovationsergebnisse umgesetzt werden, bevor diese dann zu Produktivitätssteigerungen führen können. Hier muss man also mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung rechnen. Zum anderen sind die FuE-Aufwendungen bezogen auf den Umsatz S , zugleich die erklärende Variable. Griliches und Lichtenberg (1984) argumentieren, dass dies sowohl zu Scheinkorrelation als auch fehlender Korrelation führen kann. Daraus wird in der Literatur die Verwendung von Lags vorgeschlagen (z.B. Buxton und Kennally 2004). Dieser Vorschlag wird in der folgenden Analyse aufgegriffen und die um zwei Perioden verzögerten FuE-Intensitäten gewählt.

Goto and Suzuki (1989) schlagen alternativ vor, folgende Gleichung zur Berechnung der Ertragsraten zu verwenden:

$$\Delta s_{it} = a_i + \lambda \Delta t + \alpha \Delta c_{it} + \beta \Delta l_{it} + \rho \frac{\Delta K_{it}}{S_{it}} + \pi \frac{\Delta W_{it}}{S_{it}} + \Delta u_{it} \quad (3.7)$$

Da hier die beiden Wissenskapitalstöcke abzüglich der jeweiligen Abschreibungen benutzt werden, bezeichnet man die so ermittelten Ertragsraten auch als Nettoertragsraten.

3.2 Datenquellen

3.2.1 FuE-Erhebung der Wissenschaftsstatistik im Stifterverband

3.2.1.1 Erhebungsmethode

Die wesentliche Datengrundlage dieser Studie bildet die FuE-Erhebung im deutschen Wirtschaftssektor, die von der Wissenschaftsstatistik GmbH im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft unter der Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt wird.¹⁸ Die FuE-Erhebungen enthalten neben einigen allgemeinen Unternehmenscharakteristika (wie Umsatz, Beschäftigte, Investitionen) detaillierte Informationen über das FuE-Verhalten der Unternehmen. Auf die im Rahmen dieser Studie verwendeten Informationen wird in Abschnitt 3.3 detaillierter eingegangen.

Basis der Erhebung ist das sogenannte Frascati-Handbuch, ein innerhalb der OECD international abgestimmtes Regelwerk (OECD 2002). Gemäß dem Frascati-Handbuch sind dem Wirtschaftssektor Unternehmen und Institutionen zuzurechnen, deren Haupttätigkeit die Produktion von Gütern und Dienstleistungen und deren Angebot am Markt ist. Neben den Unternehmen zählen auch die sogenannten Institutionen für Gemeinschaftsforschung (IfG) zum Wirtschaftssektor. Deren Bedeutung ist angesichts des Gesamtumfangs an FuE-Aktivitäten des Wirtschaftssektors allerdings gering.

Die der Erhebung zugrunde liegende Grundgesamtheit besteht aus Unternehmen, IfG und Verbänden, von denen angenommen werden durfte, dass sie FuE betreiben. Kriterien für diese Annahme sind im Wesentlichen die Unternehmensgröße, Branchenzugehörigkeit, Teilnahme an Förderprogrammen, Patentanmeldungen sowie externe Informationen wie z.B. Pressemitteilungen bzgl. Forschungsergebnisse oder neuer Produkte. In dem Sinne, dass alle Unternehmen angeschrieben werden, bei denen FuE-Aktivitäten vermutet werden können, handelt es sich um eine Vollerhebung innerhalb des Wirtschaftssektors. Diese Vorgehensweise deckt sich auch mit anderen OECD-Mitgliedern. Dennoch ist klar, dass auch FuE-

¹⁸ Die Erhebung der übrigen Sektoren (Hochschulen, Staat) erfolgt durch das Statistische Bundesamt.

Aktivitäten außerhalb dieser Gruppe nicht ausgeschlossen werden können, die bezüglich der Gesamtsumme allerdings realistischerweise als gering eingeschätzt werden müssen.

Die FuE-Daten des Stifterverbands bildeten ebenfalls die Basis für die bislang zentrale Studie zur Messung sozialer Erträge in Deutschland von Harhoff (2000). Dieser Studie lag der Zeitraum 1977-1989 zu Grunde. Da eine zentrale Zielsetzung des Projekts darin besteht zu untersuchen, ob und inwieweit sich soziale Erträge von FuE im Zeitablauf verändert haben, wird im Folgenden auf der Zeitraum 1991-2005 untersucht.¹⁹ Da die Erhebung alle 2 Jahre als Vollerhebung durchgeführt wird, stehen somit insgesamt 8 Wellen zur Verfügung. Bei den Erhebungen des betrachteten Zeitraums 1991–2005 sind zwischen knapp 11.400 und 21.100 Berichtseinheiten erfasst bzw. angeschrieben worden,²⁰ darunter zwischen 8.150 und 11.830 mit FuE (vgl. Tab. 3-1).

Die Anzahl der ausgewerteten Berichtseinheiten ist jedoch nicht der Anzahl der ausgewerteten Unternehmen gleichzusetzen, da z.B. die Meldung einer Unternehmensgruppe mehrere Tochterunternehmen enthalten kann. Die Vollständigkeit der Erhebung wird daher nicht über die Anzahl der Berichtseinheiten gemessen, sondern durch die Gegenüberstellung der durch die FuE-Erhebung erfassten Beschäftigten mit der in der amtlichen Statistik ausgewiesenen Zahl. Tab. 3-2 zeigt für die Erhebung 2003 die entsprechenden Anteile der erfassten Beschäftigten an den Gesamtbeschäftigten für das verarbeitende Gewerbe sowie ausgesuchte Branchen.

¹⁹ Eine Zusammenführung der Daten beider Zeiträume gestaltete sich als schwierig. Dies ist zum einen darin begründet, dass das Stichprobe vor 1990 nur westdeutsche Unternehmen beinhaltete, deren Branchenstruktur sich deutlich von ostdeutschen Unternehmen unterscheidet und damit zu deutlichen Sprüngen in den externen Kapitalstöcken geführt hätten. Ein weiteres Problem ergab sich aus der Umstellung in der Wirtschaftszweigklassifikation von WZ79 auf WZ93, die in vielen Fällen keine eindeutige Transformation auf 2-Steller-Ebene geschweige denn auf 3-Steller-Ebene erlaubt. Im hier vorliegenden Datensatz wurde die Umstellung im Jahr 1995 durchgeführt. Im Jahr 1995 erhielt der Datensatz für die in dem Jahr teilnehmenden Unternehmen Angaben zum Wirtschaftszweig nach beiden Klassifikationen. Damit wurden WZ79-Angaben für die Jahre 1991 und 1993 in WZ93-Angaben transformiert. Für Unternehmen, die nicht 1995, aber 1991 oder 1993 teilgenommen haben, wurde auf Basis von Konkordanzen oder falls nötig manuell eine Transformation vorgenommen. Eine manuelle Transformation für alle Wellen vor 1991 wäre mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden gewesen.

²⁰ Vgl. Anmerkungen zu Tab. 3-1.

Tab. 3-1: Berichtseinheiten der Erhebung 1991 - 2005

Jahr	Erfasste Berichtseinheiten			
	Unternehmen		IfG	
	insgesamt	... darunter mit FuE	insgesamt	... darunter mit FuE
1991	20300 ²⁾	11700	490	130
1993	20735 ²⁾	11458	356	123
1995 ¹⁾	17868 ²⁾	10639	352	146
1997	12079	10552	133	113
1999	14711	9934	217	133
2001	12998	8959	213	139
2003	11288	8012	146	140
2005	12248	8044	178	146

Anmerkungen: 1) Bis 1995 in der Erhebung angeschriebene Berichtseinheiten; ab 1997 erfasste Berichtseinheiten.

2) Erhöhung der erfassten Unternehmen ist auf Erweiterung im Nachgang der Wiedervereinigung zurückzuführen.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des Stifterverbands.

Tab. 3-2: Anteil der durch die Erhebung erfassten Beschäftigten an den Beschäftigten insgesamt¹⁾ im verarbeitenden Gewerbe nach Beschäftigtengrößenklassen 2003

Wirtschaftszweige	Anteil der Beschäftigten der erfassten Unternehmen mit ... und mehr Beschäftigten in %			
	20	100	500	1000
Verarbeitendes Gewerbe	55.4	65.3	83.2	93.3
<i>darunter:</i>				
Chemische Industrie	78.9	82.8	94.0	100.1 ²⁾
Maschinenbau	61.7	70.5	79.9	85.9
H. v. Büromaschinen, DV-Geräten und Einr., Elektrotechnik., Feinmechanik und Optik	73.0	82.4	99.0	107.4 ²⁾
Fahrzeugbau	85.4	86.5	93.2	97.1

Anmerkungen: 1) Anteil an den Beschäftigten insgesamt lt. Statistischem Bundesamt, Reihe 4.2.1, Tabelle 1.1.2. 2) Überrepräsentation durch Konzernmeldungen, in denen Tochterunternehmen aus anderen Wirtschaftsgruppen enthalten sind.

Quelle: Beschäftigte insgesamt: Statistisches Bundesamt, Beschäftigte der FuE-Erhebung: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des Stifterverbands.

3.2.1.2 Konstruktion des Paneldatensatzes

Die einzelnen Wellen der FuE-Erhebungen wurden im Rahmen des Projekts zu einem Paneldatensatz aufgebaut. Paneldaten zeichnen sich dadurch aus, dass Unternehmen zu verschiedenen Zeitpunkten beobachtet werden. Somit stellen Paneldaten eine Kombination aus Querschnitts- und Zeitreihendaten dar. Die Konstruktion des Paneldatensatzes orientierte sich an den in Harhoff (1994) beschriebenen Kriterien, um eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die verschiedenen Zeiträume zu gewährleisten. Dabei wurde in zwei Schritten vorgegangen.

In einem ersten Schritt wurde ein Ausgangspaneldatensatz erzeugt, der nur Unternehmen, aber keine IfG berücksichtigte. Darüber hinaus wurden Unternehmen in den Jahren aus dem Datensatz ausgeschlossen, in denen es keine Meldung oder eine durch das Unternehmen bes-

tätigte Schätzung der Daten gibt. Dadurch sollte vermieden werden, dass durch Imputationen Zusammenhänge zwischen den Variablen in die Daten hineinprojiziert werden, die die mikro-ökonometrische Analyse beeinflussen können.²¹ Eine Ausnahme hiervon bildete die Information über die Investitionen in Sachkapital, die im Datensatz nur für den Zeitraum 1991-2001 verfügbar ist. Auf diese Problematik und deren Handhabung wird in Abschnitt 3.3 näher eingegangen. Darüber hinaus wurden aus schätztechnischen Gründen von vornherein nur solche Unternehmen in den Datensatz aufgenommen, die im Beobachtungszeitraum mindestens zweimal vertreten waren. Nach den beschriebenen Filtern verblieben 6709 Unternehmen mit 23987 Beobachtungen im Panel (Panel A).

In einem zweiten Schritt wurde der letztlich für die Schätzung verwendete Paneldatensatz bestimmt. Folgende Kriterien wurden dabei angewandt:

1. Es wurden nur solche Unternehmen einbezogen, die in mindestens 4 aufeinander folgenden Erhebungen teilgenommen haben. Diese Einschränkung war nötig, um eine hinreichend lange Zeitreihe für die Berechnung des Sachkapitalstocks und der Wissenskapitalstöcke für die einzelnen Unternehmen zu haben.
2. Unternehmen, die in allen beobachteten Jahren keine Investitionen getätigt haben, wurden ausgeschlossen, da in diesem Fall kein Sachkapitalstock berechnet werden konnte.
3. Extreme Beobachtungswerte wurden ausgeschlossen. Als Ausreißer definiert und ausgeschlossen wurden Unternehmen²²
 - mit einem Beschäftigungs- oder Umsatzwachstum von mehr als 400%.;
 - mit log. FuE-Aufwendungen pro Beschäftigten, die größer (kleiner) als der Medianwert plus (minus) 3mal dem Interquartilsabstand sind;
 - mit einer log. Arbeitsproduktivität, die größer (kleiner) als der Medianwert plus (minus) 3mal dem Interquartilsabstand ist;
 - deren Anteil der FuE-Beschäftigten an den Gesamtbeschäftigten gleich 1 ist.

²¹ Im Falle einer fehlenden Angabe für die FuE-Aufwendungen könnte eine Schätzung dieser FuE-Aufwendungen auf Basis des Umsatzes zu einem stärkeren Zusammenhang zwischen Produktivität und FuE führen als ursprünglich in den Daten enthalten.

²² Alternativ wurde auch eine großzügigere Definition der von Ausreißern getestet. Hinsichtlich der geschätzten durchschnittlichen Outputelastizitäten der Wissenskapitalstöcke zeigten sich nur geringfügige Unterschiede.

Nach Anwendung dieser Kriterien verblieben insgesamt 1636 Unternehmen, für die 8343 Beobachtungen vorlagen (Panel B). Die Anwendung dieser Vorgaben führte damit zu einer erheblichen Reduktion des Datensatzes. Tab. 3-1, die die Verteilung der Beobachtungen nach Jahren darstellt, zeigt, dass von dieser Reduktion die ersten beiden Erhebungswellen 1991 und 1993 relativ stärker betroffen sind. Insgesamt stellt sich die Frage, inwieweit diese Auswahlkriterien möglicherweise eine Verzerrung der Stichprobe zur Folge haben und damit später zu verzerrten Schätzungen der privaten und sozialen Erträge von FuE führen. Um dies zu überprüfen, vergleicht Tab. 3-4 zumindest für die beiden Panel A und B, für die vollständige Informationen vorliegen, einige Kernindikatoren. Der durchschnittliche Umsatz und die Anzahl der Beschäftigten sind etwas höher im Panel B, das zur Schätzung herangezogen wird. Dagegen zeigen sich sowohl für die Arbeitsproduktivität als auch für deren Wachstumsrate und die FuE-Intensität nur sehr geringfügige Unterschiede in beiden Datensätzen. Eine einfache Probitschätzung für die Wahrscheinlichkeit in Panel B zu sein in Abhängigkeit von der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität, der FuE-Intensität und Indikatorvariablen für die Branchenzugehörigkeit und das Jahr bestätigt, dass weder die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität noch die FuE-Intensität signifikant mit der Teilnahme in Panel B korrelieren. Insgesamt lässt sich aus diesen Ergebnissen folgern, dass Selektionsprobleme wenn überhaupt eine untergeordnete Rolle spielen und zumindest von dieser Seite keine verzerrten Schätzungen der privaten und sozialen Erträge der FuE-Tätigkeiten zu erwarten sind.

Tab. 3-3: Teilnahmeverhalten nach Jahren 1991-2005

Jahr	FuE-Erhebung	Ausgangspanel (Panel A)		Für Schätzung verwendetes Panel (Panel B)	
		absolut	In % der Spalte 2	absolut	In % der Spalte 2
1991	11830	2255	19.06	583	4.93
1993	11581	2829	24.43	857	7.40
1995	10985	3453	31.43	1210	11.02
1997	10665	3014	28.26	1381	12.95
1999	10067	3554	35.30	1469	14.59
2001	9098	3408	37.46	1260	13.85
2003	8142	3031	37.23	911	11.19
2005	8190	2443	29.83	672	8.21

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des Stifterverbands und ZEW.

Im Vergleich zu der Vorgängerstudie von Harhoff (2000) kann festgestellt werden, dass die hier betrachtete Stichprobe mehr kleinere Unternehmen enthält. Zwar ist die durchschnittliche Beschäftigtenzahl mit 1253 Beschäftigten größer als in der Referenzstudie, diese Kennzahl wird allerdings durch einige Großunternehmen nach oben getrieben. Der Median der Be-

schäftigtenzahl ist dagegen kleiner (102 Beschäftigte im Vergleich zu 305).²³ Das gleiche Muster kann auch beim Umsatz festgestellt werden. Die betrachteten Unternehmen erzielen einen durchschnittlichen Umsatz von rund 250 Mill. Euro pro Jahr. Im Durchschnitt geben die Unternehmen knapp 9% ihres Umsatzes für FuE-Aufwendungen aus. Dieser Wert liegt ebenfalls deutlich höher als in der Vergleichsstudie (2.3%). Dies lässt sich zum einen dadurch erklären, dass mehr kleine Unternehmen in der Untersuchung sind, die vielfach höhere FuE-Intensitäten aufweisen aufgrund der im Zuge von FuE entstehenden Fixkosten, die nur auf einen geringeren Umsatz verteilt werden. Darüber hinaus umfasst diese Studie auch einige FuE-Dienstleistungsunternehmen, die i.d.R. eine vergleichsweise hohe FuE-Intensität aufweisen. Der Anteil der FuE-Investitionen an den Gesamtinvestitionen ist mit durchschnittlich 4% etwa vergleichbar groß in beiden Studien (3.8 % für das unbalancierte Panel in der Referenzstudie).

Tab. 3-4: Vergleich der Kernindikatoren in Panel A und Panel B

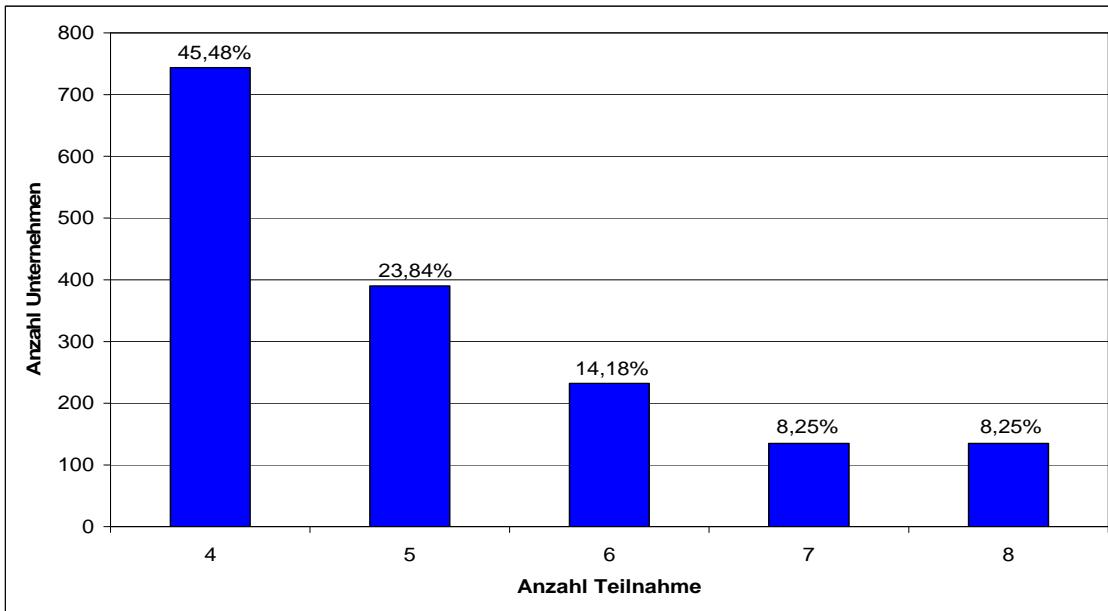
	Panel A	Panel B	
	Mittelwert	Median	Mittelwert
Umsatz*	155.710	10.097	250.618
Gesamtbeschäftigte	808.275	96	1252.639
Arbeitsproduktivität*	0.135	0.109	0.134
Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität (in %)	15.455	6.397	15.612
FuE-Intensität	0.096	0.040	0.094

Anmerkung: * real, in Mill. Euro.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Beim Panel B handelt sich um ein unbalanciertes Panel, in dem die Unternehmen unterschiedlich häufig, mindestens jedoch 4mal beobachtet werden. Abb. 3-1 stellt die Teilnahmehäufigkeit dar. Danach haben 45% der Unternehmen viermal in Folge, 24% fünfmal, 14% sechsmal und jeweils 8% sieben- und achtmal teilgenommen.

²³ Der Medianwert von 102 bedeutet, dass 50% der Unternehmen weniger als 102 Beschäftigte haben. Darüber hinaus ist auch die Streuung nach Unternehmensgröße kleiner geringer als in der Vorgängerstudie. Dies lässt sich am Interquartilsabstand erkennen (325 im Vergleich zu 2593). Der Interquartilsabstand ergibt sich aus der Differenz des 75% (=oberes Quartil) und 25% (=unteres Quartil) Perzentils (361-36=325). Es besagt, die die mittleren 50% der Unternehmen zwischen 36 und 361 Beschäftigten haben und damit eine Spannweite in den Beschäftigten von 325.

Abb. 3-1 Panelpartizipation (Panel B)

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.2.2 Weitere Datenquellen

Den Daten der FuE-Erhebung wurden verschiedene Information aus anderen Datenquellen hinzugespielt. Dabei handelt es sich um

- Daten der amtlichen Statistik (Preisindizes, Bruttoanlagevermögen, Bruttoinvestitionen auf Branchenebene),
- Angaben zum Unternehmensalter und zum Sachanlagevermögen vom Verband der Vereinte Creditreform,
- Angaben zum Sachanlagevermögen aus dem vom ZEW, infas und dem ISI Karlsruhe im Auftrage des BMBF erhobenen Mannheimer Innovationspanel und
- Angaben zu Patenten vom Europäischen Patentamt.

Diese werden an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Detaillierte Informationen finden sich dazu im folgenden Abschnitt 3.3 bei der Beschreibung der Messung der verwendeten Variablen.

3.3 Messung der Kernvariablen und deskriptive Statistiken

Die Messung und Konstruktion der Variablen für die empirische Analyse orientiert sich in ihrer Basisspezifikation ebenfalls weitestgehend dem in Harhoff (1994) vorgeschlagenen Vorgehen um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Je nach Modellvariante

wird entweder der Produktionsoutput oder die Arbeitsproduktivität (im Niveau oder in Wachstumsraten) erklärt. Diese beiden Größen werden wie folgt in der empirischen Untersuchung gemessen:

Produktionsoutput

Der Produktionsoutput S eines Unternehmens wird gemessen anhand des realen Umsatzes des Unternehmens. Angaben zur Wertschöpfung sind im Datensatz nicht vorhanden und können auf Grund fehlender Angaben zu Material- und Energieaufwendungen auch nicht berechnet werden.

Die FuE-Erhebung enthält den nominalen Umsatz. Zur Deflationierung wurde im verarbeitenden Gewerbe der Erzeugerpreisindex auf Branchenebene (WZ 3-Steller) vom Statistischen Bundesamt genommen. In einigen Fällen lagen keine Informationen über Erzeugerpreise auf WZ 3-Steller-Ebene vor.²⁴ In diesen Fällen wurde der Erzeugerpreis auf WZ 2-Steller-Ebene gewählt. Im Dienstleistungssektor sind Angaben zur Preisentwicklung auf disaggregierter Ebene bislang nur für einige wenige Branchen verfügbar. Hier wurden alternativ für bestimmte Branchen (wie z.B. im Transportwesen) spezifische Dienstleistungskomponenten des Verbraucherpreisindex oder aber die allgemeine Dienstleistungskomponente des Verbraucherpreisindex gewählt. Tab. 3-5 gibt einen Überblick über die verwendeten Deflatoren im Dienstleistungssektor. Sämtliche Informationen über Preisindizes stammen aus der Zeitreihen-Datenbank Genesis des Statistischen Bundesamtes.

²⁴ Dabei handelt es sich um die WZ 3-Steller: 14.3, 14.5, 18.3, 20.5, 23.1, 23.3, 25.1, 33.3 und 35.3.

Tab. 3-5: Deflatoren im Dienstleistungssektor

WZ Klassifikation	Branche	Preisindex
51	Großhandel	Großhandelspreisindex (bis 1994 allgemeiner Verbraucherpreisindex)
50, 52	Einzelhandel (inkl. Reparatur)	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
60.1	Eisenbahnen	Preisindex für die Personenbeförderung im Eisenbahnverkehr
60.2, 60.3	Landverkehr (ohne Eisenbahn)	Verbraucherpreisindex, nach Bereich Verkehr
61	Schifffahrt	Index der Seefrachtraten in der Linienfahrt
62	Luftfahrt	Preisindex für die Beförderung im Luftverkehr
63	Hilf- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	Verbraucherpreisindex, nach Bereich Verkehr
64.1	Post- und Kurierdienste	Preisindizes für Postdienstleistungen
64.1	Fernmeldedienste	Preisindizes für Telekommunikationsleistungen
65-67	Bank- und Versicherungswesen	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
71	Vermietung	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
72	Datenverarbeitung und -banken	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
73	Forschung und Entwicklung	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
74	Unternehmensnahe Dienstleist.	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen
90	Entsorgung	Verbraucherpreisindex, Komponente Dienstleistungen

Anmerkung: Alle Preisindizes sind in der Genesis-Datenbank des Statistischen Bundesamtes entnommen

Quelle: Eigene Darstellung.

Arbeitsproduktivität

Die Arbeitsproduktivität S/L wird gemessen als realer Umsatz eines Unternehmens S pro Beschäftigten L . Die Zahl der Beschäftigten L wird dabei korrigiert um die in der Forschung tätigen Beschäftigten. Wie bereits im Kapitel 2 erläutert, ist diese Art der Korrektur in vielen Datensätzen nicht möglich. Um zu überprüfen, welche quantitative Bedeutung diese Korrektur für die Messung der Erträge aus FuE hat, werden in Abschnitt 3.4.3.2 alternativ die nicht-korrigierten Beschäftigtenzahlen (Gesamtbeschäftigtzahlen) zur Berechnung der Arbeitsproduktivität verwendet.

Tab. 3-6 gibt einen Überblick über die der empirischen Analyse zu Grunde liegenden Größen. Die durchschnittliche reale Arbeitsproduktivität betrug demnach in dem Zeitraum 1991-2005 134 Tsd. €. Die durchschnittliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität belief sich auf rund 15 Prozent in 2 Jahren. Dieser Wert wird jedoch von einigen sehr hohen Wachstumsraten getrieben. 50% der Unternehmen konnten eine 2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität von 7% erzielen, also etwa 3,5% pro Jahr.

Tab. 3-6: Deskriptive Statistiken

	Mittelwert	Standard-abweichung	25 % Perzentil	Median	75 % Perzentil	99 % Perzentil
Umsatz*	250.618	1689.744	2.820	10.296	52.123	4413.082
Gesamtbeschäftigte	1252.639	8752.855	36	102	361	20806
Nicht-FuE-Beschäftigte	1160.313	8447.201	30.830	96	337	19130
Arbeitsproduktivität bezogen auf Gesamtbe-	0.134	0.155	0.070	0.106	0.159	0.546

beschäftigte*						
Arbeitsproduktivität bezogen auf Nicht-FuE-Beschäftigte*	0.154	0.174	0.080	0.120	0.181	0.623
2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität (in %)	15.612	47.105	-5.518	7.034	23.250	208.138
Investitionen und Sachkapital						
Investitionen in Sachkapital*	21.338	235.385	0.064	0.363	1.902	334.042
FuE-Investitionen*	0.861	6.523	0.0002	0.024	0.113	19.115
Korrigierte Investitionen in Sachkapital*	20.465	232.906	0.047	0.302	1.676	321.997
Sachkapitalbestand (nicht korrigiert)*	293.202	3101.013	1.776	6.504	29.110	5617.893
Sachkapitalbestand (korrigiert)*	278.163	3071.829	1.461	5.514	25.604	4945.281
FuE-Investitionen und interner Wissenskapitalstock						
FuE-Aufwendungen*	13.225	102.357	0.166	0.405	1.579	280.432
Interne FuE-Aufwendungen*	10.918	81.557	0.157	0.387	1.463	235.322
FuE-Intensität	0.094	0.175	0.020	0.047	0.102	0.762
Interne FuE-Intensität	0.088	0.160	0.019	0.044	0.096	0.712
Interner Wissenskapitalstock*	71.858	521.583	0.977	2.290	8.775	1624.622
Externer Wissenskapitalstock						
Ungewichteter externer Wissenskapitalstock*	207549.4	24704.85	190488.3	203895.1	226013.5	258793.1
Nach FuE-Ergebnisbereichen gewichteter externer Wissenskapitalstock*	15036.43	12277.18	2961.877	14134.51	22972.96	50676.55
Nach Patentenklassen gewichteter externer Wissenskapitalstock*	28849.31	14153.11	19525.15	25934.99	36777.14	73363.29

Anmerkung: * real, in Mill. Euro.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Der Umsatz und die Arbeitsproduktivität werden durch folgende Größen erklärt. Dabei wird je nach Modellvariante das Niveau oder die Wachstumsrate der Größe zu Grunde gelegt:

Sachkapitalstock

Die FuE-Erhebung enthält keine direkten Angaben zum Sachvermögen der Unternehmen, jedoch Informationen über Investitionen in Sachanlagen sowie über Investitionen im Rahmen von FuE-Projekten. Unter bestimmten und in der Literatur gängigen Annahmen kann jedoch auf Basis der Investitionsangaben ein Kapitalstock berechnet werden. Wie bereits bei der Definition der Beschäftigtenzahl soll hier nur der Sachkapitalstock betrachtet werden, der nicht im Rahmen von FuE-Prozessen aufgebaut wurde. Daher werden im Folgenden von den gesamten Investitionen in Sachanlagen die FuE-Investitionen abgezogen (= *korrigierte Investitionen in Sachanlagen*). Als Deflator für die korrigierten Investitionen in Sachkapital wurde der Investitionsgüterpreisindex vom Statistischen Bundesamt herangezogen. Auf Basis der vorliegenden Angaben kann der Sachkapitalstock C_{it} , der den Bestand an Sachvermögen eines Unternehmens zu Beginn des Jahres misst, nach der Kumulationsmethode wie folgt ermittelt werden:

$$C_{it} = (1 - d_{k,t-1})C_{i,t-1} + I_{i,t-1} \quad (3.10)$$

I misst dabei die korrigierten Investitionen in Sachanlagen und d_{it} die Abschreibungsrate in Jahr t . Da die FuE-Erhebung nur alle zwei Jahre durchgeführt wird, werden die fehlenden Investitionsangaben letztlich mittels einer linearen Interpolation berechnet als

$$C_{i,t} = (1 - d_{k,t-1})(1 - d_{k,t-2})C_{i,t-2} + (1 - d_{k,t-1})I_{i,t-2} + 0.5(I_{i,t} + I_{i,t-2}) \quad (3.11)$$

Ein Problem für die Analyse privater und sozialer Erträge von FuE, das sich im Zuge des Projekts herauskristallisierte, ist die Tatsache, dass in der FuE-Erhebung Informationen zu Investitionen in Sachkapital nur für die Jahre 1991-2001 vorliegen. In den Erhebungen 2003 und 2005 wurde diese Information nicht mehr abgefragt. Zudem erwies sich die Anzahl fehlender Angaben für diese Frage auch in den anderen Erhebungsjahren als relativ hoch (rund 35%). Um die empirische Analyse dennoch auf einen möglichst breiten Pool an Unternehmen basieren zu können, wurde diesem Problem auf dreierlei Weise begegnet. (i) Für die Unternehmen, die an der FuE-Erhebung teilnehmen, ist dem Stifterverband die vom Verband der Vereinte Creditreform vergebene Unternehmenskennziffer (Crefo-Nummer) bekannt.²⁵ Creditreform stellt für einen Teil der Unternehmen detaillierte Bilanzdaten, und damit auch Angaben über Investitionen in Sachkapital, bereit. Diese wurden über die Unternehmenskennziffer nach manueller Konsistenzprüfung den FuE-Daten zugespielt. (ii) Darüber hinaus wurden die FuE-Daten über die Unternehmenskennziffer auch mit dem Mannheimer Innovationspanel (MIP) verknüpft.²⁶ Das MIP enthält ebenfalls Angaben zu den Bruttoinvestitionen in Sachkapital, die genutzt wurden, sofern das Unternehmen für das betreffende Jahr im MIP geantwortet hatte. (iii) Angaben zu Investitionen in Sachkapital wurden auf Basis der bekannten Angaben für Investitionen in FuE imputiert. Es wurden sowohl Längsschnittimputationen (auf Basis unternehmensspezifischen durchschnittlichen Verhältnisses von Sachkapitalinvestitionen zu FuE-Investitionen in den Jahren 1991-2001) als auch Querschnittsimputationen (auf Basis des Medians des Verhältnisses von Sachkapitalinvestitionen zu FuE-Investitionen in einer Branche) getestet. Die Ergebnisse erwiesen sich als relativ robust. Hier dargestellt sind die Ergebnisse auf Basis der Querschnittsimputationen.

Der für die Ermittlung des jahresspezifischen Sachkapitalbestandes notwendige Anfangskapitalbestand wurde ermittelt nach der in der Fachliteratur gängigen *Growth-Accounting*-Me-

²⁵ Creditreform, die größte deutsche Kreditauskunftei, stellt gleichzeitig dem ZEW zweimal jährlich Daten zu neu gegründeten und bereits bestehenden Unternehmen für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung. Das ZEW-Gründungspanel, das auf den Angaben von Creditreform basiert, enthält derzeit Angaben zu rund 5,9 Millionen westdeutschen und 1,4 Millionen ostdeutschen Unternehmen.

²⁶ Das Mannheimer Innovationspanel ist die jährliche Innovationserhebung, die das ZEW in Zusammenarbeit mit infas und dem ISI Karlsruhe im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Bildung durchführt. Es handelt sich dabei um eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit aller deutscher Unternehmen mit mindestens aus dem Verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor.

thode.²⁷ Unter der Annahme, dass (i) die Akkumulation des Sachkapitals über eine hinreichend lange Zeitperiode vorgenommen wurde, (ii) die Investitionen in einer Periode vor 1991 mit einer konstanten Rate g gewachsen sind und (iii) sich das Sachkapital mit einer konstanten Rate d abgeschrieben hat, kann der Anfangskapitalstock aus den Anfangsinvestitionen nach folgender Methode berechnet werden:

$$C_{i,0} = \frac{I_{i,0}}{d + g} \quad (3.12)$$

Unterstellt wurde dafür eine Wachstumsrate der realen Investitionen von 2%, was der Wachstumsrate der realen Investitionen im Zeitraum 1980-1990 entspricht sowie industrie-spezifische Abschreibungsraten, die aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung berechnet wurden, da Abschreibungsraten auf das Sachkapital sind im Datensatz nicht enthalten. Sie wurden stattdessen branchenspezifisch ermittelt durch:

$$d_k = -\frac{BAV_{k,t} - BIV_{k,t} - BAV_{k,t-1}}{BAV_{k,t-1}} \quad (3.13)$$

$BAV_{k,t}$ und $BIV_{k,t}$ bezeichnen dabei das reale Bruttoanlagevermögen bzw. die Bruttoinvestitionen in Anlagen, Ausrüstungen und Bauten in Branche k . Die Informationen sind branchenspezifisch (WZ 2-Steller) und stammen aus der Zeitreihen-Datenbank des Statistischen Bundesamtes.

Interner Wissenskapitalstock

Der interne Wissenskapitalstock K eines Unternehmens zu Beginn des Jahres wird berechnet auf Basis der Angaben zu den realen internen FuE-Aufwendungen. Im Gegensatz zu Harhoff (1994) werden die FuE-Aufwendungen nicht mit dem Investitionsgüterpreisindex deflationiert, sondern mit einem eigens ermittelten spezifischen FuE-Deflator, der berücksichtigt, dass sich die FuE-Aufwendungen aus Investitionen, Personal- und Sachaufwendungen zusammensetzen. Der FuE-Preisindex besteht aus folgenden drei Teilindizes: Index für FuE-Investitionen, Index für Sachaufwendungen und dem Index für Personalaufwendungen. Der Index für FuE-Investitionen entspricht dem Erzeugerindex der Investitionsgüterproduzenten und der Index für Sachaufwendungen dem Erzeugerindex für das gesamte Produzierende Gewerbe. In den Index für Personalaufwendungen fließt die Entwicklung der Bruttomonatsverdienste der Angestellten aus den jeweiligen Branchen mit ein. Um der unterschiedlichen

²⁷ Alternativ wurde wie in Harhoff (1994) vorgeschlagen auch der Anfangskapitalbestand auf Basis des Anteils der Investitionen des Unternehmens an den Gesamtinvestitionen einer Branche berechnet. Die Ergebnisse sind sehr ähnlich den hier vorgestellten und können auf Anfrage übermittelt werden.

Qualifikationsstruktur der im FuE Bereich tätigen Mitarbeiter Rechnung zu tragen, wurde, entsprechend der Klassifikation des Statistischen Bundesamtes innerhalb der Angestellten zwischen fünf verschiedenen Leistungsgruppen unterschieden. Der Index für Personalaufwendungen setzt sich aus drei verschiedenen Teilindizes zusammen. Ein Index für wissenschaftliche Mitarbeiter soll die Verdienstentwicklung bei Wissenschaftlern und Ingenieuren (Leistungsgruppe 2) widerspiegeln. Die beiden anderen Indizes stellen die Verdienstentwicklung der Gruppe der Techniker (Leistungsgruppe 3), sowie der Gruppe der sonstigen Angestellten (Durchschnitt der Leistungsgruppen 4 und 5). Um die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Teilindizes zu ermitteln, wurden zunächst die jeweiligen durchschnittlichen Personal- (gesamt und nach Leistungsgruppe) und Sachaufwendungen, sowie die durchschnittlichen FuE Investitionen, der Jahre 1997 und 1999 berechnet. Die in das Verhältnis zu den gesamten Aufwendungen gestellten Teilaufwendungen bilden die Gewichte des Gesamtindex.

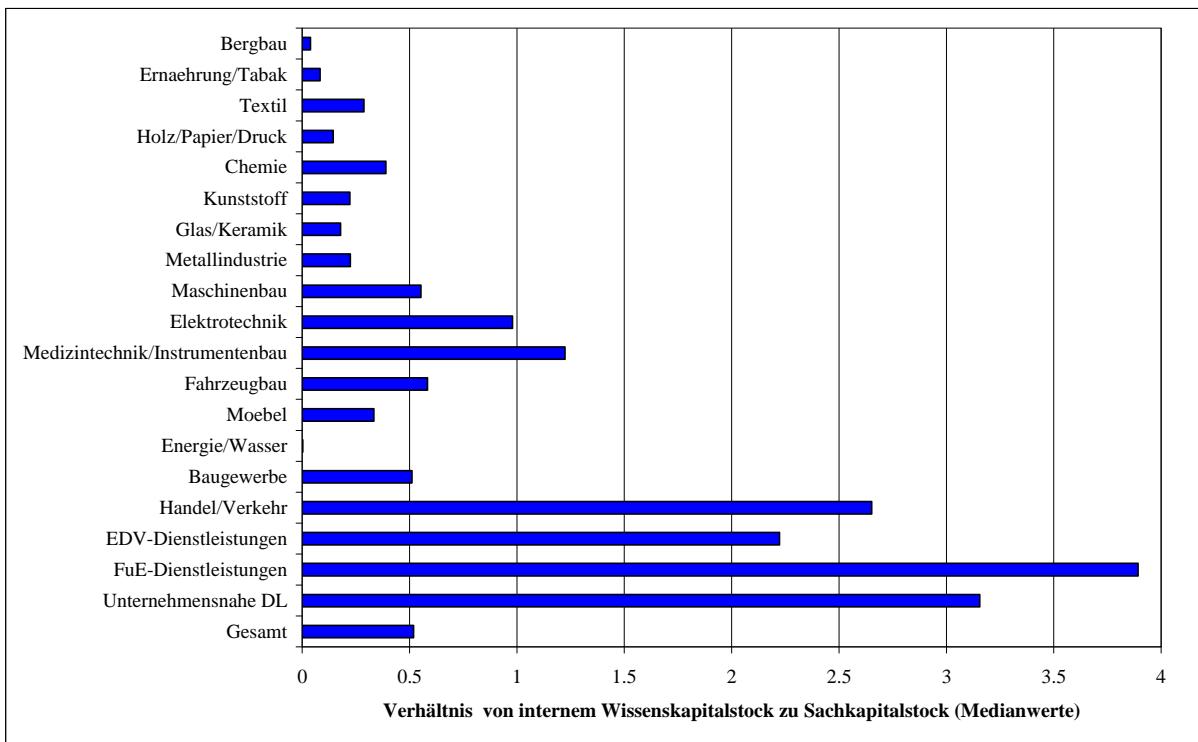
Der interne Wissenskapitalstock wurde analog zur Berechnung des physischen Kapitalstocks ermittelt. Der Anfangsbestand wurde erneut auf Basis der *Growth-Accounting-* Methode berechnet, wobei eine Wachstumsrate der FuE-Aufwendungen in der Vorstichprobenperiode von 3.8 % unterstellt wurde. Dies entspricht der jährlichen Wachstumsrate der realen FuE-Aufwendungen im Zeitraum 1979-1989.²⁸ Als Abschreibungsrate wurde branchenübergreifend 15% angesetzt.

In den Jahren 1991-2005 belief sich der so ermittelte interne Wissenskapitalstock auf durchschnittlich 71 Mill. € je Unternehmen. Dabei zeigt sich eine große Streuung zwischen den Unternehmen. Bei 25% der Unternehmen beläuft sich der Wissenskapitalstock auf knapp maximal 1 Mio. € bei weiteren 25% auf 1,29 Mio. € 25% der Unternehmen können für ihre FuE-Projekte auf einen internen Wissenskapitalstock zurückgreifen, der sich mit mindestens 8,775 Mio € beziffern lässt. Ebenso interessant wie der absolute Wert ist jedoch auch die Relation des internen Wissenskapitalstocks in der Produktion der Unternehmen im Vergleich zum physischen Kapitalstock. Über alle Unternehmen hinweg liegt der Median bei etwas mehr als 0.5. Das bedeutet, dass für 50% der Unternehmen der interne Wissenskapitalstock mindestens 50% des physischen Kapitalstocks ausmacht. Die Streuung zwischen den Branchen ist jedoch beträchtlich. In den forschungsintensiven Branchen des verarbeitenden Gewerbes (Maschinenbau, Elektrotechnik, Fahrzeugbau) liegt der Medianwert bei über 0.5, in der Elektrotechnik sogar knapp bei 1. D.h. für 50% der Unternehmen in dieser Branche ist der interne Wissenskapitalstock mindestens so hoch wie der Sachkapitalstock. Den Spitzreiter bilden die

²⁸ Insgesamt erweisen sich die FuE-Aufwendungen in dieser Dekade als sehr volatil. Unterstellt man als Vorstichprobenperiode den Zeitraum 1985-1989, so ergäbe sich eine jährliche Wachstumsrate von rund 6.5%. Alternativ wurden der Kapitalstock auch unter dieser Annahme gebildet. Dies hat auf die geschätzten Koeffizienten jedoch kaum Einfluss.

Medizintechnik und der Instrumentenbau mit einem Medianwert von etwas mehr als 1,2. Im Dienstleistungssektor ist die relative Bedeutung des internen Wissenskapitalstocks deutlich höher als im verarbeitenden Gewerbe, aber dies ist der geringeren Bedeutung des Sachkapitals geschuldet.

Abb. 3-2 Verhältnis von internem Wissenskapitalstock zu Sachkapitalstock nach Branchen



Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Für die Studie wäre auch eine Unterscheidung der FuE-Aufwendungen in die Komponenten Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung und die jeweils damit verbundenen privaten bzw. sozialen Ertragsraten interessant gewesen. Da diese Unterteilung jedoch erst ab dem Jahr 2001 im Datensatz vorhanden ist, konnte diese Unterscheidung nicht vorgenommen werden. Bis 2001 wurde nur zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung unterschieden, wobei nur ein sehr geringer Anteil der FuE-Aufwendungen der Unternehmen für Grundlagenforschung bereit gestellt wurde.

Externer Wissenskapitalstock

Der externe Wissenskapitalstock W , der die Summe des externen Wissens repräsentiert, welches ein Unternehmen potentiell zu Beginn des Jahres für seine eigenen Aktivitäten verwenden kann (Spilloverpool), wurde berechnet auf Basis der realen internen FuE-Ausgaben aller anderen Unternehmen (ohne das betreffende Unternehmen selbst). Da jedoch in Abhängigkeit

von der Ausrichtung der eigenen FuE-Tätigkeit sehr unterschiedliche Teile dieses Wissensstocks für das einzelne Unternehmen relevant sein können, wurden die FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen gewichtet nach der technologischen Nähe. Die Abbildung der technologischen Nähe erfolgt über die jeweiligen technologischen FuE-Strukturen, über die Angaben im Datensatz vorhanden sind. D.h. die Unternehmen werden in jeder Erhebung danach gefragt, wie sich ihre Forschungsaufwendungen auf 40 vorgegebene Produktkategorien aufteilen. Eine Übersicht über die Produktkategorien findet sich in den Tabellen Tab. 7-1 und Tab. 7-2 im Anhang.

In Analogie zum Vorgehen von Harhoff (2000) wurde für jedes Unternehmen i zu jedem Zeitpunkt t ein Ähnlichkeitsmaß P zwischen der eigenen Aufteilung der FuE-Aufwendungen auf verschiedene Produktkategorien (zusammengefasst im Vektor X_i) mit der durchschnittlichen Aufteilung der FuE-Aufwendungen in der Branche k ($k=1, \dots, K$) gebildet (zusammengefasst im Vektor I_k).

$$P_{ik} = \frac{X_i' I_k}{\sqrt{X_i' X_i} \sqrt{I_k' I_k}} \quad (3.14)$$

Anschließend wurden die gesamten realen FuE-Aufwendungen der jeweiligen Branchen (R_k) (abzüglich der FuE-Aufwendungen des Unternehmens sofern sich Unternehmen in Branche k befindet) mit diesem Maß gewichtet und über alle Branchen aufsummiert. Dies ergibt für jedes Jahr die nach technologischer Nähe gewichteten FuE-Ausgaben anderer Unternehmen E . Formal bedeutet dies, wobei J ein Vektor ist, der den Wert 1 hat, wenn das Unternehmen i zur Branche k gehört und 0 sonst):

$$E_i = P_i (R - JR_i) \quad (3.15)$$

Auf Basis dieser Angaben wurde dann ähnlich wie bei den eigenen FuE-Ausgaben mittels der Kumulationsmethode der externe Wissenskapitalstock berechnet, wobei erneut eine Wachstumsrate von 3.8 % und eine Abschreibungsrate von 15 % unterstellt wurde.

Anzumerken ist, dass die Einteilung in Erzeugnisbereiche in den betrachteten Jahren wiederholt Veränderungen unterlag. Zum einen wurde die Zahl der Erzeugnisbereiche zu verschiedenen Zeitpunkten erweitert und zum anderen ergaben sich in Teilbereichen auch definitorische Veränderungen. Da die Gewichtungsmatrix jedoch jahresspezifisch berechnet wurde, spielte dies für die Berechnung eine untergeordnete Rolle. Darüber hinaus bezog sich die prozentuale Angabe der Erzeugnisbereiche in den Jahren 1991 – 1999 auf die angewandte FuE und in den Jahren 2001 – 2005 auf die internen FuE-Ausgaben. Allerdings macht die Grundlagenforschung nur ca. 5% der internen FuE-Ausgaben der Unternehmen aus, so dass die Verschiebung der Verteilung nach den Produktgruppen nicht gravierend ausfallen dürfte.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die technologische Nähe zwischen Unternehmen in verschiedenen Branchen (Ähnlichkeitsmaß P). Dargestellt sind für jede Branche die drei Branchen, die sich auf Basis der Aufteilung der FuE-Ausgaben auf die Produktkategorien als technologisch am nächsten ergeben haben. Dabei wurden die für alle Unternehmen in einer Branche jahrespezifisch berechneten technologischen Distanzen zu einer anderen Branche gemittelt (über die Individuen und die Jahre). Je größer der Wert, desto ähnlicher sind sich die Branchen in ihren Forschungsaktivitäten, d.h. desto eher forschen sie in gleichen Produktkategorien. Automobilunternehmen weisen zum Beispiel die größte technologische Nähe zu den Herstellern von Geräten zur Elektrizitätserzeugung und –verteilung, also z.B. zu Herstellern von Elektromotoren, Batterien usw., auf. Rang zwei nehmen, schon eher überraschend, die unternehmensnahen Dienstleister für die Automobilbauer ein, erst danach gefolgt von den Herstellern von Gummi und Kunststoffwaren. Im Großen und Ganzen scheint die hier gewählte Methode plausible Werte für die technologische Verflechtung zwischen Unternehmen zu liefern.

Tab. 3-7: Technologische Nähe zwischen Branchen

Branche	Höchste techn. Nähe zu...		Zweithöchste techn. Nähe zu...		Dritthöchste techn. Nähe zu...	
	Branche	Wert	Branche	Wert	Branchen	Wert
2	40	0.991	37	0.102	23	0.055
10	13	0.991	11	0.732	14	0.602
11	13	0.735	10	0.732	14	0.509
13	10	0.991	11	0.735	14	0.609
14	13	0.609	10	0.602	11	0.509
15	16	0.977	90	0.082	73	0.014
16	15	0.977	30	0.093	34	0.077
17	19	0.985	18	0.925	71	0.444
18	19	0.929	17	0.925	71	0.446
19	17	0.985	18	0.929	71	0.440
20	21	0.915	22	0.488	36	0.176
21	20	0.915	22	0.445	29	0.187
22	20	0.488	21	0.445	36	0.186
23	11	0.249	10	0.087	2	0.045
24	14	0.230	73	0.142	11	0.121
25	34	0.175	18	0.163	36	0.134
26	14	0.132	34	0.042	73	0.038
27	28	0.058	60	0.028	25	0.027
28	29	0.256	31	0.130	34	0.112
29	28	0.256	71	0.227	21	0.187
30	72	0.134	50	0.083	61	0.068
31	34	0.414	32	0.260	33	0.204
32	31	0.260	33	0.219	64	0.196
33	32	0.219	31	0.204	28	0.108
34	31	0.414	74	0.245	25	0.175
35	62	0.999	33	0.030	72	0.028
36	22	0.187	20	0.176	21	0.161
37	52	0.144	18	0.143	19	0.143
40	2	0.991	41	0.939	10	0.086
41	40	0.939	10	0.096	74	0.031
45	72	0.144	50	0.137	74	0.098
50	73	0.960	51	0.894	90	0.751
51	50	0.894	73	0.767	91	0.707
52	50	0.748	51	0.646	73	0.630
55	50	1.000	65	1.000	66	1.000
60	64	0.652	63	0.599	61	0.517
61	63	0.839	64	0.566	60	0.517
62	35	0.999	72	0.048	33	0.020
63	61	0.839	60	0.599	64	0.594
64	60	0.652	63	0.594	61	0.566
65	66	1.000	50	0.333	52	0.250
66	65	1.000	50	0.333	52	0.250
71	90	0.500	51	0.499	74	0.486
72	51	0.677	50	0.430	90	0.454
73	50	0.960	51	0.767	90	0.729
74	51	0.499	71	0.486	72	0.478
90	50	0.751	73	0.729	51	0.707
92	50	0.500	73	0.496	10	0.495

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Arbeitseinsatz

Die eingesetzte Arbeit L wurde gemessen anhand der Zahl der Beschäftigten, korrigiert um die in FuE tätigen Beschäftigten (ausgedrückt in Vollzeitäquivalenten). Dies bedeutet L misst die Nicht-FuE-Beschäftigten. Um zu überprüfen, welche quantitative Bedeutung für die Messung der Erträge aus FuE hat, wird in Abschnitt 3.4.3.2 der Arbeitseinsatz alternativ gemessen als Anzahl der Beschäftigten, d.h. ohne eine Korrektur um die Anzahl der FuE-Beschäftigten.

FuE-Intensität

Die Annahmen in Modellvariante 4 erlauben es an Stelle der Kapitalstücke für internes und externes Wissen die jeweiligen FuE-Intensitäten (Stromgrößen) zu verwenden. Die eigene FuE-Intensität R/S wird gemessen als interne FuE-Aufwendungen pro Umsatz (jeweils in realen Größen). Die externe FuE-Intensität E/S wird analog definiert als gewichtete Summe der internen FuE-Aufwendungen (ohne das jeweilige Unternehmen) pro Umsatz. (jeweils in realen Größen). In die Schätzung gehen beide Größen um zwei Perioden verzögert ein, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass FuE-Aufwendungen sich nicht unmittelbar in derselben Periode in Produktivitätsänderungen auswirken dürften.

Alle Regressionen enthalten darüber hinaus Zeitdummies. In der Schätzung der Arbeitsproduktivität (Variante 1) wurden darüber hinaus auch Branchendummies und eine Dummyvariable für Ostdeutschland berücksichtigt. In allen Spezifikationen, in den Wachstumsraten als erklärende Größe herangezogen werden, fallen diese zeitkonstanten Größen weg. Die Zuordnung der Unternehmen zu den Wirtschaftszweigen erfolgte nach dem wirtschaftlichen Schwerpunkt der Berichtseinheit. Im Berichtszeitraum gab es insgesamt zwei Umstellungen in der Wirtschaftszweigklassifikation, von WZ79 auf WZ93 und von WZ93 auf WZ2003.²⁹ Da es für den weiteren Untersuchungsverlauf wichtig war eine einheitliche Branchenabgrenzung zu haben, fand nachfolgend nur die Wirtschaftszweigklassifikation WZ93 Anwendung. D.h. für die Jahre 1991, 1993 und 2005 wurden die Wirtschaftszweigangaben mittels Konkordanzen und gegebenenfalls manuell in die Wirtschaftszweigklassifikation WZ93 überführt.

Tab. 3-8 gibt abschließend eine zusammenfassende Übersicht über die verwendeten Kernvariablen.

²⁹ Die Wirtschaftszweigklassifikationen WZ93 und WZ2003 des Statistischen Bundesamtes bauen auf der durch EG - Verordnungen verbindlich eingeführten statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft NACE 1.1. auf (NACE - Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes) (Eurostat 1992).

Tab. 3-8: Übersicht der verwendeten Kernvariablen

Variable	Bezeichnung	Messung
S	Realer Umsatz	Umsatz des Unternehmens in einem Jahr, deflationiert mit dem Erzeugerpreisindex
L	Korrigierte Beschäftigtenzahl	Zahl der Beschäftigten eines Jahres, korrigiert um die in der Forschung tätigen Beschäftigten (jeweils in Vollzeitäquivalenten)
C	Korrigierter Sachkapitalstock	Korrigierter Sachkapitalstock zu Beginn des Jahres. C wird berechnet auf Basis der Angaben zu realen Investitionen in Sachanlagen abzüglich der Investitionen in FuE. Deflationierung mittels des Investitionsgüterpreisindex. Ermittlung des Anfangskapitalstocks erfolgt durch die <i>Growth-Accounting</i> -Methode, Ermittlung des Kapitalbestands der weiteren Perioden durch die <i>Perpetual-Inventory</i> -Methode, wobei industriespezifische Abschreibungsrationen verwendet werden.
K	Interner Wissenskapitalstock	Interner Wissenskapitalstock eines Unternehmens zu Beginn des Jahres. K wird berechnet auf Basis der Angaben zu den realen internen FuE-Aufwendungen. Deflationierung mittels des FuE-Deflators. Ermittlung des Anfangskapitalstocks erfolgt durch die <i>Growth-Accounting</i> -Methode, Ermittlung des Kapitalbestands der weiteren Perioden durch die <i>Perpetual-Inventory</i> -Methode, wobei eine Abschreibungsr率e von 15% unterstellt wird.
W	Externer Wissenskapitalstock	Nach technologischer Nähe (Forschungskategorien) gewichteter externer Wissenskapitalstock eines Unternehmens zu Beginn des Jahres. W wird berechnet auf Basis der realen internen FuE-Ausgaben aller anderen Unternehmen (ohne das betreffende Unternehmen selbst). Die FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen werden gewichtet nach der technologischen Nähe. Technologische Nähe wurde gemessen anhand der FuE-Ausgaben für 30 verschiedene Produktkategorien. Ermittlung des Anfangskapitalstocks erfolgt durch die <i>Growth-Accounting</i> -Methode, Ermittlung des Kapitalbestands der weiteren Perioden durch die <i>Perpetual-Inventory</i> -Methode, wobei eine Abschreibungsr率e von 15% unterstellt wird.
R/S	Interne FuE-Intensität	Um zwei Perioden verzögerte internen FuE-Aufwendungen pro Umsatz (jeweils in realen Größen)
E/S	Externe FuE-Intensität	Nach technologischer Nähe (Forschungskategorien) gewichtete Summe der externen FuE-Aufwendungen (ohne das betreffende Unternehmen selbst) pro Umsatz, jeweils in realen Größen und um zwei Perioden verzögert.

Quelle: Eigene Darstellung.

3.4 Ausmaß der durch Forschung und Entwicklung generierten privaten und sozialen Erträge im Zeitraum 1991-2005

3.4.1 Ergebnis des Basismodells für alle Unternehmen

Im Folgenden wird das Ausmaß der durch Forschung und Entwicklung generierten privaten und sozialen Erträge zunächst für alle Unternehmen gemeinsam betrachtet. Im Basismodell wurde wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, sowohl der Arbeitseinsatz als auch der Sachkapitalstock um FuE-Beschäftigte bzw. Investitionen in FuE korrigiert. Darüber hinaus unterstellen wir zunächst, dass a) die Abschreibungsrate sowohl für internes als auch für externes Wissenskapital bei 15 % liegt und b) der externe Wissenskapitalstock gemäß der technologischen Nähe auf Basis der FuE-Erzeugnisbereiche gewichtet wird. Die Robustheit der Ergebnisse, wenn diese Annahmen gelockert werden, wird im darauffolgenden Kapitel näher beleuchtet.

Der Literaturüberblick hat gezeigt, dass die Produktionsfunktion in den Studien auf unterschiedliche Weise geschätzt wurde. Daher werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse für verschiedene Varianten präsentiert. Tab. 3-9 zeigt zunächst, welchen Einfluss internes und externes Wissenskapital auf die Arbeitsproduktivität hat (Modellvariante 1). Die Tabelle stellt für die in Kapitel 3.1 genannten zwei alternativen Schätzverfahren jeweils drei Spezifikationen vor: In der ersten Spezifikation wird die Produktivität eines Unternehmens erklärt durch die eingesetzte Arbeit, den eingesetzten Sachkapitalbestand, den internen Wissenskapitalstock und sogenannten Zeitdummies. Dabei handelt es sich um Indikatorvariablen, die für den Einfluss von jahresspezifischen makroökonomischen Größen auf die Produktivität kontrollieren sollen. In der Spezifikation 2 wird zusätzlich der externe Wissenskapitalstock berücksichtigt und Spezifikation 3 enthält zusätzlich einen Interaktionsterm zwischen internem und externem Wissenskapitalstock.

Der geschätzte Koeffizient des internen Wissenskapitalstocks in Spezifikation 1 und 2 ist die *private Outputelastizität* und *gibt somit an, um wie viel Prozent die Produktivität durchschnittlich zunimmt, wenn das Unternehmen durch FuE den eigenen Wissenskapitalstock um 1 Prozent erhöht*. In Spezifikation 3 kann der geschätzte Koeffizient des internen Wissenskapitalstocks auf Grund der gleichzeitigen Berücksichtigung des Interaktionsterms dagegen nicht als Outputelastizität interpretiert werden. Die private Outputelastizität erhält man hier durch folgende Berechnung:

$$\text{Private Outputelastizität} = \gamma + \tau_{K_W} \cdot \log(W) \quad (3-8)$$

γ bezeichnet wie eingangs beschrieben den Koeffizienten des internen Wissenskapitalstock und $\tau_{K,W}$ den Koeffizienten des Interaktionsterms. Analog gibt der geschätzte Koeffizient des externen Wissenskapitalstocks in Spezifikation 2 die *soziale Outputelastizität* an und damit den *durchschnittlichen Produktivitätszuwachs, den ein Unternehmen dadurch erzielt, dass andere Unternehmen ihre Forschungsbemühungen derart verstärken, dass der externe Wissenskapitalstock um 1 Prozent zunimmt*. In Spezifikation 3 wird die soziale Outputelastizität dagegen durch folgende Berechnung ermittelt:

$$\text{Soziale Outputelastizität} = \theta + \tau_{K,W} \cdot \log(K) \quad (3-9)$$

In den Gleichungen (3-8) und (3-9) werden für die beiden Wissenskapitalstücke K und W jeweils der unternehmensspezifische Wert angesetzt. Daher erhält man in der Spezifikation 3 anders als in den Spezifikationen 1 und 2 für jedes Unternehmen einen unternehmensspezifischen Produktivitätseffekt. Die Tabellen zeigen daher die Verteilung der Outputelastizitäten über die Unternehmen an markanten Stellen der Verteilung: dem Mittelwert, Median, 25% und 75% Perzentil.

Folgende Schlussfolgerungen können auf Basis der Regressionsanalysen gezogen werden:

- 1. Die vorliegenden Schätzungen bestätigen, dass in Deutschland Unternehmen mit eigener FuE-Tätigkeit einen signifikanten Beitrag zur Verbesserung ihrer Produktivität erzielen können. Die private Outputelastizität lag im Zeitraum 1991-2005 bei rund 0.08-0.09.**

Betrachtet man die einfache OLS-Schätzung in Tab. 3-9, dann würde die private Outputelastizität bei rund 0.14 liegen. D.h. eine Erhöhung des eigenen Wissenskapitalstocks um 1% würde zu einem Anstieg der Arbeitsproduktivität um 0.14% führen bzw. eine Verdopplung des eigenen Wissenskapitalstocks ließe die Arbeitsproduktivität um rund 14% zunehmen. Wie bereits im letzten Kapitel erläutert berücksichtigt diese Schätzung jedoch nicht, dass es unternehmensspezifische (in den Daten jedoch nicht zu beobachtende) Faktoren – wie z.B. Managementfähigkeiten oder Organisationsstrukturen – geben kann, die ein Unternehmen im Vergleich zu einem anderen Unternehmen selbst bei gleichem Einsatz aller anderen Inputfaktoren produktiver machen. Das Vorliegen solcher Faktoren kann zu einer Verzerrung der geschätzten Outputelastizität führen.³⁰ Die Fixed-Effekt-Schätzung in Tab. 3-9 berücksichtigt dies und

³⁰ Die Schätzergebnisse sind verzerrt, wenn die unternehmensspezifischen Faktoren mit den anderen Inputfaktoren (pariell) korrelieren.

wird daher in der Literatur normalerweise präferiert.³¹ Die geschätzte private Outputelastizität in dieser Schätzung bleibt hoch signifikant, wenngleich sie jetzt mit rund 0.10 deutlich niedriger ist. Ähnliche Unterschiede wurden auch in Mairesse und Sassenou (1991), Mairesse und Mohnen (1994), Griliches (1994) oder Harhoff (1998) berichtet (siehe Kapitel 2.4). Problematisch erscheint jedoch, wie in den oben genannten Studien auch, dass die FE-Schätzung unplausibel hohe sinkende Skalenerträge aufweist. Dies ist zu erkennen an dem negativen Vorzeichen der Beschäftigtenvariablen. Mairesse and Mairesse (1984) beschäftigen sich eingehend mit möglichen Gründen für diesen Befund (u.a. Multikollinearität sowohl des physischen als auch des FuE-Kapitalstocks mit der Zeit, inkorrekte Lagstruktur, Messfehler in den Daten, fehlende Variablen, die die kurzfristigen Anpassungen an konjunkturelle Schwankungen widerspiegeln, wie z.B. den Auslastungsgrad) und kommen zu dem Ergebnis, dass diese Gründe weniger gravierend in einer Schätzung in Wachstumsraten sind, insbesondere wenn die Wachstumsraten über einen längeren Zeitraum betrachtet werden.³²

In Tab. 3-10 wird daher statt der Höhe der Arbeitsproduktivität die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität als erklärende Variable gewählt (Modellvariante 2) und in Tab. 3-11 die Wachstumsrate des Umsatzes (Modellvariante 3).

Beide Varianten kommen zu dem Ergebnis, dass Unternehmen durch eine Steigerung ihres internen Wissenskapitalstocks durch eigene FuE um 1% durchschnittlich Produktivitätszuwächse von 0.08% bis 0.09% realisiert haben.³³ Die Produktivitätsgewinne fallen wie bereits vermutet höher aus, wenn man die Veränderung über einen längeren Zeitraum betrachtet, hier 4 anstatt 2 Jahre.³⁴ Sie liegen damit jedoch nur geringfügig unterhalb der FE-Ergebnisse für die private Outputelastizität.

³¹ Das geschätzte *rho* in der FE-Schätzung bestätigt, dass individuelle Heterogenität in der Produktivitätsgleichung eine große Bedeutung spielt. Rund 90% der Varianz des Störterms wird durch individuelle Heterogenität erklärt.

³² Als Alternativen schlagen Mairesse und Sassenou (1991) vor, die FE-Schätzung entweder ohne Zeitdummies zu schätzen oder die FE-Schätzung unter der Restriktion konstanter Skalenerträge zu schätzen. Ersteres führt hier jedoch zu einem sehr starken Anstieg der privaten Outputelastizität auf 0.23, während die zweite Alternative zu ähnlichen Ergebnissen wie die OLS-Schätzung führt (siehe Tab. 8-5 im Anhang).

³³ Der Koeffizient des internen Wissenskapitalstocks ist in den Spezifikationen selbst zwar nicht signifikant, jedoch wird hier und im folgenden in der Spezifikation 3 jeweils auf Basis eines Tests auf gemeinsame Signifikanz argumentiert, ob der interne Wissenskapitalstock einen signifikanten Produktivitätseffekt hat. *W_intern* testet mittels eines Wald-Tests die Nullhypothese ob der Effekt des internen Wissenskapitalstocks und des Interaktionsterms gemeinsam von Null verschieden ist. *W_extern* testet analog die Nullhypothese ob der Effekt des externen Wissenskapitalstocks und des Interaktionsterms gemeinsam von Null verschieden ist. Die Nullhypothese, dass der interne Wissenskapitalstock und der Interaktionsterm gemeinsam keinen Effekt haben, wird bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% abgelehnt, da der p-Wert des Tests mit *W_intern*=0.000 kleiner ist als 0.05.

³⁴ In Harhoff (2000) wurden 6-Jahres-Wachstumsraten berechnet, während hier 2- und 4-Jahreswachstumsraten berichtet werden. Für den Zeitraum 1993-2005 gab es jedoch kaum Unterschiede zwischen den 4- und 6-Jahres-Wachstumsraten, so dass hier dass größere Stichprobe benutzt wurde.

Wie bereits erläutert, wird in Spezifikation 3 nicht nur ein durchschnittlicher Produktivitätseffekt aus eigener Forschungstätigkeit geschätzt, sondern unternehmensspezifische Produktivitätseffekte ermittelt. Ein Blick auf die Verteilung verdeutlicht, dass der durchschnittliche Produktivitätseffekt *nicht* von einigen wenigen besonders erfolgreichen Unternehmen getrieben wird, da der Mittelwert und der Median der Verteilung sehr dicht beieinander liegen. Bei einer Zunahme des internen Wissenskapitalstocks um 10%, erzielen 25% der Unternehmen einen Produktivitätszuwachs von bis zu 0.46% (Modellvariante 2). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei 75% der Unternehmen die Produktivitätseffekte über 0.46% lagen. Die 25% der besten Unternehmen erzielen sogar Produktivitätseffekte, die über 1.44% liegen. Die mittleren 50% der Unternehmen erreichen somit Produktivitätszuwächse, die zwischen 0.46% und 1.44% liegen. Legt man die Ergebnisse aus Modellvariante 3 zu Grunde, dann ist die Spannbreite etwas geringer mit 0.63% bis 1.09%.

Vergleicht man die privaten Outputelastizitäten mit denen anderer Studien auf Unternehmensebene, so kann zunächst einmal festgestellt werden, dass die Schätzungen plausible Ergebnisse liefern. Gemessen an dem in der Literatur üblicherweise genannten Bereich der privaten Outputelastizität von 0.03-0.10 liegen, wäre ein Wert von 0.09 im oberen Bereich anzusiedeln. Demnach hätten deutsche Unternehmen in dem genannten Zeitraum verglichen mit anderen Ländern relativ stark von eigener FuE-Tätigkeit in Form gestiegener Produktivität profitiert. Andererseits muss bei diesem Vergleich berücksichtigt werden, dass viele Studien keine Korrektur des Arbeits- und Kapitaleinsatzes um FuE-Komponenten durchführen konnten und die geschätzten Produktivitätseffekte des FuE-Kapitals in diesen Studien damit tendenziell niedriger ausfallen. Inwieweit dies eine Rolle spielt wird in Abschnitt 3.4.3 näher untersucht. Interessanter ist daher zunächst ein reiner Vergleich der Entwicklung über die Zeit in Deutschland.

2. Vergleicht man die Ergebnisse im Zeitablauf, so stellt man fest, dass die Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1977-1989 zugenommen haben.

Lag das geschätzte Produktivitätswachstum im Zeitraum 1977-1989 noch bei rund 0.07-0.08, so liegt es jetzt in allen Modellvarianten jeweils um rund 0.01 höher, also bei 0.08-0.09. D.h. eine Zunahme des eigenen Wissenskapitalstocks um 10% hätte zu einem Anstieg der Arbeitsproduktivität um rund 0.8-0.9% geführt im Vergleich zu 0.7-0.8% in den 70er und 80er Jahren (vgl. Harhoff 1998, 2000). Einen ähnlichen Anstieg sieht man auch in der Verteilung der Produktivitätseffekte über die Unternehmen (für die mittleren 50% der Unternehmen 0.63% bis 1.09% in Modellvariante 3 im Zeitraum 1991-2005 im Vergleich zu 0.55% bis 1.02% im Zeitraum 1977-1989). Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund interessant, da die Erträge aus eigener FuE zwischen Mitte und Ende der 80er Jahre noch gefallen sind. Allerdings muss

berücksichtigt werden, dass die aktuelle Studie sowohl ostdeutsche Unternehmen als auch Dienstleistungsunternehmen zusätzlich beinhaltet. Der Frage, inwieweit der gestiegene Effekte auch auf die unterschiedliche Zusammensetzung der Stichprobe zurückzuführen ist, wird in Abschnitt 3.4.2 näher untersucht.

3. *Forschungsaktivitäten von Unternehmen sind mit signifikanten Wissensspillovereffekten für andere Unternehmen verbunden und generieren damit soziale Zusatzerträge. Unternehmen profitieren jedoch nicht per se von dem Wissen, dass andere Unternehmen generieren, sondern in Abhängigkeit von ihren eigenen Forschungsanstrengungen. Die soziale Outputelastizität liegt je nach Schätzung zwischen 0.017 und 0.029.*

Die Ergebnisse zeigen eindrücklich, dass im Zuge von FuE-Projekten generiertes Wissen per se keine signifikanten Produktivitätseffekte bei dritten Unternehmen auslöst. Denn berücksichtigt man in der Schätzung allein den externen Wissenskapitalstock (Spezifikation 2), dann lässt sich für diese Größe in keiner der drei Modellvarianten ein signifikanter Produktivitätsbeitrag nachweisen. Berücksichtigt man in der Schätzung jedoch neben dem externen Wissenskapitalstock auch einen Interaktionsterm zwischen internem und externem FuE-Kapital, dann sind beide Größen signifikant. D.h. je größer der eigene FuE-Kapitalstock und damit das im Unternehmen vorhandene Wissen ist, desto eher sind die Unternehmen in der Lage fremdes Wissen einzuschätzen, d.h. relevantes Wissen zu erkennen, zu verstehen und für eigene Zwecke im Unternehmen nutzbar zu machen. Eigene Forschungsaktivitäten erhöhen somit die Absorptionskapazitäten. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung für die 70er und 80er Jahre waren bereits Jaffe (1986) für Gewinne oder Harhoff (2000) für die Arbeitsproduktivität gekommen. An diesem Ergebnis hat sich offensichtlich weder etwas geändert durch die rasante Entwicklung im Bereich der Informations- und Kommunikationsmedien noch durch die verstärkte Patentneigung von Unternehmen seit Beginn der 90er Jahre und damit der verstärkten Offenlegung von kodifiziertem Wissen.

Die Produktivitätssteigerungen, die ein Unternehmen aus eigener FuE erzielen kann, sind jedoch deutlich größer als aus fremder FuE-Tätigkeit. So liegt im Durchschnitt die Elastizität des Outputs bezüglich des externen Wissenskapitals je nach Modellvariante zwischen 0.017-0.029. D.h. wenn außen stehende Unternehmen ihre Forschungsanstrengungen derart intensivieren, dass der externe Wissenskapitalstock für ein Unternehmen um 10% zunimmt, dann führt dies zu einem Produktivitätszuwachs von rund 0.2% bis 0.3%. Dieser Effekt erscheint auf den ersten Blick vergleichsweise klein, jedoch müssen für eine Abschätzung der sozialen Erträge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die Produktivitätseffekte für alle Unternehmen aufsummiert werden. Auf diesen Aspekt wird am Ende dieses Abschnitts näher eingegangen.

Nicht alle Unternehmen profitieren jedoch im gleichen Maße vom externen Wissen. Im Gegenteil, Spillovereffekte sind heterogen und Unternehmen mit relativ hohem eigenen FuE-Kapital partizipieren systematisch stärker an fremdem Wissen als Unternehmen mit geringem FuE-Kapital. Betrachtet man die Ergebnisse der Modellvariante 3, dann erfahren auf der einen Seite 25% der Unternehmen mit geringem FuE-Kapital durch eine Zunahme der FuE-Tätigkeit in anderen Unternehmen um 10% sogar einen Produktivitätsverlust von mindestens 0.13%. Dieser negative Effekt lässt sich damit erklären, dass die anderen Unternehmen durch FuE-Aktivitäten ihre eigene Wettbewerbsposition stärken (vgl. 1) und damit gleichzeitig die ihrer Konkurrenten schwächen. Sind Unternehmen nun auf Grund ihrer mangelnden Absorptionsfähigkeit nicht in ausreichendem Maße in der Lage sich dieses extern generierte Wissen anzueignen und für ihr Unternehmen nutzbar zu machen, verlieren sie an Wettbewerbsfähigkeit und müssen Umsatzeinbußen hinnehmen. Auf der anderen Seite erzielen die besten 25% der Unternehmen Produktivitätsgewinne von 0.37% und mehr, wenn der externe Wissenskapitalstock um 10% zunimmt. In Modellvariante 2 ist dieser Effekt mit 0.54% sogar noch leicht höher. Insgesamt zeigt sich, dass die Produktivitätseffekte aus fremder FuE relativ stärker schwanken als diejenigen aus eigener FuE-Tätigkeit.³⁵

4. Das Ausmaß der durch Wissensspillovereffekte generierten sozialen Zusatzerträge von FuE-Aktivitäten ist in Deutschland im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem Zeitraum 1977-1989 in etwa gleichgeblieben.

Für die durchschnittliche Outputelastizität (in Spezifikation 3) liegt keine direkte Vergleichsgröße für den Zeitraum 1977-1989 vor. Eine auf Basis der in Harhoff (2000) vorhandenen Angaben errechnete gewichtete durchschnittliche Outputelastizität läge ebenfalls bei 0.017 und damit so hoch wie im Zeitraum 1991-2005.³⁶

Legt man die in Harhoff (2000) geschätzte Modellvariante 3 zu Grunde und vergleicht die Verteilung der sozialen Outputelastizität, dann lässt sich ein differenzierteres Bild erkennen. Gemessen am Medianwert von 0.007 sind die Wissensspillovereffekte im Zeitraum 1991-2005 gesunken (1977-1989: 0.014). Gleichzeitig ist jedoch die Spannweite der Produktivitätseffekte gemessen anhand des Interquartilsabstands kleiner geworden (1977-1989: -1.8% und 4.9%; 1991-2005: -1.3 % und 3.7%). Dies lässt den Schluss zu, dass die unteren 25% der Unternehmen offensichtlich stärker von Wissensspillovern profitieren als früher. Diese Aus-

³⁵ Der Quartilsdispersionskoeffizient, also der Quotient von Interquartilsabstand zum Median, beträgt in Modellvariante 3 für den fremden Wissenskapitalstock 7.14 im Vergleich zu 0.47 für den eigenen Wissenskapitalstock.

³⁶ Diese Elastizität wurde auf Basis der in Tabelle 4 geschätzten Koeffizienten sowie dem in Tabelle 1 getrennt ausgewiesenen durchschnittlichen FuE-Kapitalstock für High-Tech- und für Low-Tech-Unternehmen berechnet und jeweils mit dem Anteil der High- und Low-Tech-Unternehmen gewichtet.

sage wird eindeutig bestätigt in der Modellvariante 2. Dieser Befund erscheint plausibel vor dem Hintergrund, dass die eigenen FuE-Aufwendungen, absolut aber auch gemessen anhand der FuE-Intensität, gerade auch bei den Unternehmen zugenommen hat, die vergleichsweise wenig in Forschung investieren (gaben 1977-1989 25% der Unternehmen maximal 1% ihres Umsatzes für FuE aus, so liegt dieser Anteil in der aktuellen Stichprobe doppelt so hoch bei 2%) und die Schätzungen zeigen, dass dies eine wichtige Voraussetzung für den Wissenstransfer zwischen Unternehmen ist. Für die besten 25 % der Unternehmen ist die Tendenz nicht ganz eindeutig. Während gemäß Modellvariante 3 die besten 25% der Unternehmen weniger stark von Wissensspillovern profitieren können, bewegen sich die Spillovereffekte für diese Gruppe in Modellvariante 2 auf ähnlichem Niveau wie im Vergleichszeitraum.

Die Ergebnisse deuten damit insgesamt darauf hin, dass deutsche Unternehmen im Durchschnitt in etwa gleicher Größenordnung von dem Wissen, das andere Unternehmen durch FuE generiert haben, profitieren wie im Zeitraum 1979-1989. Umgekehrt kann man dieses Ergebnis auch dahingehend interpretieren, dass die Aneignung der Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit in etwa gleichen Ausmaße möglich ist wie früher. Gleichzeitig gibt es empirische Evidenz dafür, dass gerade im Bereich der Unternehmen mit geringem FuE-Kapital Spillovereffekte zugenommen haben.

Tab. 3-9: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 1)

Abhängige Var.	Arbeitsproduktivität					
	OLS		FE			
Methode	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.082*** (7.536)	0.082*** (7.538)	0.072*** (6.812)	0.055*** (3.159)	0.056*** (3.193)	0.053*** (3.058)
Interner Wissenskapitalstock (K)	0.142*** (11.322)	0.142*** (11.272)	0.034* (1.839)	0.096*** (4.014)	0.095*** (3.867)	-0.013 (-0.345)
Externer Wissenskapitalstock (W)	- 0.005 (0.327)	0.097** * (4.952)	- 0.007	- 0.007	- (0.377)	0.114*** (3.481)
Interaktion: interner und externer W. (I)	- 0.026*** (6.552)	- 0.026*** (6.552)	- 0.026*** (6.552)	- 0.026*** (6.552)	- 0.026*** (6.552)	0.027*** (3.711)
Beschäftigte	0.078*** (10.317)	0.083*** (5.420)	0.097*** (6.321)	-0.202*** (-5.355)	-0.195*** (-4.705)	-0.167*** (-4.643)
Ost	-0.371*** (-15.934)	-0.371*** (-15.935)	-0.364*** (-26.440)	- -	- -	- -
Konstante	-1.375*** (-12.495)	-1.410*** (-9.673)	-1.935*** (-20.097)	-0.891*** (-5.503)	-0.958*** (-3.809)	-1.569*** (-6.026)
R ²	0.416	0.420	0.429	0.263	0.263	0.276
Rho	-	-	-	0.908	0.908	0.907
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	-	-	0.000	-	-	0.000
W_extern	-	-	0.000	-	-	0.001
W_Wissen	-	-	0.000	-	-	0.000
Beobachtungen	6665	6665	6665	6665	6665	6665
Unternehmen	1635	1635	1635	1635	1635	1635
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.142	0.142	0.148	0.096	0.095	0.105
Median			0.152			0.109
25% Perzentil			0.112			0.068
75% Perzentil			0.189			0.148
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	-	0.005	0.006	-	0.007	0.020
Median			0.007			0.021
25% Perzentil			-0.013			0.000
75% Perzentil			0.026			0.040

Anmerkungen: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau.

In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: Arbeitsproduktivität: log(S/L).

Erklärende Variablen: Sachkapital: log(C/L), eigener Wissenskapitalstock: log(K/L), externer Wissenskapitalstock: log(W^F/L), Interaktion: log(K/L)* log(W^F/L), Beschäftigte: log(L). Ost ist ein Dummy für Ostdeutschland. Alle Regressionsbeziehen einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert (Zeitdummies). In der OLS-Schätzung wurde zusätzlich für Branchenzugehörigkeit kontrolliert durch die Aufnahme von Branchendummies auf der NACE 2-Steller-Ebene.

W_Zeit ist der p-Wert eines Wald-Tests auf gemeinsame Signifikanz der Zeitdummies. W_intern ist der p-Wert eines Wald-Tests auf Signifikanz des internen Wissenskapitalstocks (Nullhypothese: K und I sind gemeinsam nicht signifikant).

W_extern ist der p-Wert eines Wald-Tests auf Signifikanz des externen Wissenskapitalstocks (Nullhypothese: W und I sind gemeinsam nicht signifikant). W_Wissen ist der p-Wert eines Wald-Tests auf gemeinsame Signifikanz des internen und externen Wissenskapitalstocks (Nullhypothese: K, W und I sind gemeinsam nicht signifikant). R² bezeichnet in der OLS-Schätzung das adjustierte R² und in der FE-Schätzung das Within-R².

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-10: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Var.	Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität					
	2-Jahres-Wachstumsrate			4-Jahres-Wachstumsrate		
Methode	OLS					
Schätzung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.045*** (2.884)	0.045*** (2.909)	0.041*** (2.659)	0.042** (2.421)	0.043** (2.450)	0.040** (2.358)
Interner Wissenskapitalstock	0.053** (2.303)	0.052** (2.243)	-0.086** (-2.241)	0.081*** (3.559)	0.079*** (3.442)	-0.053 (-1.440)
Externer Wissenskapitalstock	- 	0.012 (0.622)	0.147*** (4.230)	- 	0.013 (0.680)	0.144*** (4.297)
Interaktion: interner und externer W.	- 	- 	0.034*** (4.550)	- 	- 	0.033*** (4.454)
Beschäftigte	-0.396*** (-9.833)	-0.385*** (-8.503)	-0.335*** (-8.324)	-0.269*** (-6.483)	-0.257*** (-5.613)	-0.214*** (-5.772)
Konstante	0.145*** (11.349)	0.144*** (11.196)	0.150*** (11.580)	0.041*** (2.731)	0.040*** (2.628)	0.047*** (3.223)
R ²	0.228	0.228	0.244	0.208	0.208	0.230
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	- 	- 	0.000 	- 	- 	0.000
W_extern	- 	- 	0.000 	- 	- 	0.020
W_Wissen	- 	- 	0.000 	- 	- 	0.000
Beobachtungen	5030	5030	5030	3399	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.053	0.052	0.063	0.081	0.079	0.091
Median	- 	- 	0.068 	- 	- 	0.096
25% Perzentil	- 	- 	0.016 	- 	- 	0.046
75% Perzentil	- 	- 	0.117 	- 	- 	0.144
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	- 	0.012	0.028	- 	0.013	0.029
Median	- 	- 	0.030 	- 	- 	0.030
25% Perzentil	- 	- 	0.003 	- 	- 	0.005
75% Perzentil	- 	- 	0.054 	- 	- 	0.054

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock:

$\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-11: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf das Umsatzwachstum, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 3)

Abhängige Var.	Wachstumsrate des Umsatzes					
	2-Jahres-Wachstumsrate			4-Jahres-Wachstumsrate		
Methode	OLS					
Schätzung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.045*** (2.884)	0.045*** (2.909)	0.044*** (2.869)	0.042** (2.421)	0.043** (2.450)	0.041** (2.367)
Interner Wissenskapitalstock	0.053** (2.303)	0.052** (2.243)	-0.096 (-1.195)	0.081*** (3.559)	0.079*** (3.442)	-0.123 (-1.577)
Externer Wissenskapitalstock	- 	0.012 (0.622)	-0.006 (-0.281)	- 	0.013 (0.680)	-0.012 (-0.589)
Interaktion: interner und externer W.	- 	- 	0.017* (1.928)	- 	- 	0.023*** (2.719)
Beschäftigte	0.507*** (13.287)	0.507*** (13.288)	0.507*** (13.311)	0.608*** (14.327)	0.609*** (14.334)	0.608*** (14.389)
Konstante	0.145*** (11.349)	0.144*** (11.196)	0.144*** (11.193)	0.041*** (2.731)	0.040*** (2.628)	0.038** (2.557)
R ²	0.244	0.244	0.244	0.367	0.367	0.368
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	- 	- 	0.012 	- 	- 	0.000
W_extern	- 	- 	0.134 	- 	- 	0.000
W_Wissen	- 	- 	0.022 	- 	- 	0.000
Beobachtungen	5030	5030	5030	3399	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.053	0.052	0.058	0.081	0.079	0.087
Median	-	-	0.066	-	-	0.098
25% Perzentil	-	-	0.040	-	-	0.063
75% Perzentil	-	-	0.074	-	-	0.109
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	-	0.012	0.016	-	0.013	0.017
Median	-	-	0.008	-	-	0.007
25% Perzentil	-	-	-0.006	-	-	-0.013
75% Perzentil	-	-	0.030	-	-	0.037

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: Wachstumsrate der Umsatzes: $\Delta \log(S)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K)$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta \log(W)$, Interaktion: $\Delta [\log(K) * \log(W)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Auf Basis der geschätzten Outputelastizitäten lassen sich die private und soziale Ertragsrate implizit ermitteln (vgl. Kapitel 2.2). Die *private Ertragsrate* ergibt sich, indem man in Gleichung (3-7)

$$\rho_{it} = \gamma \frac{S_{it}}{K_{it}}. \quad (3.8)$$

die geschätzte Outputelastizität γ einsetzt. Für das Umsatz-Wissenskapital-Verhältnis kann man nun entweder die Mittelwerte oder die Mediane aus der Stichprobe ansetzen oder für jedes Unternehmen das unternehmensspezifische Verhältnis einsetzen. Während man im ersten Fall eine durchschnittliche private Ertragsrate des FuE-Kapitals erhält, die für alle Unternehmen gleich ist, ergibt das zweite Vorgehen unternehmensspezifische private Ertragsraten und lässt damit Aussagen über die Verteilung der Produktivitätseffekte zu. Bei der ersten Alternative erhält man unter der Verwendung der Medianwerte eine private FuE-Ertragsrate von 0.41. D.h. eine Rendite von etwa 41% auf einen zusätzlich eingesetzten Euro für FuE. Ähnlich wie bei der Schätzung der Elastizität bewegt sich dieser Wert eher am oberen Rand der geschätzten Ertragsraten, dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die meisten anderen Studien die FuE-Elastizität auf Grund der nicht vorgenommen Bereinigung um Doppelzählungen unterschätzen und damit auch die FuE-Ertragsrate unterschätzt sein dürfte. Jedoch weist auch Harhoff (1998) unter Berücksichtigung der Doppelzählung nur eine private Ertragsrate von 22% aus. Dies lässt den Schluss zu, dass die Ertragsrate für Deutschland insgesamt zugenommen hat. Verwendet man Alternative 2 dann zeigt sich eine relative große Streuung der privaten Ertragsraten. So erzielen 75% der Unternehmen mindestens eine private Ertragsrate von 11% und 25% der Unternehmen sogar eine private Ertragsrate über von 57%. Der Median liegt bei 26%.

Die *soziale Zusatzertragsrate des FuE-Kapitals* wird ermittelt durch

$$\Pi = \sum_{i=1}^N \pi_{it} = \sum_{i=1}^N \theta \frac{S_{it}}{W_{it}} = (N-1)\theta \frac{S_{it}}{W_{it}}. \quad (3.9)$$

Wie im Fall der privaten Ertragsrate wurden für das Verhältnis vom Umsatz zum externen Wissenskapital die Medianwerte aus der Stichprobe angesetzt. In diesem Fall ergibt sich analog eine für alle Unternehmen gleiche soziale Zusatzertragsrate, die über alle Unternehmen aufsummiert werden kann. Zur Abschätzung der sozialen Zusatzerträge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene ist es somit notwendig, die Anzahl der gesamten Unternehmen (N) zu kennen. Da alle Schätzergebnisse darauf hinweisen, dass eigene FuE-Tätigkeit von zentraler Bedeutung ist, um von externem Wissen zu profitieren, beschränken wir uns auf die Gesamtzahl FuE treibender Unternehmen. Diese Zahl ist nicht exakt bekannt und kann im Zeitablauf zu-

dem leicht schwanken. In einem ersten Szenario wird als Gesamtzahl FuE treibender Unternehmen die Anzahl der vom Stifterverband angeschriebenen Berichtseinheiten gewählt, von denen vermutet wird, dass sie Forschung tätigen. Wurden zu Beginn des Untersuchungszeitraumes ca. 20.000 Unternehmen angeschrieben waren dies z.B. im Jahre 2001 bereits ca. 29.000. Diese starke Zunahme lässt sich unter anderem durch die stärkere und verbesserte Erfassung insbesondere von forschenden Dienstleistungs- und Kleinunternehmen erklären. Auf der anderen Seite müssen nicht alle der angeschriebenen Unternehmen tatsächlich FuE betreiben. Als durchschnittlichen Wert wählen wir im Szenario 1 daher eine Gesamtzahl von 25.000 FuE treibenden Unternehmen. Auf der anderen Seite dürfte bei der FuE-Erhebung eine gewisse Unterfassung bei den forschenden Kleinunternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten vorliegen. In Szenario 2 wählen wir daher alternativ die vom ZEW im Rahmen der Innovationserhebungen hochgerechnete Anzahl kontinuierlich forschender Unternehmen als Gesamtzahl. Im Zeitraum 1993-2005 führten durchschnittlich 14200 Unternehmen mit mehr als 4 Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe kontinuierlich Forschung durch. Bei den wissensintensiven und sonstigen Dienstleistern waren es im Durchschnitt 13.700 und 3.000 zwischen 1999 und 2005. In Summe ergibt dies durchschnittlich 30.100 forschende Unternehmen. Szenario 2 bildet aus unserer Sicht eine Obergrenze dar für die sozialen Zusatzerträge dar. Für beide Szenarien liefert Tab. 3-12 die zusammenfassenden Ergebnisse.

Danach ergeben sich unter Szenario 1 soziale Zusatzerträge von 0.52 und in Szenario 2 von 0.65. Damit wären die sozialen Zusatzerträge in Summe etwa 1.3 bis 1.5-mal so groß wie die privaten Erträge aus FuE.

Tab. 3-12: Soziale Ertragsraten in Deutschland im Zeitraum 1991-2005

	Private Ertragsrate	Soziale Zusatzertragsrate	Soziale Erträge	Soziale Zusatzerträge in Prozent der privaten Erträge
Implizite Ermittlung				
Szenario 1	0.41	0.52	0.93	129%
Szenario 2	0.41	0.65	1.06	159%
Direkte Ermittlung				
Szenario 1	0.09	0.09	0.18	106%
Szenario 2	0.09	0.14	0.23	163%

Anmerkung: Die Schätzungen basieren auf der Spalte 2 der Tab. 3-13. Szenario 1 legt die durchschnittliche Anzahl der vom Stifterverband angeschriebenen Berichtseinheiten als Gesamtzahl FuE treibender Unternehmen zu Grunde. Szenario 2 verwendet als Gesamtzahl der Unternehmen die durchschnittlich für diesen Zeitraum hochgerechnete Anzahl kontinuierlich FuE treibender Unternehmen, die vom ZEW im Rahmen des Mannheimer Innovationspanels ermittelt wird.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Mannheimer Innovationspanel – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-13: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf das Umsatzwachstum, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 4)

Abhängige Var.	Wachstumsrate des Umsatzes		
	2-Jahres-Wachstumsrate		
Methode	OLS		
Schätzung	(1)	(2)	(3)
Sachkapital	0.048*** (3.103)	0.047*** (3.061)	0.048** (3.100)
Interner FuE-Intensität	0.107*** (3.828)	0.089*** (3.612)	0.079*** (3.550)
Externe FuE-Intensität	- -	4.16e-06** (2.206)	-1.02e-07 (0.047)
Interaktion: interner und externer FuE-Intensität	- -	- -	4.24e-06** (3.816)
Beschäftigte	0.497*** (12.946)	0.494*** (12.854)	0.495*** (12.913)
Konstante	0.127*** (10.076)	0.124*** (9.976)	0.127*** (10.193)
R ²	0.253	0.255	0.256
W_Zeit	0.000	0.000	0.000
W_intern	-	-	0.000
W_extern	-	-	0.000
W_Wissen	-	-	0.000
Beobachtungen	5030	5030	5030
Ertragsrate des internen Wissenskapitals			
Mittelwert	0.107	0.089	0.085
Median	-	-	0.080
25% Perzentil	-	-	0.079
75% Perzentil	-	-	0.084
Ertragsrate des externen Wissenskapitals			
Mittelwert	-	4.16e-06	4.50e-06
Zum Vergleich: Implizit geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K			
Mittelwert	0.096		
Zum Vergleich: Implizit geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W			
Mittelwert	0.019		

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: Wachstumsrate der Umsatzes: $\Delta \log(S)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta E/S$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta W/S$, Interaktion: $(\Delta K/S) * (\Delta W/S)$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Zum Vergleich gibt Tab. 3-13 abschließend die geschätzten Ertragsraten der FuE-Tätigkeit an auf Basis der Schätzung der Modellvariante 4. Wie bereits im vorherigen Abschnitt erläutert wird in diesem Modell nicht die Outputelastizität geschätzt, sondern die direkt die Ertragsrate der FuE-Tätigkeit. Die Ergebnisse bestätigen qualitativ die Aussagen, die bereits aus den vorhergehenden Modellen abgeleitet wurden, nicht jedoch unbedingt quantitativ. Die private

(Netto-)Ertragsrate wird in diesem Modell mit durchschnittlich 0.09 deutlich niedriger geschätzt als in den vorhergehenden Modellvarianten. Die Schätzungen bestätigen, dass es auch unter diesen Modellannahmen signifikante soziale Zusatzerträge in der Form von Produktivitätssteigerungen gibt, die ein Unternehmen daraus erzielt, dass ein anderes Unternehmen einen Euro zusätzlich in die Forschung investiert. Der durchschnittliche Effekt zwischen zwei einzelnen Unternehmen ist signifikant auf dem 1-Prozentniveau, wenngleich vergleichsweise gering mit einem Wert von 0.0000045. Summiert man den Effekt über alle Unternehmen, dann erhält man soziale Zusatzerträge durch FuE von 0.09 (Szenario 1) bzw. 0.14 (Szenario 2). Sowohl die privaten als auch die sozialen Zusatzerträge werden in Modellvariante 4 niedriger geschätzt, wenngleich das Verhältnis von sozialen zu privaten Erträgen nahezu konstant bleibt. Insgesamt sollte jedoch gesagt werden, dass die Schätzungen für Modellvariante 4 sehr sensitiv gegenüber kleinen Veränderungen z.B. hinsichtlich der Lagstruktur der erklärenden Variablen und der Wahl des Zeitraums für die Wachstumsrate des Umsatzes waren und vielfach wenig plausible Ergebnisse lieferten. Daher wird den Ergebnissen aus der indirekten Ermittlung der Ertragsraten den Vorzug gegeben.

3.4.2 Soziale Erträge innerhalb verschiedener Unternehmensgruppen

Dieser Unterabschnitt ist der Frage gewidmet, ob und inwieweit sich die sozialen Zusatzerträge für verschiedene Unternehmensgruppen unterscheiden. Innovationspolitisch lassen sich daraus Rückschlüsse auf notwendige Förderimpulse ziehen. Folgende Unternehmensgruppen werden untersucht:

- Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe – Dienstleistungsunternehmen
- Unternehmen aus den High-Tech, Medium-Tech und Low-Tech-Branchen
- Junge versus alte Unternehmen
- Ostdeutsche versus westdeutsche Unternehmen
- Große versus kleine Unternehmen.

3.4.2.1 Soziale Erträge im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor

Im Folgenden werden zunächst die privaten und sozialen Erträge aus FuE-Tätigkeit für Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe und für Dienstleistungsunternehmen verglichen. Diese Unterscheidung erscheint auch vor dem Hintergrund sinnvoll, da die Vorgängerstudie von Harhoff (2000) aus Datengründen nur Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe einbeziehen konnte. Das verarbeitende Gewerbe umfasst bekanntermaßen die Wirtschaftszweige 15-37 der Wirtschaftszweigklassifikation WZ93 des Statistischen Bundesamtes. Zum

Dienstleistungssektor werden die Wirtschaftszweige 50-52, 60-90 gezählt, überwiegend handelt es sich hier dabei um EDV-Unternehmen sowie technische Dienstleister. Insgesamt zählen auf Grund der bereits in Abschnitt 3.2 beschriebenen Gründe jedoch nur rund 5.3% der Unternehmen der Stichprobe zu den Dienstleistungsunternehmen. Die nachfolgende Tab. 3-14 enthält die Ergebnisse hinsichtlich der Erträge aus eigener und fremder FuE, exemplarisch anhand der Modellvariante 2.

- **Die privaten Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit sind im Dienstleistungssektor ähnlich hoch wie im verarbeitenden Gewerbe.**

Hinsichtlich der Produktivitätseffekte der eigenen FuE-Tätigkeit lassen sich in den Daten keine signifikanten Unterschiede zwischen Dienstleistungsunternehmen und Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes ausmachen. Mit 0.091 liegt die durchschnittliche private Outputelastizität bei den Dienstleister sogar geringfügig höher als im verarbeitenden Gewerbe mit 0.087. Angesichts der Unterschiede in der Größenordnung der FuE-Ausgaben in beiden Wirtschaftsgruppen mag dieses Ergebnis auf den ersten Blick verwundern. Allerdings sollte dabei berücksichtigt werden, dass es sich im Sample im Wesentlichen um technische Dienstleister und Unternehmen aus dem Bereich EDV/Telekommunikation handelt. Diese gleichen in vielen ihrer Innovationsindikatoren eher den Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes als anderen Dienstleistungsunternehmen. So ist die EDV/Telekommunikation im Jahr 2007 die Branche mit dem zweithöchsten Anteil FuE treibender Unternehmen nach der Chemiebranche. Die technischen Dienstleister belegen hinsichtlich der FuE-Beteiligung den 7. Rang (vgl. Aschhoff et al. 2009). Diese hohe FuE-Beteiligung lässt indirekt auf hohe private Erträge aus FuE schließen, da die Unternehmen bei mangelnder Rendite keine FuE-Projekte in Angriff nehmen würden

- **Anders als im verarbeitenden Gewerbe ergeben sich signifikant negative Spillovereffekte aus externer FuE in Dienstleistungsunternehmen.**

Im Gegensatz zum verarbeitenden Gewerbe, wo wir signifikant positive soziale Zusatzerträge festhalten können, finden wir jedoch für Dienstleistungsunternehmen keine positiven Produktivitätseffekte, die aus der FuE-Tätigkeit anderer Unternehmen herrühren. Die Outputelastizität ist mit -0.06 signifikant kleiner als Null. In diesen Ergebnissen kann sich zum einen widerspiegeln, dass Dienstleistungsunternehmen durchschnittlich eine geringere Betriebsgröße aufweisen und kleinere Unternehmen sich tendenziell schwerer tun, externes Wissen zu absorbieren (vgl. Abschnitt 3.4.2.5). Dieses Ergebnis kann jedoch auch das Resultat davon sein, dass die Wettbewerbsvorteile, die Dritte durch ihre eigene FuE, erzielen die möglichen Produktivitätsgewinne durch

Wissensspillover überkompensieren, so dass der Nettoproduktivitätseffekt negativ wird.

Tab. 3-14: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität im verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
Sachprobe	VG	DL
Sachkapital	0.045** (2.479)	0.065 (0.885)
Interner Wissenskapitalstock	-0.059 (-1.403)	-0.243* (-1.764)
Externer Wissenskapitalstock	0.127*** (3.109)	0.061 (0.709)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.033*** (3.864)	0.057*** (8.018)
Beschäftigte	-0.221*** (-5.804)	-0.452*** (-2.659)
Konstante	0.262*** (16.648)	-0.067 (-0.329)
R ²	0.210	0.561
W_Zeit	0.000	0.320
W_intern	0.000	0.000
W_extern	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000
N	3149	125
	Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K	
Mittelwert	0.087	0.091
Median	0.091	0.106
25% Perzentil	0.041	0.052
75% Perzentil	0.137	0.155
	Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W	
Mittelwert	0.010	-0.060
Median	0.011	-0.061
25% Perzentil	-0.014	-0.098
75% Perzentil	0.034	-0.022

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressions beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.2.2 Soziale Erträge in High- und Low-Tech-Branchen

Dieser Abschnitt ist der Frage gewidmet, ob und inwieweit Unternehmen aus unterschiedlichen Sektoren von Wissensspillovern profitieren können und sich dabei systematische Unterschiede ergeben. Wie der Literaturüberblick in Abschnitt 2.4 gezeigt hat, liefern die bisherigen empirischen Studien für andere Länder diesbezüglich keine eindeutigen Ergebnisse.

Tab. 3-15: Definition der verwendeten Branchengruppen

Definition	Branchen- gruppen	Be- zeich- nung	Wirtschaftszweigklassi- fikation (NACE Rev. 1.1)	Branchen
1	Low-Me- dium-Tech	LMT	15-23, 25-28, 351, 36, 37,	Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung, Tex- tilgewerbe, Bekleidungsgewerbe, Lederge- werbe, Holzgewerbe, Papiergewerbe, Verlag und Druck, Mineralölverarbeitung, Gummi- und Kunststoffherstellung, Glas/Keramik/Stein- waren, Metallerzeugung und –bearbeitung, Stahl und Herstellung von Metallerzeugnissen, Schiffbau, Möbel/ Schmuck/ Musikinstru- mente/Spielwaren, Recycling
	High-Me- dium-Tech	HMT	24, 29-35 (ohne 351)	Chemische Industrie, Maschinenbau, Herstel- lung von Büromaschinen, Herstellung von Ge- räten der Elektrizitätserzeugung und –vertei- lung, Nachrichtentechnik/Rundfunk- und Fern- sehgeräte, Medizin-, Mess-, Steuer- und Rege- lungstechnik/Optik, Herstellung von Kfz und Kfz-Teilen, Sonstiger Fahrzeugbau (ohne Schiffbau)
	Low-Tech	LT	15-22, 36, 37	Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung, Tex- tilgewerbe, Bekleidungsgewerbe, Lederge- werbe, Holzgewerbe, Papiergewerbe, Verlag und Druck, Möbel/ Schmuck/ Musikinstru- mente/ Spielwaren, Recycling
2	Medium- Tech	MT	23, 24 (ohne 244), 25- 29, 31, 34, 35 (ohne 353)	Mineralölverarbeitung, Chemische Industrie (ohne Pharmaindustrie), Gummi- und Kun- ststoffherstellung, Glas/Keramik/Steinwaren, Metallerzeugung und –bearbeitung, Stahl und Herstellung von Metallerzeugnissen, Maschi- nenbau, Herstellung von Geräten der Elektrizi- tätserzeugung und –verteilung, Herstellung von Kfz und Kfz-Teilen, Sonstiger Fahrzeugbau (ohne Luft- und Raumfahrzeugbau)
	High-Tech	HT	244, 30, 32, 33, 353	Pharmaindustrie, Herstellung von Büromaschi- nen, Nachrichtentechnik/Rundfunk- und Fern- sehgeräte, Medizin-, Mess-, Steuer- und Rege- lungstechnik/Optik, Luft- und Raumfahrzeug- bau

Quelle: Eigene Darstellung.

Im Folgenden werden zwei alternative Branchengruppen-Einteilungen verwendet. In der ersten Definition werden lediglich zwei Branchengruppen unterschieden. Der High-Medium-

Tech-Sektor (HMT) umfasst dabei High-Tech und Medium-High-Tech-Unternehmen (HMT) des verarbeitenden Gewerbes, während der Low-Medium-Tech-Sektor (LMT) die Low-Tech und Medium-Low-Tech-Unternehmen einschließt. Die Abgrenzung erfolgt in Anlehnung an die Definition der OECD und ist in Tab. 3-15 erläutert. Alternativ werden die Gruppen High-Tech (HT), Medium-Tech (MT) und Low-Tech-Unternehmen (LT) getrennt analysiert. Die Bereiche Energie/Wasser und Dienstleistungen werden in diesem Analyseschritt nicht weiter betrachtet.

Tab. 3-16 gibt die Verteilung der Stichprobe nach den Branchengruppen an. In dem Datensatz stammen knapp 26% der Unternehmen aus High-Tech-Sektoren und 11% der Unternehmen gehört zum Low-Tech-Bereich. Die Mehrheit der Unternehmen (63%) stellen Medium-Tech-Unternehmen dar.³⁷

Tab. 3-16: Verteilung der Stichprobe nach Branchengruppen, 1991-2005

Definition	Branchengruppe	Anzahl	In % aller Beobachtungen
Definition 1	HMT	5378	69.94
	LMT	2311	30.06
Definition 2	HT	1978	25.73
	MT	4863	63.25
	LT	848	11.03
Gesamt		7689	100.00

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Auf Basis der Ergebnisse in Tab. 3-17 lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- **High-Tech-Unternehmen profitieren von eigener FuE-Tätigkeit im wesentlich stärkeren Ausmaß als Medium-Tech- oder Low-Tech-Unternehmen.**

Im High-Tech-Sektor liegt die Outputelastizität mit 0.22 deutlich über dem durchschnittlichen Wert aller Unternehmen mit 0.09 für die gesamte Stichprobe. Eine Erhöhung des eigenen Wissenskapitalstocks um 10 Prozent führt in High-Tech-Unternehmen danach im Durchschnitt zu einem Anstieg der Arbeitsproduktivität von 2,2 % gegenüber nur 0.4 % bei Unternehmen aus dem Medium-Tech-Sektor. Für Low-Tech-Unternehmen zeigen sich dagegen keine signifikanten Produktivitätseffekte aus eigener FuE-Tätigkeit. Darin spiegeln sich die unterschiedlichen technologischen Möglichkeiten in den beiden Sektoren wieder, die sich dann auch in Marktergebnissen niederschlagen.

³⁷ Diese Verteilung ist nicht repräsentativ für die Grundgesamtheit aller Unternehmen in Deutschland. Dies sollte auch nicht so sein, da die FuE-Erhebung eine Vollerhebung der FuE-treibenden Unternehmen anstrebt und der Anteil der Unternehmen mit FuE-Aktivitäten in den Branchengruppen stark differiert.

- **Geringe Veränderung der privaten Erträge aus FuE-Tätigkeit im High-Medium-Tech-Sektor im Zeitablauf, stärkerer Rückgang im Low-Medium-Tech-Sektor.**

Ein Vergleich zum Zeitraum 1977-1989 ist nur für die Gruppe der High-Medium-Tech und Low-Medium-Tech-Unternehmen möglich. Danach ist im HMT-Sektor die Outputelastizität geringfügig gesunken (Rückgang des Medianwertes von 0.13 auf 0.12), gleichzeitig hat jedoch die Spannbreite der Effekte zugenommen. D.h. während die mittleren 50% der Unternehmen zwischen 1977-1989 bei einer Erhöhung des FuE-Kapitalstocks um 10% Produktivitätszuwächse zwischen 1.1% und 1.3% erzielen konnten, bewegten sich die Zuwächse 1991-2005 zwischen 0.6% und 1.7%.

Beim Low-Medium-Tech-Sektor zeichnet sich dagegen ein deutlich stärkerer Rückgang im Zeitablauf ab. Hier verzeichnen wir einen Rückgang der Outputelastizität von 0.035 auf 0.01. Auffällig ist die Tatsache, dass es nur eine sehr geringe Spannbreite der geschätzten Produktivitätseffekte im LMT-Sektor gibt. Dies bedeutet, dass sich kaum Unterschiede in der Produktivitätswirkung der FuE-Tätigkeit bei LMT-Unternehmen ausmachen lassen. Allerdings sollte man auch berücksichtigen, dass die Anzahl der Beobachtungen mit 312 sehr klein ist.

- **Im Durchschnitt haben High-Tech-Unternehmen dagegen nicht von fremder FuE-Tätigkeit profitiert. Im Gegensatz dazu zeigen sich Spillovereffekte bei den Medium-Tech-Unternehmen und insbesondere bei den Low-Tech-Unternehmen.**

Für High-Tech-Unternehmen kann kein signifikanter Produktivitätseffekt aus fremder FuE im Datensatz festgestellt werden. Der geschätzte Effekt ist negativ, aber nicht signifikant von 0 verschieden.³⁸ Dagegen profitieren Medium-Tech-Unternehmen in signifikantem Ausmaß von fremder FuE. Der geschätzte Produktivitätszuwachs bei einer Zunahme des fremden FuE-Kapitalstocks um 10% liegt bei rund 0.2%. Im Gegensatz dazu zeigen sich mit 1.6% besonders hohe Spillovereffekte aus fremder FuE in Low-Tech-Unternehmen.

Dieses Ergebnis ist vor allem vor dem Hintergrund überraschend, dass es in den 80er Jahren noch die High-Medium-Tech-Unternehmen waren, die von hohen Spillovereffekten profitieren konnten. Damals lag der Produktivitätszuwachs noch bei knapp 1.3% (Medianwert), während Low-Tech-Unternehmen geringe negative Produktivitätseffekte verzeichneten (-0.17 %). Allerdings sollte man die Ergebnisse für den Low-

³⁸ Der p-Wert des Tests auf gemeinsame Signifikanz des externen Wissenskapitalsstocks und des Interaktionsterms ($W_{extern}=0.173$) zeigt, dass die Hypothese, dass beide Größen gemeinsam nicht signifikant von 0 verschieden sind, nicht abgelehnt werden kann.

Tech-Bereich auch vor dem Hintergrund sehen, dass es sich hier nur um die forschenden Unternehmen aus dem Low-Tech-Bereich handelt, die einen vergleichsweise geringen Anteil an allen Low-Tech-Unternehmen ausmachen.

Das gerade aus Sicht der High-Tech-Unternehmen überraschende Ergebnis könnte zum einen damit erklärt werden, dass FuE-Aktivitäten anderer Unternehmen für das eigene Unternehmen immer mit zwei gegenteiligen Effekten verbunden sind: Auf der einen Seite wird Wissen generiert, welches das betreffende Unternehmen (zum Teil) für die bestehende Produktion aber vor allem auch für die Weiterentwicklung eigener Produkte nutzen kann, ohne die FuE finanziert zu haben. Dem gegenüber steht der gegenläufige Effekt, dass die FuE-Aktivitäten konkurrierender Unternehmen diese in eine bessere Wettbewerbsposition bringen, sofern deren FuE-Tätigkeit erfolgreich ist, sei es in Form neuer verbesserter Produkte oder effizienterer Produktionsverfahren. Damit einher geht eine Verschlechterung der eigenen Marktposition (so genannte Marktverdrängungseffekte, siehe Bloom et al. 2007). Gerade im High-Tech-Sektor sind Forschungsaktivitäten ein wesentliches Wettbewerbskriterium. Ein alternativer Erklärungsansatz geht davon, dass gerade High-Tech-Unternehmen in ihren jeweiligen Forschungsaktivitäten sehr spezialisiert sind und daher weniger vom allgemeinen Wissenspool profitieren. Zwar berücksichtigt der hier gewählte Ansatz eine Gewichtung nach technologischer Nähe zwischen dem Wissen von Unternehmen, es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die vorhandenen Produktkategorien in der FuE-Erhebung dem hohen Spezialisierungsgrad der High-Tech-Unternehmen nicht detailliert genug Rechnung tragen und der relevante Wissenspool damit überschätzt wird. Eine dritte Ursache könnte darin liegen, dass gerade High-Tech-Unternehmen ihr Wissen stärker z.B. durch Patente schützen als Unternehmen in anderen Sektoren. Unter der Voraussetzung, dass Unternehmen primär vom intraindustriellen Wissen profitieren, würde dies bedeuten, dass für High-Tech-Unternehmen das relevante externe Wissen schwerer zugänglich ist und sie damit auch nur in geringerem Maße in der Lage sind, fremdes Wissen zu nutzen. Eine vierte Möglichkeit wäre, dass High-Tech-Unternehmen sehr wohl von externem Wissen profitieren, das relevante Wissen aber im Zuge der zunehmenden Globalisierung nicht mehr primär von heimischen Unternehmen generiert wird, sondern von ausländischen Wettbewerbern. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse lässt keine eindeutige Schlussfolgerung ableiten. Eine Untermauerung der verschiedenen Thesen wäre möglich, wenn man die Wissenskapitalstücke getrennt

nach Wissen aus High- und Low-Tech-Branchen untersuchen würde. Dies wird in Abschnitt 3.4.4 vorgenommen.³⁹

Tab. 3-17: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, getrennt nach Sektoren, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abh. Var.	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]				
Methode	OLS				
Stichprobe	HMT	LMT	HT	MT	LT
C	0.050** (2.455)	0.045 (1.361)	0.054 (1.511)	0.045** (2.140)	0.045 (0.719)
K	-0.112 (-1.488)	0.011 (0.271)	0.032 (0.206)	-0.075 (-1.570)	0.022 (0.247)
W	0.122** (2.171)	0.071 (1.096)	0.040 (0.4439)	0.118** (2.329)	0.039 (0.351)
K*W	0.044*** (3.336)	-0.001 (-0.080)	0.036 (1.405)	0.027** (2.532)	-0.030 (-1.569)
L	-0.265*** (-5.850)	-0.168** (-2.509)	-0.283*** (-2.784)	-0.246*** (-5.609)	-0.084 (-0.674)
Konst.	0.082*** (4.904)	0.123*** (5.034)	0.136*** (4.671)	0.052*** (3.118)	0.139*** (2.609)
R ²	0.237	0.161	0.214	0.243	0.113
W_intern	0.000	0.960	0.000	0.025	0.152
W_extern	0.000	0.038	0.173	0.041	0.041
W_time	0.000	0.000	0.001	0.000	0.031
W_know.	0.000	0.050	0.001	0.060	0.086
N	2242	890	829	1890	312
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K					
Mittelwert	0.110	0.008	0.224	0.039	-0.050
Median	0.116	0.008	0.231	0.044	-0.054
25% P.	0.062	0.007	0.177	0.007	-0.085
75% P.	0.166	0.009	0.276	0.076	-0.022
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W					
Mittelwert	-0.021	0.075	-0.059	0.020	0.166
Median	-0.020	0.075	-0.060	0.021	0.164
25% P.	-0.052	0.074	-0.079	0.003	0.145
75% P.	0.007	0.076	-0.038	0.038	0.184

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

³⁹ Mögliche ausländische Spillover-Effekte konnten aus Datengründen nicht in die Analyse einbezogen werden. Es wurde im Rahmen der Studie versucht, die FuE-Ausgaben des Auslands - getrennt nach HT, MT, LT und Dienstleistungssektor - in das Modell einzubauen (ANBERD-Daten der OECD). Um einen vergleichbaren externen Wissenskapitalstock für den Ausland zu generieren, wurde für jedes Unternehmen dieselbe Gewichtungsmatrix unterstellt wie für das Inland. Diese führte jedoch zu hoher Multikollinearität in den Variablen und implausiblen Schätzergebnissen.

- **Die insgesamt im High-Tech-Bereich erzielten Erträge aus FuE übersteigen auf Grund der hohen privaten Erträge dennoch die sozialen Erträge aus FuE im Medium-Tech-Sektor.**

Mittels der geschätzten durchschnittlichen Elastizitäten sowie der Medianwerte für das Verhältnis von internem bzw. externem Wissenskapital zum Umsatz erhält man die private Ertragsrate und soziale Zusatzertragsrate für jeden Sektor. Für den High-Tech-Sektor ergibt sich insgesamt eine soziale Ertragsrate von 48.8%. Diese setzt sich zusammen aus der privaten Ertragsrate von 48.8% und einer sozialen Zusatzertragsrate, die hier mit 0% angesetzt wurde auf Grund des nicht signifikanten Effekts des fremden Wissenskapitalstocks. Für den Medium-Tech-Sektor ergibt sich analog eine private Ertragsrate von 21.6% und eine soziale Zusatzertragsrate von 12.8%.⁴⁰ Damit beträgt die Summe sozialer Erträge aus FuE im Medium-Tech-Sektor rund 34.5% und liegt damit unter der im High-Tech-Sektor.

3.4.2.3 Soziale Erträge in jungen und alten Unternehmen

Eine interessante Frage, die sich stellt und die im Rahmen des Projekts beantwortet werden soll, zielt darauf ab, inwieweit sich junge von bereits am Markt etablierten Unternehmen in ihren Fähigkeiten unterscheiden, einerseits sowohl von eigener Forschungstätigkeit als andererseits auch vom Wissen anderer zu profitieren.

Informationen über das Unternehmensalter sind in den FuE-Erhebungen selbst nicht vorhanden, diese konnte jedoch mittels der Informationen des Verbandes der Vereinte Creditreform zugespielt werden. Die Einteilung der Unternehmen in junge und alte Unternehmen unterliegt naturgemäß einer gewissen Willkür. Das Alter soll in diesem Zusammenhang im Wesentlichen die Markterfahrung der Unternehmen abbilden. Als Kriterium wird analog dem Vorgehen der Studie von Rammer et al. (2005) das Alter relativ zur typischen Dauer des Produktlebenszyklus gewählt, welches über alle Branchen hinweg bei durchschnittlich 8 Jahren liegt. D.h. als jung wurden Unternehmen klassifiziert, deren Gründungsjahr nicht länger als acht Jahre zurückliegt.⁴¹ Dabei wird postuliert, dass die erste Lebensphase eines Unternehmens den Zeitraum zwischen dem Markteintritt und dem Ende der Lebensdauer - d.h. der Marktpräsenz - des ersten Produkts umfasst. In dieser Phase muss ein junges Unternehmen sich erfolgreich im Markt positionieren und unternehmensintern jene Voraussetzungen schaffen, um auf kontinuierlicher Basis - entsprechend dem Produktzyklus im Markt - Nachfolgeprodukte

⁴⁰ Diesen Berechnungen liegt die Annahme zu Grunde, dass es ca. 2500, 9000 bzw. 2350 forschende Unternehmen in den Sektoren HT, MT bzw. LT gibt.

⁴¹ Schätzung auf Basis der Angaben über die Produktlebenszyklusdauer im Mannheimer Innovationspanel, siehe Rammer et al. (2005). Die Tatsache, dass es je nach Markt recht unterschiedlich lange dauern kann, bis ein Unternehmen als „markterfahren“ gilt, wurde hier allerdings nicht berücksichtigt.

hervorzubringen und zu vermarkten. Diese Abgrenzung war darüber hinaus auch aus praktischen Erwägungen notwendig, um genügend Beobachtungen zu haben, wenn z.B. 4-Jahres-Wachstumsraten gebildet werden.

Tab. 3-18 stellt die Verteilung der Stichprobe nach dem Alter dar. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass ein Unternehmen im Datensatz nicht generell zu den jungen oder alten Unternehmen zählt, sondern den Status von jung auf alt wechseln kann. Entsprechend stammen 37% der Beobachtungen im Datensatz von jungen Unternehmen

Tab. 3-18: Verteilung der Stichprobe nach Alter, 1991-2005

	Anzahl Beobachtungen	In % aller Beobachtungen
Alte Unternehmen	4.941	63.32
Junge Unternehmen	2.862	36.68
Gesamt	7.803	100.00

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-19 stellt den Produktivitätseffekte von internem und externem FuE-Kapital getrennt für junge und alte Unternehmen dar. Daraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten.

- **Die Erträge aus eigener FuE sind bei jungen Unternehmen höher als bei etablierten Unternehmen.**

Während junge Unternehmen durch eine Ausweitung ihres FuE-Kapitalstocks um 10% durchschnittlichen einen Produktivitätszuwachs von 1.1% erzielen können, liegt dieser Zuwachs bei Unternehmen, die älter als acht Jahre sind nur bei rund 0.7%.

- **Demgegenüber können junge Unternehmen noch nicht von dem externen Wissen profitieren, während alte Unternehmen signifikant positive Produktivitätseffekte von rund 0.25% bei einer Erhöhung des externen Wissenskapitalstocks um 10% erreichen.**

Die geschätzten Produktivitätseffekte aus externem Wissenskapital sind statistisch nicht signifikant. Das Ergebnis für junge Unternehmen hängt dabei nicht davon ab, ob man einen kürzen 2- oder längeren 4-Jahreszeitraum für die Produktivitätseffekte betrachtet. Die Tatsache, dass sich junge Unternehmen schwer tun, von dem externen Wissen zu profitieren kann verschiedene Gründe haben. Zum einen ist die Akkumulation in Bezug auf technologisches Wissen bei jungen Unternehmen naturgemäß noch nicht so weit fortgeschritten. D.h. den jungen Unternehmen dürfte es vielfach an den notwendigen absorptiven Fähigkeiten fehlen, die notwendig sind um sich fremdes

Wissen anzueignen.⁴² Damit verbunden ist häufig auch die Tatsache, dass junge Unternehmen seltener in Forschungskooperationen oder Forschungsnetzwerken eingebunden sind und ihnen damit ein möglicher Zugangskanal zu fremdem Wissen seltener zur Verfügung steht. Sowohl die Intensivierung der eigenen Forschungsaktivitäten als auch die Verbesserung der Zugangsmöglichkeiten zu externem Wissen könnten jungen Unternehmen helfen stärker vom fremden Wissen zu profitieren.

⁴² Dies muss jedoch nicht zwangsläufig der Fall, wenn es sich bei den Gründern und Beschäftigten des jungen Unternehmens um Beschäftigte mit sehr viel FuE-Erfahrung handelt.

Tab. 3-19: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in jungen und alten Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]		4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
	OLS		OLS	
Methode	Junge Unternehmen	Alte Unternehmen	Junge Unternehmen	Alte Unternehmen
Stichprobe				
Sachkapital	-0.005 (-0.136)	0.032* (1.873)	-0.059 (-1.347)	0.034 (1.612)
Interner Wissens- kapitalstock	0.017 (0.242)	-0.086** (-1.976)	0.000 (0.003)	-0.054 (-1.197)
Externer Wissens- kapitalstock	0.071 (1.224)	0.121*** (2.973)	0.063 (0.702)	0.127*** (2.901)
Interaktion: interner und externer W.	0.016 (1.440)	0.032*** (3.783)	0.024 (2.102)	0.029*** (3.096)
Beschäftigte	-0.412*** (-5.163)	-0.435*** (-9.389)	-0.358*** (-3.670)	-0.291*** (-6.193)
Konstante	0.260*** (4.640)	0.091*** (7.565)	-0.004 (-0.068)	0.118*** (6.237)
R ²	0.271	0.274	0.274	0.231
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	0.079	0.000	0.067	0.003
W_extern	0.300	0.001	0.307	0.007
W_Wissen	0.001	0.007	0.137	0.007
N	1164	1701	508	1701
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K				
Mittelwert	0.091	0.052	0.112	0.070
Median	0.096	0.056	0.118	0.074
25% Perzentil	0.066	0.009	0.077	0.032
75% Perzentil	0.119	0.099	0.151	0.113
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W				
Mittelwert	-0.015	0.009	-0.018	0.026
Median	-0.016	0.009	-0.016	0.026
25% Perzentil	-0.002	-0.016	-0.036	0.004
75% Perzentil	-0.028	0.033	0.000	0.047

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock:

$\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.2.4 Soziale Erträge in ost- und westdeutschen Unternehmen

In diesen Abschnitt werden soziale Erträge getrennt für ost- und westdeutsche Unternehmen untersucht. Die Zugehörigkeit bestimmt sich jeweils nach dem Hauptsitz des Unternehmens, dabei wird Berlin zu Ostdeutschland gezählt. Insgesamt enthält der Datensatz knapp 40% ostdeutsche Unternehmen und 60% Unternehmen aus Westdeutschland.

Tab. 3-20: Verteilung der Stichprobe nach Region, 1991-2005

Region	Anzahl	In % aller Beobachtungen
Westdeutschland	5.041	60.42
Ostdeutschland (inklusive Berlin)	3302	39.58
Gesamt	8343	100.00

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-21 stellt die Ergebnisse hinsichtlich der privaten und sozialen Erträge aus FuE getrennt für ost- und westdeutsche Unternehmen dar. Dabei sind zwei Ergebnisse augenfällig:

- **Hinsichtlich der sozialen Zusatzerträge von fremder FuE gibt es keine wesentlichen Unterschiede zwischen ost- und westdeutschen Unternehmen.**

Die geschätzte Outputelastizität bezüglich des externen Wissenskapitals ist in beiden Gruppen mit 0.029 (West) bzw. 0.032 (Ost) nahezu identisch. D.h. eine Zunahme des externen Wissenskapitalstocks um 10% hätte zu einem durchschnittlichen Anstieg der Arbeitsproduktivität um rund 0.29% in westdeutschen Unternehmen geführt im Vergleich zu 0.32% in ostdeutschen Unternehmen. Auch hinsichtlich der Verteilung der Effekte gibt es keine wesentlichen Unterschiede in beiden Unternehmensgruppen.

- **Die privaten Erträge aus FuE sind in ostdeutschen Unternehmen im Zeitraum 1991-2005 deutlich größer gewesen als in westdeutschen Unternehmen.**

Deutliche Unterschiede zwischen beiden Unternehmensgruppen existierten in dem Zeitraum jedoch hinsichtlich der privaten Erträge aus FuE. Ostdeutsche Unternehmen konnten bei einer Zunahme des eigenen FuE-Kapitalstocks um 10% einen Produktivitätszuwachs von rund 1.3% erzielen während der Vergleichswert für westdeutsche Unternehmen bei ca. 0.33% lag. Während die private FuE-Elastizität für Ostdeutschland deutlich oberhalb der in anderen Studien genannten Werte liegt, bewegt sich der Wert für Westdeutschland eher im mittleren bis unteren Bereich. Während für Gesamtdeutschland noch eine leichte Zunahme der privaten Produktivitätseffekte aus eigener FuE-Tätigkeit im Zeitablauf festgestellt werden konnte (vgl. Abschnitt 3.4.1), so zeigt sich nun, dass dieser Effekt primär auf die ostdeutschen Unternehmen zurückzuführen ist. Für Westdeutschland sind die Produktivitätszuwächse aus eigener FuE-Tätigkeit dagegen zurückgegangen. Die besonders hohen Erträge aus FuE-Tätigkeit im Osten müssen vor der besonderen Situation der Wiedervereinigung gesehen werden. Eigene FuE-Tätigkeit war hier eine wesentlich Voraussetzung für ostdeutsche Unternehmen um im Wirtschaftsprozess aufzuholen und angesichts des geringen Ausgangsniveaus der Produktivität in ostdeutschen Unternehmen konnten größere Produktivitätszuwachsraten erzielt werden.

Tab. 3-21: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in west- und ostdeutschen Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
Stichprobe	West	Ost
Sachkapital	0.003 (0.114)	0.048* (1.859)
Interner Wissenskapitalstock	-0.059 (-1.402)	0.015 (0.235)
Externer Wissenskapitalstock	0.116*** (2.744)	0.105* (1.903)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.024** (2.520)	0.022** (1.997)
Beschäftigte	-0.290*** (-6.250)	-0.191*** (-2.920)
Konstante	0.141*** (8.586)	0.000 (0.002)
R ²	0.186	0.259
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.095	0.003
W_extern	0.079	0.112
W_Wissen	0.028	0.006
N	2013	1155
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.033	0.130
Median	0.036	0.134
25% Perzentil	-0.001	0.104
75% Perzentil	0.071	0.161
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.029	0.032
Median	0.030	0.032
25% Perzentil	0.011	0.016
75% Perzentil	0.048	0.047

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock:

$\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.2.5 Soziale Erträge in kleinen und großen Unternehmen

Abschließend werden die Effekte aus FuE-Tätigkeit für die Gruppe der KMU und Großunternehmen untersucht. Als Großunternehmen wurden Unternehmen mit mehr als 1000 Beschäftigten eingestuft. Ähnlich wie bei der Einteilung in junge und alte Unternehmen können Unternehmen im Verlaufe des betrachteten Zeitraums ihren Status wechseln. Die Verteilung des

Stichprobe in Tab. 3-22 bezieht sich daher auf die Anzahl der Beobachtungen in den jeweiligen Unternehmensgruppen. Insgesamt stammen rund 87% der Beobachtungen von KMU.

Tab. 3-22: Verteilung der Stichprobe nach Unternehmensgröße, 1991-2005

	Anzahl	In % aller Beobachtungen
Unternehmen < 1000 Beschäftigte	7.237	86.74
Unternehmen \geq 1000 Beschäftigte	1.106	13.26
Gesamt	8.343	100.00

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-23 stellt die Ergebnisse hinsichtlich der privaten und sozialen Erträge aus FuE getrennt für kleine und große Unternehmen dar.

- **Kleine und mittlere Unternehmen mit weniger als 1000 Beschäftigten erzielten im Zeitraum 1991-2005 deutlich größere Produktivitätsgewinne durch eigene FuE-Tätigkeit als große Unternehmen.**

Während bei großen Unternehmen mit mehr als 1000 Beschäftigten eine Zunahme des eigenen Wissenskapitalstocks um 10% zu einem Produktivitätswachstum von rund 0.6% geführt hat, lag dieser Wert mit 1% bei den KMU um gut 70% höher. Während die Verteilung der privaten Erträge aus FuE für Großunternehmen jedoch relativ wenig streut, zeigt sich bei den KMU eine deutlich stärkere Dispersion der Effekte. Während der Produktivitätseffekt für die unteren 25% der Unternehmen noch in beiden Gruppen relativ ähnlich ist mit knapp 0.5%, erreichen die besten 25% der KMU Produktivitätsgewinne von 1,5% und mehr. Bei den Großunternehmen liegt dieser Wert nur bei knapp 0.8%. In dieser unterschiedlichen Ertragsrate dürfte auch zum Tragen kommen, dass jedes Großunternehmen in der Regel eine Vielzahl von Innovationsprojekten durchführt, während KMU häufig nur ein oder eine Handvoll von FuE-Projekten gleichzeitig durchführen. Geht man davon aus, dass zunächst die Projekte mit den höchsten Erträgen durchgeführt werden, dann sollten die Effekte mit zunehmender Anzahl der Projekte sinken (sie werden gleichwohl durchgeführt, sofern der erwartete Gewinn aus dem Projekt positiv ist). Da hier ein Durchschnittseffekt über alle FuE-Projekte eines Unternehmens geschätzt wird, könnte der unterschiedliche Ertrag somit schlicht auch ein Größeneffekt sein.

- **Demgegenüber profitieren große Unternehmen fast 8mal stärker von externem Wissen als kleine Unternehmen.**

Auffällig ist dagegen, dass große Unternehmen deutlich stärker von Wissensspillovern profitieren als KMU. Die geschätzte Outputelastizität ist mit 0.067 rund 8mal so hoch wie die der KMU. Diese Unterschiede in dem Ausmaß, in dem beide Gruppen von externem Wissen profitieren, dürfte zum Teil der Tatsache geschuldet sein, dass die ab-

sorptiven Fähigkeiten auf Grund des geringeren absoluten Umfangs von FuE-Tätigkeiten in KMU geringer sein dürften. Die starke Diskrepanz muss jedoch nicht nur zwingend aus Unterschieden in den absorptiven Fähigkeiten resultieren. Zumindest ein Teil des Unterschieds dürfte auch darin begründet sein, dass zum einen große Unternehmen ein breiteres Produktsortiment anbieten und daher die Wahrscheinlichkeit für Spillovereffekte zunimmt. Zum anderen sind kleine Unternehmen häufiger auch in Nischen aktiv und sind daher technologisch gesehen weiter von anderen Unternehmen entfernt.

Tab. 3-23: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in KMU und Großunternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
Stichprobe	Großunternehmen	KMU
Sachkapital	0.093 (0.969)	0.043** (2.442)
Interner Wissenskapitalstock	0.046 (0.719)	-0.097** (-2.107)
Externer Wissenskapitalstock	0.111 (1.298)	0.149*** (3.764)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.013 (0.662)	0.041*** (4.736)
Beschäftigte	-0.008 (-0.073)	-0.233*** (-5.815)
Konstante	0.249*** (7.648)	0.254*** (13.907)
R ²	0.138	0.236
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.061	0.000
W_extern	0.023	0.101
W_Wissen	0.340	0.000
N	456	2882
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.062	0.101
Median	0.065	0.104
25% Perzentil	0.046	0.053
75% Perzentil	0.079	0.154
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.067	0.008
Median	0.070	0.008
25% Perzentil	0.057	-0.023
75% Perzentil	0.078	0.037

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock:

$\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.3 Sensitivitätsanalyse

Wie im Abschnitt 2.4 deutlich wurde, wird ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien dadurch erschwert, dass die gewählten Ansätze und insbesondere die verwendeten Variablen – häufig aus Gründen der Datenverfügbarkeit – nicht identisch sind. Dieser Abschnitt ist daher der Frage gewidmet, wie sensitiv die Ergebnisse des Abschnitts 3.4.1 auf bestimmte Änderungen reagieren.

Ein wesentlicher Unterschied zu einer Reihe von Studien in der Literatur ist die gewählte Methode zur Berechnung technologischer Nähe zwischen den Unternehmen. Während technologische Nähe in Abschnitt 3.4.1 über die Produktkategorien, in denen die Unternehmen forschen, abgebildet wird, stützen sich die meisten anderen Studien auf Patentdaten. Daher empfiehlt es sich, die technologische Nähe alternativ über Patente abzubilden, was in Abschnitt 3.4.3.1 geschieht. In Abschnitt 3.4.3.2 werden weitere Sensitivitätsanalysen durchgeführt im Hinblick auf:

- Auswirkungen der Korrektur um Doppelzählungen
- Auswirkungen unterschiedlicher Abschreibungsraten
- Gewichtete versus ungewichtete Kapitalstöcke
- Gewichtung des Spilloverpools
- Annahme konstanter Skalenerträge

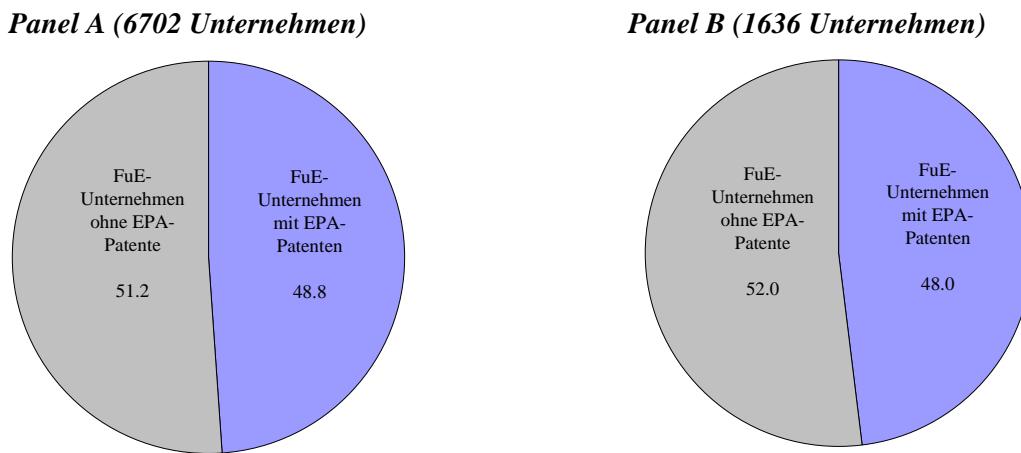
3.4.3.1 Messung technologischer Nähe über Patente

Im Rahmen der Studie wurden die Daten der FuE-Erhebung erstmals mit den Patentanmeldungen des Europäischen Patentamtes verknüpft. Diese Verknüpfung erfolgte in zwei Schritten: Für die Unternehmen der FuE-Erhebung ist seit der Erhebung 2001 die Unternehmensnummer der Creditreform bekannt. Da für die Unternehmen der FuE-Erhebung keine Historie der Adressdaten zur Verfügung stand, wurden zunächst die historischen Adressdaten auf Basis der Informationen der Creditreform, die dem ZEW zur wissenschaftlichen Nutzung zur Verfügung stehen, ergänzt. Diese Informationen für sämtliche Unternehmen des Panels A bildeten die Ausgangslage für den Abgleich mit den Patentanmeldungen des Europäischen Patentamtes, der vom ZEW durchgeführt wurde. Der Abgleich erfolgte zunächst mittels der so genannten Search Engine.⁴³ Sämtliche Treffer wurden anschließend manuell überprüft, um eine weitestgehend korrekte Zuordnung der beiden Adressbestände zu gewährleisten. Konzernverflechtungen wurden dahingehend berücksichtigt, dass Patentanmeldungen von Mutter- und/oder Tochtergesellschaften dem jeweiligen Unternehmen zugeordnet wurden.⁴⁴ Dies war wichtig, da häufig die FuE-Aktivitäten bei Konzernen auf ein konzernabhängiges FuE-Unternehmen verlagert wird, während die Patentanmeldungen über die Muttergesellschaft oder auch über konzernabhängige Patentverwertungsgesellschaften erfolgen.

⁴³ Dabei handelt es sich um eine am ZEW entstandene Software zum Namensabgleich.

Abb. 3-3 zeigt, dass nur knapp die Hälfte (49%) der hier betrachteten forschenden Unternehmen mindestens einmal im Zeitraum 1979-2005 Patentschutz für eine ihrer Erfindungen am Europäischen Patentamt (EPA) beantragt hat. Hinsichtlich des Patentverhaltens ergeben sich damit keine gravierenden Unterschiede zwischen den Unternehmen in Panel A und im Subsample Panel B, welches zur Regression herangezogen wurde. Aschhoff et al. (2007) kommen auf Basis des Mannheimer Innovationspanels zu dem Ergebnis, dass 17% der Innovatoren insgesamt und 45% der Innovatoren in forschungsintensiven Industrien Patente als Instrument zum ihres geistigen Eigentums nutzen. Dass der hier gefundene Anteil von 49% allein für Patente am Europäischen Patentamt für die gesamte Stichprobe über den genannten Werten liegt, lässt sich dadurch erklären, dass erstens Aschhoff et al. den Anteil der Innovatoren mit Patenten nur für den Dreijahreszeitraum 2002-2004 berechnen, viele der Unternehmen aber nur einmal im gesamten hier betrachteten Zeitraum 1979-2005 Patente zum Schutz anmelden, wie Abb. 3-4 verdeutlicht. Zweitens ist ihr Anteil bezogen auf die Innovatoren und nicht auf die FuE treibenden Unternehmen. Die Gruppe der Innovatoren ist größer und umfasst auch solche Unternehmen, die neue Produkte oder Prozesse einführen, die es bereits am Markt gibt und für die naturgemäß keinen Patentschutz geben kann.

Abb. 3-3 Anteil der FuE-Unternehmen mit Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt



Anmerkung: EPA-Patente meint hier Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt im Zeitraum 1979-2005.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, EPA-Patentdaten – Berechnungen des ZEW.

Dass 52% der forschenden Unternehmen keine Patentanmeldungen am EPA aufweisen, bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass ihre Erfindungen nicht durch Patente geschützt sein können, da hier Patentanmeldungen, die nur am deutschen Patentamt eingereicht wurden

⁴⁴ Vorausgesetzt eine Konzernverflechtung war bekannt. Diesbezüglich wurden allerdings zahlreiche Recherchen durchgeführt. Nicht zugeordnet werden konnten jedoch Patente von Mutter- oder Tochtergesellschaften, bei denen die jeweiligen Konzerngesellschaften keinerlei Namensähnlichkeiten aufweisen.

mangels Datenverfügbarkeit nicht berücksichtigt werden konnten. Allerdings zeigen die Ergebnisse des Mannheimer Innovationspanel auch, dass in den forschungsintensiven Branchen die strategischen Instrumente der Geheimhaltung und des zeitlichen Vorsprungs die am weitesten verbreiteten Schutzmaßnahmen sind (60% bzw. 59 % der Innovatoren), vgl. Aschhoff et al. (2007).

Die Unternehmen in Panel A haben im Zeitraum 1979-2005 insgesamt 170890 Patentanmeldungen am EPA eingereicht, davon repräsentieren die Unternehmen des Panels B immerhin noch rund 94920 Patente. Die Verteilung der Patentanmeldungen pro Unternehmen unterliegt jedoch einer starken Streuung, wie Abb. 3-4 darlegt. So haben 25% der forschenden und patentierenden Unternehmen höchstens 2 Patentanmeldungen und 50% der Unternehmen höchstens 5 Patentanmeldungen.

Tab. 3-24: Verteilung der Summe der Patente pro FuE-Unternehmen

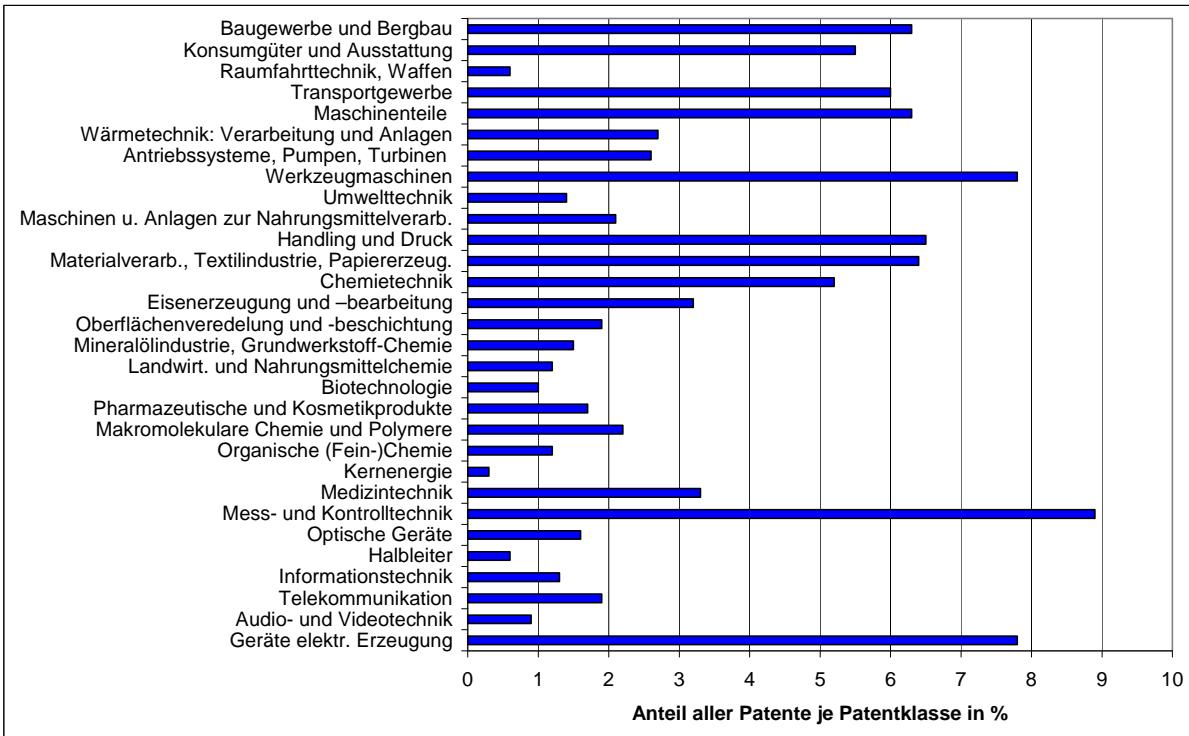
	Quantile						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Panel A	1	1	2	5	19	61	119
Panel B	1	1	2	6	30	115	254

Anmerkung: Berücksichtigt wurden hier nur die FuE-Unternehmen, die mindestens eine EPA-Patentanmeldung haben im Zeitraum 1979-2005.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Die Patente der Unternehmen wurden gemäß der von Schmoch et al. (2003) vorgeschlagenen Einteilung in 30 Patentklassen eingeteilt (zur Einteilung siehe Tab. 7-3 im Anhang). Abb. 3-4 stellt die Aufteilung der Patente nach den Patentklassen für den gesamten Zeitraum dar. Mit knapp 9% gehören die meisten der Patente in die Klasse der Mess- und Kontrolltechnik. Patentanmeldungen für Werkzeugmaschinen und Geräte zur elektrischen Erzeugung folgen mit jeweils 7,8% der Patente auf Rang 2.

Abb. 3-4 Verteilung der EPA-Patentanmeldungen der FuE treibenden Unternehmen nach Patentklassen



Anmerkung: Verteilung der Gesamtzahl der Patente (170890) auf die Patentklassen erfolgt auf Basis des Panel A. Zur Definition der Patentklassen siehe Tab. 7-3 im Anhang.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, EPA-Patentdaten – Berechnungen des ZEW.

Da eine Vielzahl der Unternehmen nur ein oder zwei Patente im gesamten Zeitraum angemeldet haben, wurde die technologische Nähe zwischen Unternehmen anders als bei der Verwendung der Forschungskategorien in den vorangegangenen Abschnitten nicht jahresspezifisch ermittelt, sondern es wurde auf den gesamten Patentstock der Unternehmen in dem Zeitraum rekurriert. Allerdings besteht selbst bei diesem Vorgehen das Problem, dass nach wie vor für etwas mehr als die Hälfte keine Patentangaben vorliegen. Um diesen Problem Rechnung zu tragen, wurden zwei Alternativen gewählt.

In einem ersten Schritt wurden nur die Unternehmen, die Patente angemeldet hatten, in die Analyse einbezogen. Dies ist damit ein sehr selektives Sample, das überdurchschnittlich viele große Unternehmen beinhaltet. Während die geschätzte private Ertragsrate mit 0.89 (für die 4-jährige Wachstumsrate) nahezu unverändert ist gegenüber den vorangegangenen Schätzungen, zeigen die Ergebnisse in Tab. 3-25 eine starke Veränderung in der Höhe der sozialen Zusatzerträge aus FuE. Die geschätzte Outputelastizität ist mit 0.33 nun rund 10mal so hoch. Diese Werte bewegen sich in ähnlicher Größenordnung wie die von Cincera (2001) oder Los und Verspagen (2001) genannten Effekte, die ebenfalls technologische Nähe über Patente definieren. Darin kommt wie gesagt zum einen der Größeneffekt der Unternehmen zum Tragen,

da das vorangegangene Kapitel bereits gezeigt hat, dass größere Unternehmen in stärkerem Ausmaß von Wissenspillovern profitieren. Allerdings dürfte dies allein den hohen Effekt nicht erklären können. Es ist zu vermuten, dass Unternehmen, die selbst Patenterfahrung besitzen, Patente anderer Unternehmen häufiger als Wissensquelle nutzen und dass in den Patenten kodifizierte Wissen besser nutzen können als andere Unternehmen. Darüber hinaus gibt es eine dritte - methodische - Begründung, die dazu führen kann, dass die geschätzten Effekte hier höher ausfallen. Es ist durchaus denkbar, dass ein Unternehmen in mehreren Forschungskategorien forscht, aber daraus nur ein (gemeinsames) Patent erwächst oder nur ein Teil der Forschungsergebnisse zum Patent angemeldet werden. D.h. es ist zu vermuten, dass die Diversifikation der Forschungsaktivitäten gemessen anhand der Forschungskategorien größer ist als diejenige, die sich ergibt, wenn man die Patentklassen zu Grunde legt. Das von Jaffe (1986) vorgeschlagene Maß führt jedoch dazu, dass stärker diversifizierte Unternehmen im geringeren Ausmaß von Spillover profitieren.⁴⁵

In einem zweiten Schritt wurde für alle Unternehmen mit fehlenden Patentangaben deren technologische Nähe zu den jeweiligen Branchen auf Basis der für die Unternehmen mit Patenten ermittelten Technologiematrizen imputiert. Die Schätzungen für die soziale Ertragsrate fallen in diesem Fall geringer, wenngleich immer noch deutlich höher aus als in den vergleichbaren Basisschätzungen.

Insgesamt bleibt jedoch festzuhalten, dass Schätzungen die Existenz sozialer Zusatzerträge eindeutig nahelegen.

⁴⁵ Stark diversifizierte Unternehmen liegen demnach in der zentralen Region des technologischen Raums und sind daher zu keinem anderen Unternehmen sehr nah (Jaffe 1988).

Tab. 3-25: Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, Messung der technologischen Nähe mittels Patentdaten, Zeitraum 1995-2005

	Arbeitsproduktivität					
	Niveau		2-Jahres-Wachstumsrate		4-Jahres-Wachstumsrate	
	FE	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
	Alle	Unternehmen mit Patenten	Alle	Unternehmen mit Patenten	Alle	Unternehmen mit Patenten
Schätzung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.053*** (3.035)	0.063** (2.454)	0.041*** (2.647)	0.024 (1.142)	0.040** (2.357)	0.038 (1.581)
Interner Wissenskapitalstock	-0.102** (-2.024)	-0.079 (-1.340)	-0.183*** (-3.455)	-0.144** (-2.240)	-0.158*** (-3.219)	-0.161*** (-2.738)
Externer Wissenskapitalstock	0.384** (2.110)	0.437 (1.592)	0.213 (1.314)	0.667** (2.502)	0.311* (1.922)	0.515** (1.975)
Interaktion: interner und externer W.	0.038*** (4.373)	0.041*** (3.440)	0.043*** (4.893)	0.044*** (3.437)	0.045*** (5.283)	0.053*** (4.480)
Beschäftigte	0.060 (0.329)	0.128 (0.473)	-0.305* (-1.912)	0.148 (0.571)	-0.094 (-0.584)	0.093 (0.362)
Konstante	0.053*** (3.035)	-4.293 (-1.579)	0.151*** (11.217)	0.126*** (7.752)	0.255*** (14.367)	0.247*** (11.387)
R ²	0.281	0.320	0.247	0.261	0.235	0.257
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
W_extern	0.000	0.002	0.000	0.001	0.089	0.000
W_Wissen	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Beobachtungen	6668	3569	5030	2719	3399	1869
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.104	0.107	0.056	0.057	0.087	0.081
Median	0.107	0.108	0.062	0.057	0.091	0.082
25% Perzentil	0.061	0.065	0.006	0.011	0.036	0.026
75% Perzentil	0.153	0.152	0.112	0.105	0.146	0.139
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	0.253	0.295	0.062	0.513	0.155	0.331
Median	0.254	0.296	0.064	0.515	0.157	0.332
25% Perzentil	0.224	0.264	0.030	0.480	0.121	0.291
75% Perzentil	0.281	0.325	0.095	0.546	0.188	0.370

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: (1)+(2): Arbeitsproduktivität log(S/L), (3)+(4): 2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität:

$\Delta \log(S/L)$, (5)+(6): 2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Neben den in der Tabelle dargestellten Größen beinhalten alle Regressionen einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.3.2 Weitere Sensitivitätsanalysen

Nachfolgend werden die eingangs genannten Sensitivitätsanalysen im Hinblick auf die Auswirkungen der Korrektur von Doppelzählungen, unterschiedlicher Abschreibungsrationen, ungewichteter Kapitalstöcke, Gewichtung des Spilloverpools und die Annahme konstanter Skalen-

erträge diskutiert. An dieser Stelle werden lediglich die wesentlichen Ergebnisse kurz zusammengefasst. Die Tabellen Tab. 8-1 bis Tab. 8-11 im Tabellenanhang enthalten die entsprechenden Regressionsergebnisse.

Die meisten empirischen Studien können auf Grund fehlender Angaben zur Höhe der Investitions- und Personalkomponente der FuE-Ausgaben keine Korrektur der Sachkapitalinvestitionen und Beschäftigungszahlen um die darin enthaltenen FuE-Investitionen bzw. FuE-Beschäftigten durchführen. Die Aufnahme des eigenen FuE-Kapitalstocks in die Produktionsfunktion bedeutet dann eine Doppelzählung der FuE, die dazu führt, dass der Effekt des eigenen FuE-Kapitalstocks tendenziell unterschätzt wird. Er dürfte dann nur mehr den Produktivitätsertrag aus FuE reflektieren, der über dem durchschnittlichen Ertrag aus Kapital und Arbeit resultiert. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen und beurteilen zu können, inwieweit die im Rahmen dieser Studie gefundenen hohen Elastizitäten aus eigener FuE-Tätigkeit unter Umständen aus der Korrektur um Doppelzählungen resultieren, zeigt Tab. 8-1 im Tabellenanhang welchen Effekt die Nicht-Korrektur um Doppelzählungen hätte. Das Ausmaß der Unterschätzung des Produktivitätseffekts aus eigener FuE ist beträchtlich, wenn man die notwendige Bereinigung nicht vornimmt. Die geschätzte private FuE-Ertragselastizität schrumpft auf ein Drittel, von 0.091 auf 0.033. Damit liegt sie etwa im Mittelfeld vergleichbarer Unternehmensstudien für andere Länder. Die Nicht-Bereinigung um Doppelzählungen hat über den Interaktionsterm von internem und externem Wissen auch einen Einfluss auf die Höhe der geschätzten sozialen Zusatzerträge. Sie würden bei einer geschätzten Outputelastizität von 0.01 deutlich niedriger ausfallen.

Tab. 8-2 im Tabellenanhang zeigt exemplarisch den Einfluss unterschiedlicher Abschreibungsarten, indem statt der bisher gewählten Abschreibungsraten von 15% eine Abschreibungsraten von 10% bzw. 25% unterstellt wird. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die privaten Erträge von FuE dadurch kaum verändern. Ein Anstieg des externen Kapitalstocks um 10% würde demnach statt zu einem Anstieg von 0.91% zu einem Produktivitätswachstum von 0.99% (10%) bzw. 0.88% (25%) führen. Stärkeren Einfluss hat dies dagegen auf die geschätzten sozialen Ertragsraten. Bei einer schnelleren Abschreibung externen Wissens sinken auch die Spillovereffekte für andere Unternehmen. Dies korrespondiert zu dem Ergebnis aus Abschnitt 3.4.1, wonach die Spillovereffekte größer sind in einem 4-Jahreszeitraum als in einer 2-Jahresbetrachtung. Dies deutet darauf hin, dass externes Wissen eine gewisse Zeit benötigt bis es sich für andere Unternehmen in Form von Produktivitätsgewinnen auszahlt. Eine schnellere Abschreibung bedeutet dann jedoch, dass bereits ein größerer Teil dieses Wissens bereits veraltet ist.

Gerade eine Reihe älterer Studien verwendet keine Gewichtung zur Berechnung des externen Wissens. Während dies auf Branchen- oder Länderebene eine weniger bedeutende Rolle für

die Ergebnisse zu spielen scheint wie der Literaturüberblick nahe liegt, hat dies auf Unternehmensebene – zumindest in dieser Stichprobe – deutliche Auswirkungen auf die Höhe der sozialen Zusatzerträge wie Tab. 8-3 im Tabellenanhang zeigt. Der ungewichtete externe Kapitalstock wird hier berechnet über die ungewichtete Summe der FuE-Ausgaben der anderen Unternehmen einer Branche (ohne das betreffende Unternehmen selbst). In diesem – jedoch eher als unrealistischen anzusehenden - Fall, in dem die FuE-Ausgaben eines jeden Unternehmens in der Branche gleich bedeutend wären, würden sich sogar negative Produktivitätseffekte ergeben.

Tab. 8-4 im Tabellenanhang untersucht ferner, inwieweit die Ergebnisse robust gegenüber alternativen Messungen des Kapitalstocks sind. Man kann den gewichteten Wissenspilloverpool dahingehend verändern, dass man gemäß der technologischen Nähe weiter entfernt liegende Unternehmen stärker bzw. geringer gewichtet als in der Ausgangslage. Je nachdem ergibt sich eine breitere bzw. geringere Definition des externen Wissenskapitals (siehe Harhoff 2000). Ähnlich wie in der Vorgängerstudie zeigt sich, dass je breiter die Definition des Spilloverpools gewählt wird, desto höher sind die durchschnittlichen Produktivitätseffekte. In der breitesten hier gewählten Variante steigen die durchschnittlichen Effekte auf bis zu 0.064. Auf die eigene FuE-Ertragselastizität hat diese Modifikation jedoch nur einen geringfügigen Effekt.

3.4.4 Soziale Erträge durch horizontale und vertikale Wissenspillover

Bislang wurde der Produktivitätseffekt des gesamten externen Wissenskapitals untersucht, welches dem Unternehmen potentiell zur Verfügung steht. Im Folgenden soll untersucht werden, ob und inwieweit Unternehmen von dem externen Wissen aus ihrer eigenen Branche profitieren (*horizontale=intraindustrielle Wissenspillovers*) oder ob sie auch signifikant von dem Wissen profitieren können, dass außerhalb ihrer Branche im Zuge von FuE-Projekten generiert wird (*vertikale=interindustrielle Wissenspillover*). Zur Branchenabgrenzung wird der WZ2-Steller herangezogen. Für jedes Unternehmen wird ein horizontaler und ein vertikaler Wissenskapitalstock generiert, jeweils einmal ungewichtet und einmal gewichtet auf Basis der technologischen Nähe. Während die Gewichtung den horizontalen Wissenskapitalstock im Vergleich zu einer ungewichteten Betrachtung, um etwas mehr als die Hälfte schrumpfen lässt, ist dieser Effekt deutlich größer für den vertikalen Wissenskapitalstock. Diese Tatsache sollte berücksichtigt werden, wenn man die nachfolgenden Ergebnisse gerade mit älteren Studien vergleicht, in denen horizontale und vertikale Wissenspillovers untersucht wurden, ohne eine Gewichtung vorzunehmen. Deskriptive Statistiken für die jeweiligen Kapitalstöcke lassen sich aus Tab. 3-26 ablesen.

Tab. 3-26: Deskriptive Statistiken: Horizontale und vertikale Wissenskapitalstöcke

	Mittelwert	Standard-abweichung	25 % Perzentil	Median	75 % Perzentil	99 % Perzentil
Horizontaler ungewichteter Wissenskapitalstock	25409.020	21912.760	2906.769	21642.77	40789.91	73857.26
Vertikaler ungewichteter Wissenskapitalstock	179093.8	37221.36	151268.4	179553.3	207321.4	253324.2
Horizontaler nach FuE-Erzeugnisbereichen gewichteter Wissenskapitalstock *	9951.968	10285.1	1150.349	6243.117	17399.81	41076.73
Vertikaler nach FuE-Erzeugnisbereichen gewichteter Wissenskapitalstock *	5084.459	7576.453	665.932	1870.583	5541.044	30973.63

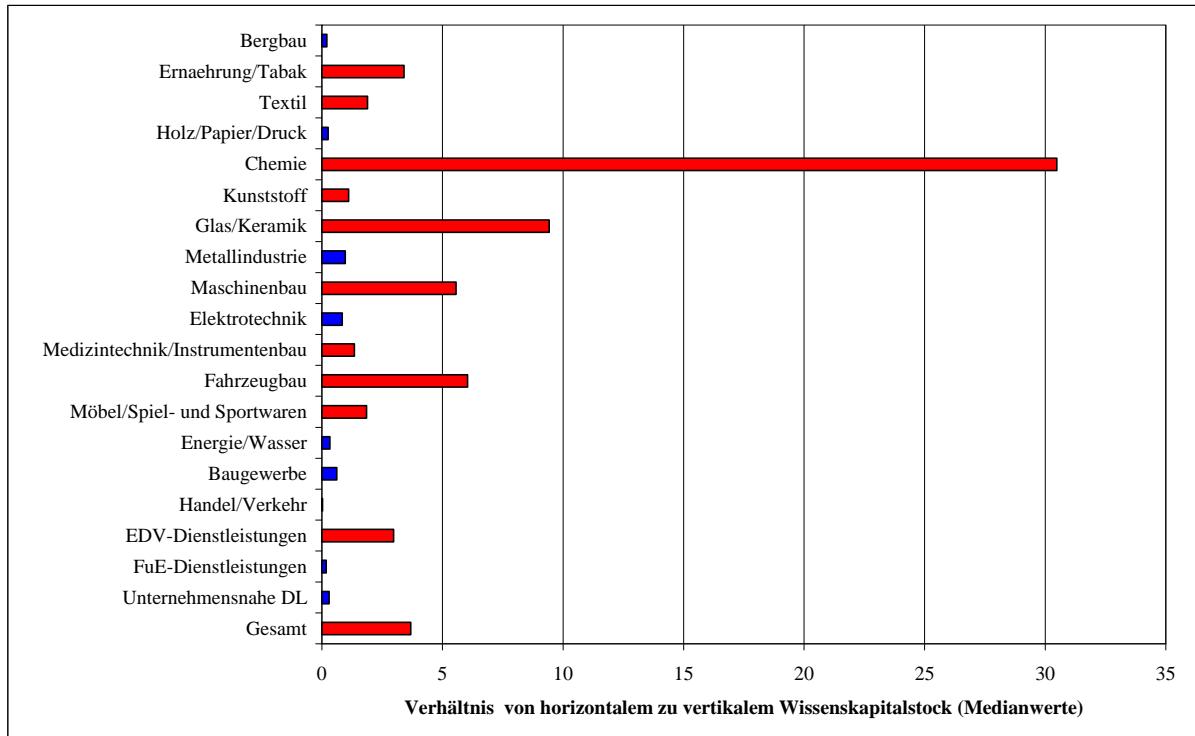
Anmerkung: * real, in Mill. Euro.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Abb. 3-5 zeigt darüber hinaus die Bedeutung von intra- zu interindustriellem gewichtetem Wissenskapital nach Branchen differenziert. Über alle Branchen hinweg zeigt sich, dass gemessen an der Relation beider Größen das externe Wissen aus der eigenen Branche wichtiger ist als das externe Wissen aus anderen Branchen. Der intraindustrielle Wissenspool ist rund 3.5 mal so hoch wie der interindustrielle Wissenspool. Diese Relation ist besonders hoch in der Chemie, aber auch in den Branchen Glas/Keramik, Maschinenbau und Fahrzeugbau. Es gibt jedoch auch Branchen, in den interindustrielle Wissenskapitalstöcke größer als die intraindustriellen sind. Dazu zählen die Branchen mit geringer FuE-Intensität wie Bergbau, Energie/Wasser, das Baugewerbe und das Holz- und Papiergewerbe und Verlagswesen. Interessanterweise gehört jedoch auch die Metall- und Elektroindustrie in diese Kategorie.⁴⁶

⁴⁶ Legt man nicht den Median, sondern den Mittelwert zu Grunde, dann ist für die beiden letztgenannten Branchen das Verhältnis größer als 1.

Abb. 3-5 Verhältnis von horizontalem zu vertikalem Wissenskapitalstock, insgesamt und nach Branchen



Anmerkung: Es liegen die jeweiligen gewichteten Wissenskapitalstücke zu Grunde. Rote/blaue Balken zeigen an, dass das Verhältnis von horizontalem zu vertikalem Wissenskapitalstock größer/kleiner als 1 ist in der jeweiligen Branche.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-27 zeigt die Bedeutung und das Ausmaß indirekter FuE-Erträge durch horizontale und vertikale Wissensspillovereffekte. Folgende Ergebnisse lassen sich auf Basis der Regressionsanalyse feststellen:

- **Unternehmen profitieren im Wesentlichen aus horizontalen Wissensspillovern, d.h. von dem Wissen das andere Unternehmen in ihrer Branche generiert haben.**

Dies lässt sich für das gesamte Stichprobe feststellen und auch in den High-Tech- und Medium-Tech-Sektoren. Im Low-Tech-Sektor zeigen sich dagegen keine im Hinblick auf Produktivitätszuwächse signifikanten Wissensflüsse zwischen Unternehmen innerhalb einer Branche. Signifikante horizontale Wissensflüsse wären angesichts des vorher gezeigten Ergebnisses, dass Low-Tech-Unternehmen durch eigene FuE-Tätigkeit keine signifikanten privaten Erträge aus FuE erzielen, allerdings auch überraschend gewesen.

- **Horizontale Wissensflüsse, die zu sozialen Zusatzerträgen führen, sind im Bereich des Medium-Tech-Sektors stärker ausgeprägt als im High-Tech-Sektor.**

- Vertikale Wissensspillover erweisen sich dagegen im Durchschnitt weder für die gesamte Stichprobe noch getrennt für High-, Medium- oder Low-Tech-Unternehmen als signifikante Quelle für Produktivitätszuwächse.
- Ohne Gewichtung fallen horizontale Wissensspillover größer und vertikale Wissensspillover kleiner aus.

Tab. 3-27: Bedeutung vertikaler und horizontaler Wissensspiillover auf die Produktivität, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abh. Variable	2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]				
Methode	OLS				
Stichprobe	Alle Unternehmen		HT	MT	LT
Kapitalstock	gewichtet	ungewichtet	gewichtet	gewichtet	gewichtet
Sachkapital	0.042*** (2.734)	0.042*** (2.725)	0.026 (0.798)	0.036* (1.902)	0.068* (1.717)
Interner Wissenskapitalstock	-0.048 (-1.613)	-0.177** (-2.517)	0.095 (0.907)	-0.091** (-2.343)	-0.016 (-0.208)
Horizontaler Wissenskapitalstock	0.114*** (4.280)	0.088** (2.359)	0.074 (1.059)	0.144*** (3.399)	-0.021 (-0.198)
Vertikaler Wissenskapitalstock	0.013 (0.463)	0.067 (0.436)	-0.046 (-0.792)	-0.014 (-0.329)	-0.006 (-0.044)
Interaktion: interner und horizontaler Wissenskapitalstock	0.031*** (4.754)	0.021** (2.179)	0.026 (1.479)	0.037*** (3.836)	-0.003 (-0.134)
Interaktion: interner und vertikaler Wissenskapitalstock	0.001 (0.127)	0.019 (1.489)	-0.016 (-0.920)	-0.003 (-0.346)	-0.019 (-0.709)
Beschäftigte	-0.353*** (-9.707)	-0.355** (-2.229)	-0.364*** (-4.059)	-0.379*** (-8.566)	-0.283*** (-2.796)
Konstante	0.150*** (11.418)	0.150*** (9.730)	0.190*** (6.825)	0.036* (1.902)	0.070* (1.673)
R ²	0.246	0.248	0.235	0.254	0.106
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
W_intern	0.000	0.000	0.068	0.000	0.710
W_horizontal	0.000	0.058	0.088	0.001	0.972
W_vertikal	0.683	0.327	0.654	0.942	0.229
W_Wissen	0.000	0.000	0.065	0.002	0.462
N	5032	5031	1213	2929	492
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K					
Mittelwert	0.066	0.058	0.155	0.039	-0.047
Median	0.075	0.065	0.158	0.049	-0.049
25% Perzentil	0.021	0.012	0.132	-0.006	-0.074
75% Perzentil	0.120	0.113	0.181	0.094	-0.024
Geschätzte Outputelastizität des horizontalen Wissenskapitalstocks					
Mittelwert	0.008	0.017	0.003	0.007	-0.008
Median	0.009	0.018	0.002	0.008	-0.008
25% Perzentil	-0.015	0.002	-0.012	-0.017	-0.010
75% Perzentil	0.031	0.032	0.018	0.032	-0.006
Geschätzte Outputelastizität des vertikalen Wissenskapitalstocks					
Mittelwert	0.010	0.002	-0.002	-0.002	0.076
Median	0.010	0.003	-0.002	-0.002	0.075
25% Perzentil	0.010	-0.012	-0.011	-0.004	0.063
75% Perzentil	0.011	0.016	0.007	0.000	0.088

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 2-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock:

$\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

3.4.5 Bedeutung verschiedener Sektoren für die Generierung von Wissensspillovern

Der vorangegangene Abschnitt hat untersucht, welche Produktivitätsgewinne sich aus durch FuE-Tätigkeit generiertem Wissen aus der eigenen Branche und in Summe aus anderen Branchen erzielen lassen. Horizontale und vertikale Wissensströme waren dabei jeweils aus Sicht des Unternehmens definiert, d.h. für ein High-Tech-Unternehmen aus der Medizintechnik ist der horizontale Wissenskapitalstock definiert durch die gewichtete Summe der FuE-Kapitalstücke der anderen Unternehmen in der Medizintechnik, für ein Low-Tech-Unternehmen aus der Ernährungsmittelindustrie dagegen durch die gewichtete Summe der FuE-Kapitalstücke der anderen Unternehmen in der Ernährungsmittelindustrie. Der Beitrag einer einzelnen Industrie oder eines einzelnen Sektors für die Generierung von Wissensspillovern war daher in dieser Analyse nicht eindeutig möglich. Daher ist dieser Abschnitt abschließend der Frage gewidmet, welchen Beitrag die einzelnen Sektoren zur Generierung von Wissensspillovern leisten.

Im folgenden wurden dazu für jedes Unternehmen vier Kapitalstücke berechnet, die auf Grund der FuE-Ausgaben des High-Tech-, Medium-Tech-, Low-Tech- und Dienstleistungssektors potentiell als Wissensquelle zur Verfügung steht (eigene FuE-Ausgaben wurden dabei herausgerechnet, falls das Unternehmen zu dem jeweiligen Sektor gehört). Wie bereits in den vorhergehenden Analysen wurden die FuE-Ausgaben jeweils gewichtet nach der technologischen Nähe.⁴⁷ Für diese Analyse wurde der Zeitraum auf die Daten der Jahre 1995-2005 eingeschränkt, da nur für diesen Zeitraum die gesamten FuE-Ausgaben für die verschiedenen Branchengruppen auf WZ-3-Steller-Ebene zur Verfügung standen. Tab. 3-28 gibt einen Überblick über die Verteilung und damit der Größenordnung der vier Kapitalstücke im Datensatz. Insgesamt zeigt sich, dass im Durchschnitt der FuE-Kapitalstock aus dem Medium-Tech-Sektor am größten ist. Dies ist jedoch wenig verwunderlich bedenkt man, dass in Deutschland in diesem Sektor die höchsten FuE-Aufwendungen getätigt werden und die Mehrzahl der Unternehmen aus dem Medium-Tech-Bereich stammen und damit tendenziell eine größere technologische Nähe zwischen diesen Unternehmen besteht. Der Wissenskapital-

⁴⁷ Die Gewichtungsmatrix wurde für jedes Unternehmen unternehmensspezifisch wie in den vorangegangenen Abschnitten auf Basis des WZ 2-Stellers gebildet, d.h. die Ähnlichkeit gebildet auf Basis der individuellen Aufteilung der FuE-Aufwendungen nach Produktkategorien und der durchschnittlichen Aufteilung der FuE-Aufwendungen innerhalb einer Branche (WZ 2-Steller). Besteht ein Sektor wie z.B. der HT-Sektor aus fünf Branchen, dann wurde für jedes Unternehmen die FuE-Aufwendungen dieser drei Branchen jeweils mit dem unternehmensspezifischen Gewicht gewichtet und aufsummiert. Ein Problem ergab sich dahingehend, dass die Definition der Sektoren auch einzelne WZ 3-Steller beinhalteten. Während die FuE-Aufwendungen auf WZ3-Steller-Ebene vorlagen und herangezogen wurden, wurde aus Datengründen als Gewicht vereinfachend das Gewicht genutzt, dass auf WZ2-Steller berechnet wurde.

stock aus dem Low-Tech-Bereich ist dagegen von untergeordneter Bedeutung und sogar im Durchschnitt kleiner als der aus dem Dienstleistungssektor stammende Wissenskapitalstock (wobei hier wiederum berücksichtigt werden sollte, dass es sich überwiegend um technische Dienstleister handelt).

Tab. 3-28: Deskriptive Statistiken: Wissenskapitalstöcke nach Sektoren

	Mittelwert	Standard-abweichung	25 % Perzentil	Median	75 % Perzentil	99 % Perzentil
Gewichteter externer Wissenskapitalstock aus dem HT-Sektor*	3896.2	7394.7	41.0	232.8	4184.3	37805.2
Gewichteter externer Wissenskapitalstock aus dem MT-Sektor*	10456.0	17128.5	986.4	2587.0	15009.6	94272.0
Gewichteter externer Wissenskapitalstock aus dem LT-Sektor*	244.1	544.1	7.1	37.2	149.8	2564.4
Gewichteter externer Wissenskapitalstock aus dem DL-Sektor*	613.4	1568.7	21.1	112.8	260.4	8528.6

Anmerkung: * real, in Mill. Euro.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-29 zeigt den Einfluss der Wissenskapitalstöcke aus den verschiedenen Sektoren für die gesamten Unternehmen, Tab. 3-30 stellt den Effekt differenziert für Unternehmen aus dem High-, Medium-, Low-Tech-Sektor und Dienstleistungssektor dar. Folgende Ergebnisse lassen sich daraus ableiten:

- **Über alle Unternehmen hinweg generiert der Medium-Tech-Sektor die höchsten Wissensspillovereffekte.**

Danach würde eine Erhöhung des Medium-Tech-Kapitalstocks um 10% zu einer Erhöhung Produktivität von 0.35% bis 0.45% führen (je nachdem, ob eine Interaktion mit dem eigenen Wissenskapitalstock berücksichtigt wird oder nicht).

Betrachtet man die einzelnen Sektoren getrennt, dann zeigt sich, dass das Wissen, dass im Medium-Tech-Sektor generiert wird, sowohl signifikante Produktivitätssteigerungen bei anderen Medium-Tech-Unternehmen hervorruft als auch von den Low-Tech-Unternehmen als Wissensquelle im Produktionsprozess eine wichtige Rolle spielt. Der letztgenannte Effekt ist sogar leicht größer als im Medium-Tech-Sektor. Dagegen sind die Produktivitätseffekte, die von FuE-Tätigkeit im Medium-Tech-Sektor auf High-Tech-Unternehmen ausgehen, im Durchschnitt nicht signifikant.

- **Der Wissenskapitalstock des High-Tech-Sektors trägt nur bei anderen High-Tech-Unternehmen zu einer signifikanten Produktivitätssteigerung bei. Dafür sind die intrasektoralen Wissensflüsse gemessen anhand der sozialen Outputelastizität im High-Tech-Sektor größer als in den anderen Sektoren.**

Der Wissenskapitalstock aus dem High-Tech-Sektor liefert keine signifikanten Produktivitätseffekte, wenn man alle Unternehmen gemeinsam betrachtet. Dieses auf den ersten Blick erneut überraschende Ergebnis lässt sich aber erklären, wenn man den Einfluss der verschiedenen Wissenskapitalstücke getrennt nach Sektoren untersucht. Dabei zeigt sich, dass High-Tech-Unternehmen sehr wohl von im High-Tech-Sektor generiertem Wissen profitieren. Danach würde einer Erhöhung des FuE-Kapitalsstocks um 10% zu einer Erhöhung der Produktivität um 1% führen. Vergleicht man die intrasektorale Wissensflüsse im High-Tech-Sektor mit denen anderer Sektoren dann sind diese hier besonders hoch.

Alle anderen Sektoren können dagegen keine signifikanten Produktivitätseffekte aus dem im High-Tech-Sektor generierten Wissen erzielen. Umgekehrt zeigt sich allerdings, dass die High-Tech-Unternehmen nicht signifikant von dem Wissen profitieren, dass in den anderen Sektoren generiert wird. Dieses Ergebnis liefert eine interessante Erklärung für das in Abschnitt 0 gefundene Resultat, dass es im High-Tech-Sektor keine signifikanten sozialen Zusatzerträge gibt. Die Vermutung, dass negative Wettbewerbseffekte die positiven Spillovereffekte im High-Tech-Sektor kompensieren, erscheint auf Basis dieser Ergebnisse wenig wahrscheinlich. Vielmehr weist dieses Ergebnis darauf hin, dass High-Tech-Unternehmen derart spezialisiert in ihrer Forschungstätigkeit sind, dass sie kaum vom allgemeinen Wissenspool profitieren. Zwar berücksichtigt die Gewichtung die technologische Nähe zwischen Unternehmen, es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die vorhandenen Produktkategorien dies gerade für High-Tech-Unternehmen nicht detailliert genug erfassen.

- **Für jeden Sektor gilt, dass der eigene Wissenskapitalstock den größten Produktivitätsbeitrag leistet. Die intrasektorale Spillovereffekte sind dabei im High-Tech-Sektor besonders hoch (0.104), gefolgt von denen bei Low-Tech-Unternehmen (0.053) und Medium-Tech-Unternehmen (0.043).**

Dieses Ergebnis bestätigt das Ergebnis aus dem vorangegangenen Abschnitt, demzufolge Wissensflüsse insbesondere innerhalb einer Branche produktivitätssteigernd wirken.

- **Die oben dargestellten Ergebnisse sind vergleichsweise robust gegenüber einer Änderung des genauen Sektorzuschnitts.**

Die Ergebnisse sind quantitativ und qualitativ sehr ähnlich, wenn man anstelle der Einteilung in High-, Medium- und Low-Tech-Sektoren eine Unterteilung in Spitzen-technologie, höherwertige Technologie und sonstige Wirtschaftszweige wählt. Die entsprechenden Ergebnisse finden sich in Tab. 3-31.

Tab. 3-29: Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (High-, Medium-, Low-Tech- und Dienstleistungssektor) auf die Produktivität, gesamte Stichprobe, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
	Ohne Interaktionsterm	Mit Interaktionsterm
Outputelastizität des eigener Wissenskapitalstocks	0.042**	0.054***
Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks aus dem ...		
High-Tech-Sektor	-0.006	-0.010
Medium-Tech-Sektor	0.034**	0.046***
Low-Tech-Sektor	-0.021**	-0.027***
DL-Sektor	0.008	0.020*

Anmerkung: Vereinfacht wurden hier nur die geschätzten Outputelastizitäten des eigenen Wissenskapitalstocks und des externen Wissenskapitalstöcke dargestellt. In der Schätzung sind jedoch auch die anderen Variablen berücksichtigt.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-30: Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (High-, Medium-, Low-Tech- und Dienstleistungssektor) für Unternehmen des High-, Medium- und Low-Tech-Sektors, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 1)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]		
Methode	OLS		
Stichprobe	HT	MT	LT
Outputelastizität des eigener Wissenskapitalstocks	0.167***	0.060**	-0.131
Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks aus dem ...			
High-Tech-Sektor	0.104*	-0.004	0.010
Medium-Tech-Sektor	0.067	0.043**	0.053*
Low-Tech-Sektor	-0.007	-0.024**	0.081
DL-Sektor	-0.073*	0.023*	0.010

Anmerkung: Vereinfacht wurden hier nur die geschätzten Outputelastizitäten des eigenen Wissenskapitalstocks und des externen Wissenskapitalstöcke dargestellt. In der Schätzung sind jedoch auch die anderen Variablen berücksichtigt.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 3-31: Einfluss des externen Wissenskapitalstocks nach Herkunft (Spitzentechnologie, höherwertige Technologie, sonstige Bereiche) auf die Produktivität, gesamte Stichprobe, Zeitraum 1995-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
	Ohne Interaktionsterm	Mit Interaktionsterm
Outputelastizität des eigener Wissenskapitalstocks	0.053***	0.080***
Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks aus dem Bereich der ...		
Spitzentechnologie	0.001	-0.000
Höherwertige Technologie	0.027**	0.037***
Sonstige Wirtschaftszweige	-0.026	-0.031

Anmerkung: Vereinfacht wurden hier nur die geschätzten Outputelastizitäten des eigenen Wissenskapitalstocks und des externen Wissenskapitalstocks dargestellt. In der Schätzung sind jedoch auch die anderen Variablen berücksichtigt.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

4 Kosten-Nutzen-Analyse

Die empirischen Ergebnisse des vorangegangen Kapitels haben gezeigt, dass im Durchschnitt Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten dem forschenden Unternehmen selbst in Form von Umsatz- und Produktivitätswachstum zu Gute kommen. Darüber hinaus profitieren auch andere Unternehmen von dem neu generierten Wissen. Diese Spillovereffekte implizieren, dass die soziale Ertragsrate größer als die private Ertragsrate von FuE ist und, wie eingangs bereits erläutert, dass aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ein zu geringes Niveau an privaten FuE-Aktivitäten durchgeführt wird. Die Existenz sozialer Zusatzerträge und liefert damit ein zentrales Argument für die direkte und/oder indirekte staatliche Förderung der FuE-Tätigkeit von Unternehmen. Positive soziale Zusatzerträge der FuE-Tätigkeit sind jedoch lediglich eine notwendige Voraussetzung für wohlfahrtstheoretisch begründete staatliche Förderungen der FuE-Tätigkeit der Unternehmen. Staatliche FuE-Förderprogramme sind jedoch immer auch mit Kosten verbunden, die über die reinen Programmkosten hinausgehen. In diesem Abschnitt sollen im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse die geschätzten Erträge und Kosten aus einer staatlichen Förderung einander gegenübergestellt werden. Präziser sollte gesagt werden: Wir ermitteln nicht die spezifisch mit einer FuE-Förderung einhergehenden sozialen Erträge, sondern unterstellen, dass die im Zuge der Förderung getätigten FuE-Aufwendungen die durchschnittliche soziale Ertragsrate erzielen. Die resultierende Ertrags-Kosten-Relation ist der Ausgangspunkt für die innovationspolitische Interpretation der Ergebnisse.

4.1 Modellansatz

Kosten-Nutzen-Analysen wurden unter anderem von Lattimore (1997), Cornet (2001a,b) und Parsons und Phillips (2007) zur Evaluation staatlicher Tax Credit-Programme in Australien, Niederlande und Kanada herangezogen. Während den Studien von Lattimore und Parsons und Phillips statische partielle Gleichgewichtsmodelle zu Grunde liegen, wird in dieser Studie ähnlich wie in Cornet (2001a,b) ein dynamischer Ansatz gewählt. Ausgangspunkt stellt die im Rahmen der Investitionsfinanzierung gängige Kapitalwertmethode dar. Es wird unterstellt, dass in Periode $t=0$ das staatliche FuE-Förderprogramm zu Kosten K_0 führt. Da Erträge aus FuE nicht unmittelbar anfallen, nehmen wir ferner an, dass ab der Periode $t=1$ periodische Erträge aus FuE in Höhe von R_t erzielt werden können. Der Barwert dieser Erträge B_0 , d.h. die Summe der Erträge abdiskontiert auf den Zeitpunkt $t=0$, wird dann den Kosten gegenüber-

stellt. Ist der Kapitalwert C_0 , d.h. der Barwert der Erträge abzüglich der Kosten, größer als 0, dann ist das Programm volkswirtschaftlich vorteilhaft.⁴⁸

$$C_0 = -K_0 + B_0 \quad (4.1)$$

Auf Ertragsseite nehmen wir an, dass in der ersten Periode $t=1$ ein Ertrag in Höhe von R erzielt werden kann. Dieser wird mit einem Zinssatz i auf die Periode $t=0$ abdiskontiert. Der Zinssatz setzt sich aus einer Zeitpräferenzrate r und einer Risikoprämie π zusammen. Die Zeitpräferenzrate r spiegelt die reale Verzinsung einer risikolosen Anlage wider (z.B. Anlage in öffentlich festverzinslichen Wertpapieren). Die Risikoprämie π die zusätzliche Verzinsung, die aus Sicht der privaten Unternehmen für das Eingehen der risikobehafteten FuE-Investition mindestens erzielt werden muss. In Periode $t=2$ ergibt sich annahmegemäß ein Ertrag von $R \cdot (1-d)$, wobei der Parameter d die Tatsache reflektiert, dass das zusätzlich generierte Wissen über die Zeit veraltet und die Erträge aus einem spezifischen FuE-Projekt über die Zeit hinweg abnehmen. Nimmt man ferner an, dass über einen Zeitraum von T Perioden FuE-Erträge erzielt werden können, dann erhalten wir für den Barwert der Erträge:

$$B_0 = \frac{1}{1+i} \left(\sum_{t=1}^T R * (1-d)^{t-1} \left(\frac{1}{1+i} \right)^{t-1} \right) = \frac{1}{1+i} \left(\sum_{t=1}^T R * q^{t-1} \right) = \frac{1}{1+i} \left(\sum_{t=0}^{T-1} R * q^t \right) \quad (4.2)$$

Unter Verwendung der Rechenregeln für geometrische Reihen lässt sich dies vereinfachen zu:

$$B_0 = \frac{1}{1+i} * \left(R * \frac{q^T - 1}{q - 1} \right) = R * \frac{(1+i)^T - (1-d)^T}{(1+i)^T * (d+i)} \quad (4.3)$$

Unterstellt man einen unendlichen Zeitraum, lässt sich zeigen, dass sich dieser Ausdruck vereinfacht zu:

$$B_0 = R * \frac{1}{(d+i)} \quad (4.4)$$

Bezüglich der Erträge aus FuE nehmen wir folgendes an: Entscheidend für die Beurteilung der Erträge ist nicht allein die Höhe der Förderung P , sondern die im Zuge der Förderung tatsächliche Veränderung der gesamten FuE-Ausgaben der Unternehmen ($m \cdot P$). Dieser Effekt

⁴⁸ In der Investitionsfinanzierung wird üblicherweise noch ein möglicher Resterlös berücksichtigt, der bei Verkauf der Investition erzielt werden könnte. Anders als bei Investitionen in physisches Sachkapital, sind FuE-Ausgaben zum nicht unerheblichen Teil für FuE-Personal, das am Ende nicht veräußert werden kann. Das im Zuge des FuE-Prozesses generierte Wissen ist ein intangibles Gut. Der Verkauf solcher intangiblen Güter ist zwar nicht grundsätzlich ausgeschlossen, wenn sie z.B. in Form von Patenten geschützt sind, dennoch i.d.R. wesentlich schwieriger als bei Sachkapital. Daher wird vereinfachend davon ausgegangen, dass der Resterlös gleich 0 ist.

wird somit über einen Multiplikator m abgebildet. Dabei kann die Zunahme der privaten FuE-Ausgaben größer ausfallen als die Fördersumme des Staates, wenn die Förderung zusätzliche privat finanzierte FuE-Aufwendungen auf Seiten der Unternehmen induziert (*Crowding-In-Effekt*). In diesem Fall nimmt der Multiplikator m einen Wert größer als 1 an. Die Unternehmen können ihre gesamten FuE-Aufwendungen aber auch gerade um die Fördersumme aufstocken, ohne die Höhe der bisher privat finanzierten FuE-Aufwendungen zu verändern. In diesem Fall wäre der Multiplikator $m=1$. Unternehmen können jedoch auch einen Teil ihrer ohnehin getätigten privaten FuE-Aufwendungen durch die Förderung ersetzen (*Crowding-Out-Effekt*). Bei Existenz von Mitnahmeeffekten fällt die Zunahme der gesamten FuE-Aufwendungen der Unternehmen kleiner aus als die Fördersumme. Der Multiplikator m wäre in einer solchen Situation entsprechend kleiner als 1. Im Extremfall eines *totalen Crowding-Outs* wäre der Multiplikator $m=0$, da dann die FuE-Ausgaben der Unternehmen unverändert gegenüber der Situation ohne Förderprogramm blieben.

Darüber hinaus berücksichtigen wir, dass eine durch eine FuE-Förderung ausgelöste stärkere Nachfrage nach Forschungspersonal bei gleichzeitig zumindest kurz- und mittelfristig relativem starrem Arbeitsangebot zu Lohnsteigerungen λ führen kann. Während die Forscher in Form höherer Löhne von dieser Umverteilung profitieren, schmälert dies den für zusätzliche Forschungsprojekte zur Verfügung stehenden Betrag. Der Gesamtbetrag, der zusätzlich in Forschungsprojekte investiert wird, ergibt sich somit als $m \cdot (1 - \lambda) \cdot P$. Die zusätzlich investierten Mittel für FuE führen annahmegemäß zu zusätzlichen Erträgen in Höhe der sozialen Ertragsrate s .

Der Barwert der Erträge ergibt sich somit bei endlicher Laufzeit T der Erträge als

$$B_0 = (s \cdot m \cdot (1 - \lambda) \cdot P) \cdot \frac{(1+i)^T - (1-d)^T}{(1+i)^T \cdot (d+i)} + \lambda \cdot P \quad (4.5)$$

bzw. bei unendlicher Laufzeit der Erträge als

$$B_0 = (s \cdot m \cdot (1 - \lambda) \cdot P) \cdot \frac{1}{(d+i)} + \lambda \cdot P \quad (4.6)$$

Auf der Kostenseite berücksichtigen wir neben den reinen Programmkosten auch die direkten Kosten für die Administration des Programms. Hier nehmen wir einen festen Prozentsatz c_s der Programmgröße P an. Bei den Unternehmen fallen ebenfalls Kosten für die Administration (z.B. Kosten für den Projektantrag, Controlling usw.) an. Dafür setzen wir einen festen Prozentsatz c_v der getätigten FuE-Ausgaben $m \cdot P$ an. Darüber hinaus müssen die im Rahmen der Förderung getätigten Programmkosten durch Steuern finanziert werden. Wie aus der

finanzwissenschaftlichen Literatur bekannt ist, führt dies bei den üblicherweise eingesetzten Steuerarten zu Verzerrungen in der Ressourcenallokation und damit zu einem Wohlfahrtsverlust (*Marginal Excess Burden*).⁴⁹ Dies bedeutet, dass es der Volkswirtschaft mehr als einen Euro kostet, um einen Euro Steuereinnahmen zu erzielen. Das Ausmaß der Allokationsverzerrung bilden wir durch den Parameter tx ab. Vereinfachend nehmen wir auf der Kostenseite an, dass sämtliche Programm kosten, Verwaltungskosten und Kosten durch Steuerverzerrungen nur in Periode $t=0$ anfallen. Schließlich muss noch berücksichtigt werden, dass ein geförder tes Unternehmen die zusätzlich privat eingesetzten Mittel auch anderweitig hätte investieren. Für die Alternativanlage unterstellen wir eine Rendite von β . Die dadurch entgangenen Erträge stellen die Opportunitätskosten der Investition in FuE dar und werden ebenfalls auf der Kostenseite berücksichtigt.

Der Barwert der Kosten ergibt sich danach als:

$$K_0 = (1+tx) \cdot (1+c_s) \cdot P + c_u \cdot m \cdot P + \beta \cdot (m-1) \cdot (1-\lambda) \cdot P \cdot \frac{(1+i)^T - (1-d)^T}{(1+i)^T * (d+i)} \quad (4.7)$$

Bzw. bei unendlicher Laufzeit der Erträge auch der Alternativanlage als

$$K_0 = (1+tx) \cdot (1+c_s) \cdot P + c_u \cdot m \cdot P + \frac{\beta \cdot (m-1) \cdot (1-\lambda) \cdot P}{(d+i)} \quad (4.8)$$

4.2 Modellparameter

Um die Kosten-Nutzen-Analyse für FuE-Programme durchführen zu können, müssen die verschiedenen Modellparameter spezifiziert werden. Dies geschieht zum einen auf Basis der Schätzergebnisse und zum anderen auf Basis der aus verschiedenen Literaturquellen bekannten Kostenparameter und Multiplikatorwirkungen. Die Kostenparameter, Multiplikatorwirkungen oder auch die Höhe der sozialen Erträge können natürlich mit dem spezifischen Förderinstrument und dem Design des Instruments variieren und sind nicht losgelöst davon zu betrachten. Allerdings gibt es bislang keine Studien, die für spezifische Förderinstrumente alle notwendigen Parameter beinhalten und damit eine programmspezifische Kosten-Nutzen-Analyse erschweren. Daher werden verschiedene Parameterwerte eingesetzt, um festzustellen wie sensitiv die Ergebnisse auf die gewählten Parameterwerte reagieren. Angesichts der Fülle der Parameter und der damit möglichen Konstellationen unterscheiden wir im Folgenden zwischen der *Basisspezifikation* und den *Alternativspezifikationen*. In der *Basisspezifikation set-*

⁴⁹ Eine Ausnahme stellen sogenannte *lump sum*-Steuern, d.h. Pauschalsteuern dar.

zen wir alle Parameter außer m und s auf die jeweils präferierten Werte fest und untersuchen den Einfluss variierender Multiplikatorwirkungen m und sozialer Erträge s auf den Kapitalwert. In den *Alternativspezifikationen* setzen wir dagegen für m und s die jeweils präferierten Werte an und untersuchen den Einfluss der anderen Parameter auf den Kapitalwert.

- Programmgröße P:

Vereinfachend wird angenommen, dass die Höhe der FuE-Förderung grundsätzlich 1 € beträgt.

- Multiplikator m:

Der Multiplikator m weist in der Literatur eine sehr große Spannweite auf und ist nicht losgelöst von der Art der Förderung zu betrachten. Sehr vereinfacht dargestellt sehen die Regeln einer direkten Projektförderung in Deutschland vor, dass das BMBF maximal 50 Prozent der Kosten eines FuE-Projekts fördert, so dass ein Eigenanteil für die Unternehmen in gleicher Höhe anfällt.⁵⁰ Dies würde zusätzlich induzierte private FuE-Ausgaben von 100% der Fördersumme bzw. einem Multiplikator von $m=2$ entsprechen. Allerdings weisen zahlreiche Evaluationsstudien öffentlicher Förderprogramme darauf hin, dass Unternehmen nicht in gleicher Höhe zusätzliche FuE-Ausgaben tätigen. David et al. (2000), Parsons und Phillips (2007) und Aerts et al. (2007) enthalten detaillierte Surveys. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die meisten der Studien die Hypothese eines *totalen Crowding-Outs* ($m=0$) ablehnen (für Deutschland vgl. Czarnitzki (2001), Czarnitzki und Fier (2002) für den Dienstleistungssektor, Fier (2002) für das verarbeitenden Gewerbe, Almus und Czarnitzki (2003) für Ostdeutschland, Hussinger (2007), Hussinger und Czarnitzki (2004)).⁵¹,⁵² Auch die Hypothese eines partiellen Crowding-Outs in den zahlreichen Studien verworfen. Czarnitzki et al. (2002) kommen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass die Unternehmen ihre FuE-Budgets mindestens in Höhe der Förderung ausdehnen als Reaktion auf den Erhalt einer Förderung im Rahmen der direkten Projektförderung. Dabei handelt es sich um einen Durchschnittswert, der bei einzelnen Förderprogrammen oder einzelnen Unternehmensgruppen auch höher liegen kann. Eine Reihe Studien weist jedoch auch nach, dass die gewährten Zuwendungen für FuE-Projekte eindeutig zu einer Stimulierung der privaten Netto-FuE-Aufwendungen (d.h. der gesamten

⁵⁰ Bei KMU maximal 60 Prozent.

⁵¹ Eine Ausnahme stellt z.B. Wallsten (2000) dar, der die Hypothese eines totalen Crowding-outs für das amerikanische SBIR-Programm nicht ablehnen kann.

⁵² Alle der letztgenannten Studien verwenden moderne ökonometrische Evaluationsmethoden.

FuE-Aufwendungen abzüglich der Förderung) geführt haben. Bei Gonzales et al. (2006) liegt dieser Multiplikatoreffekt für spanische Unternehmen im Zeitraum 1990-1999 bei etwas über 1. Fier, Heger und Hussinger (2004) berechnen für den Zeitraum 1990-2000 in Deutschland einen Multiplikatoreffekt von 1,14 über alle Unternehmen, wobei der Effekt sehr stark mit der geförderten Technologie variiert. So implizieren ihre Ergebnisse für die Mikrosystemtechnik einen Multiplikator von 1,28, für die Fertigungstechnik gar von 2.67. Hussinger und Czarnitzki (2004) ermitteln für Deutschland einen Multiplikator von 1,44. Die große Bandbreite der Ergebnisse ist angesichts unterschiedlicher Länder, Zeiträume, Arten und Ausgestaltungen der Förderprogramme wenig verwunderlich.

Betrachtet man die Ergebnisse von Studien, die die Wirkungen steuerlicher FuE-Förderung untersuchen, so kommen Dagenais et al. (1997) für kanadische Unternehmen zu dem Ergebnis, dass mit einem Dollar entgangene Steuereinnahmen zusätzliche FuE-Ausgaben von 0.98 Dollar verbunden gewesen sind im Zeitraum 1975 und 1992. Gemäß dem Survey von Parsons und Phillips (2007) liegt der Multiplikator in den von ihnen ausgewerteten Studien im Durchschnitt bei 1.29.

Für die Kosten-Analyse bedeutet dies, dass wir für den Multiplikator m alternativ folgende Werte annehmen:

- 0 (totales Crowding-Out-Effekte)
- 0,6 (starkes Crowding-Out-Effekte)
- 0,9 (leichtes Crowding-Out-Effekte)
- 1,0
- 1,15 (leichtes Crowding-In-Effekte)
- 1,3 (durchschnittliche Crowding-In-Effekte)
- 2 (starke Crowding-In-Effekte)

Als präferierten Wert für die Multiplikatorwirkung nehmen wir die eher konservative Schätzung von 1,15 an.

- Soziale Erträge s:

In unserer präferierten Spezifikation gehen wir davon aus, dass die im Zuge der Förderung getätigten FuE-Aufwendungen die durchschnittliche Ertragsrate erzielen. Im vorangegangen Kapitel wurden die gesamten sozialen Erträge aus FuE bei Betrachtung des zweijährigen Produktivitätswachstums auf 0,93-1,1 geschätzt. Für die hier betrachteten jährlichen Erträge lautet unsere präferierte Annahme über die Höhe der sozialen Erträge daher $s=0,5$.

Es ist jedoch keineswegs gesagt, dass zumindest bei einer massiven Ausdehnung der Förderung die FuE-Erträge erhalten bleiben. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass die FuE-Erträge auch mit dem Förderinstrument und dessen konkreter Ausgestaltung variieren werden. Die im Rahmen dieser Studie ermittelten sozialen Ertragsraten basieren auf einem Zeitraum, in dem es nur direkte oder indirekte Programmförderung, aber zum Beispiel keine steuerliche FuE-Förderung gab. So ist zum Beispiel zu vermuten, dass bei einer steuerlichen Förderung die privaten FuE-Erträge höher ausfallen dürften, da es hier nicht zu Allokationsverzerrungen durch spezifische Programmvorgaben kommt.⁵³ Alternativ verwenden wir für die soziale Ertragsrate Werte innerhalb der in der Literatur genannten Bandbreiten von 0,15 / 0,3 / 0,7 und 1,0.

- Abschreibungsrate d:

In der Basisspezifikation wird vereinfachend wird angenommen, dass die Abschreibungen auf die physischen Sachkapitalgüter (bei Alternativanlage) und Wissen gleich 15% sind. In den Alternativspezifikationen werden demgegenüber Abschreibungen von 10 und 20% unterstellt.

- Zinssatz i:

Die Zeitpräferenzrate wird mit 3,5% ($r=0,035$) und die Risikoprämie mit 3% ($\pi = 0,03$) in der Basisspezifikation angesetzt. Alternativ unterstellen wir für beide Größen 5%.

- Verwaltungskosten c_s und c_u :

Die Kosten für die Administration auf Seiten der Unternehmen dürften mit der Höhe der Förderung variieren. Gunz et al. (1996) ermitteln, dass diese Kosten im Allgemeinen zwischen 3 und 25% der Förderung für kanadische Unternehmen ausmachen. Parsons und Phillips (2007) ermitteln ebenfalls für Kanada durchschnittliche gewichtete Kosten in Höhe von 8%. In der Basisspezifikation unterstellen wir daher ebenfalls einen Wert von $c_u = 0,08$. Alternativ nehmen wir administrative Kosten in Höhe von 5%, 10% und 20% an.

Die staatlichen Verwaltungskosten sind natürlich ebenfalls nicht unabhängig vom spezifischen Förderinstrument. So lässt sich vermuten, dass die Kosten im Falle einer

⁵³ Diese Schlussfolgerungen lässt sich unter anderem aus den Ergebnissen von Nadiri (1993), Capron und van Pottelsberghe (1997) oder Falk (2004) ziehen, die herausfinden, dass die privaten Erträge aus privat finanziertem FuE höher sind als aus öffentlich subventionierter FuE.

steuerlichen Förderung geringer sind als bei einer direkten Projektförderung. Die staatlichen Verwaltungskosten c_s schätzen Parsons und Phillips (2007) zum Beispiel im Rahmen der steuerlichen Förderung auf 2%.

In der Basisspezifikation unterstellen wir einen leicht höheren Anteil von 3%, in den Alternativspezifikation betrachten wir Verwaltungskosten von 2%, 5% und 10%.

- Steuerverzerrung tx :

Lattimore (1997) schätzt die Wohlfahrtsverluste durch allokatiververzerrende Wirkungen der Steuerfinanzierung staatlicher Förderung auf 15-50% der direkten Programmausgaben. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Ausmaß der Verzerrung von der gewählten Steuerform abhängt. Parsons und Phillips schätzen die Steuerverzerrungen auf 27%. In der Basisspezifikation wählen wir daher einen Wert von $tx = 0,3$. In den Alternativspezifikationen untersuchen wir den Effekt von halb so hoher ($tx = 0,15$) und fast doppelt so hoher steuerverzerrender Wirkungen ($tx = 0,5$).

- Lohnelastizität der Arbeit λ :

Goolsbee (1998) schätzt auf Basis von US-Daten für den Zeitraum 1968-1994, dass bei ein Anstieg der FuE-Förderung von 11% durch die höhere Nachfrage nach Forschungspersonal die Lohnkosten um durchschnittlich 3,3 % steigen, wobei der Effekt je nach Bildungshintergrund des Forschers zwischen 2 und 6 % variiert. Unter der Annahme, dass die Ausgaben für FuE-Personal rund 2/3 der gesamten FuE-Budgets ausmachen, bedeutet dies ceteris paribus, dass der tatsächliche Zuwachs der FuE-Ausgaben um rund 23% geringer ausfällt. Marey and Borghans (2000) schätzen, dass 20 bis 30% der höheren FuE-Ausgaben in den Niederlanden in Folge der steuerlichen FuE-Förderung auf höhere Löhne zurückzuführen ist. Da die Tarifsysteme in Deutschland und den USA jedoch sehr unterschiedlich sind und in Deutschland zunächst einmal branchenspezifische Tarifverträge gelten, sollten Lohnsteigerungen speziell für Forschungspersonal ausgeschlossen sein, sofern alle in der Forschung Tätigten nach Tarif entlohnt werden. Diese Annahme dürfte für ein Teil des Forschungspersonals natürlich nicht zutreffen, so dass es hier durchaus zu Lohnsteigerungen kommen kann. Allerdings schätzen wir den Lohneffekt geringer ein als den in den Studien für andere Länder genannten 20-30%. In der Basisspezifikation setzen wir einen Wert von 10%, d.h. $\lambda = 0,1$, an. In den Alternativspezifikation untersuchen wir den Effekt von Lohnsteigerungen in den FuE-Kosten, die 5%, 20% und 30% ausmachen.

- Zeitdauer T:

In der Basisspezifikation unterstellen wir als Zeithorizont, in der FuE-Erträge zurückfließen, 15 Jahre. Alternativ unterstellen wir 5, 10 und 20 Jahre sowie einen unendlichen Zeithorizont.

4.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse für die Basisspezifikation werden in Tab. 4-1 (Kapitalwert) und Tab. 4-2 (Kosten-Nutzen-Verhältnis) dargestellt. Eine staatliche FuE-Förderung wäre auf Basis der Kosten-Nutzen-Analyse vorteilhaft und mit einem Nettowohlfahrtsgewinn verbunden, wenn der Kapitalwert größer als 0 ist. Dies ist gleichbedeutend mit einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von größer als 1.

Unter der auf Basis der Schätzungen und Literaturstudie präferierten Annahme über die Höhe der sozialen Erträge und Multiplikatorwirkung ergäbe sich ein Kapitalwert von 0,96. Dies impliziert, dass sich mit bei einer staatlichen Förderung in Höhe von 1 € insgesamt unter Berücksichtigung aller Erträge und Kosten ein Nettowohlfahrtsgewinn von 96 Cent für die heimische Wirtschaft ergäbe. Betrachtet man das Nutzen-Kosten-Verhältnis, dann wäre der Nutzen 1,66 mal so groß wie die Kosten staatlicher Förderung (vgl. Tab. 4-2).

Die Ergebnisse verdeutlichen darüber hinaus, dass die Höhe des Kapitalwerts sehr stark mit der Höhe der sozialen Erträge variiert. Jedoch könnten bereits bei relativ niedrigen gesamten FuE-Ertragsraten⁵⁴ positive Kapitalwerte und damit Nettowohlfahrtsgewinne erzielt werden. Dies wird um so wahrscheinlicher, je eher die staatliche FuE-Förderung zu einer Stimulierung der privaten FuE-Budgets führt. Unter den gewählten Annahmen würden z.B. selbst bei einer niedrigen sozialen Ertragsrate von 30% Wohlfahrtsgewinne entstehen, wenn im Zuge der staatlichen Förderung die privaten FuE-Ausgaben um 15% ausgedehnt werden.

Umgekehrt lässt sich aber auch erkennen, dass die Existenz von Mitnahmeeffekten nicht zwangsläufig dazu führt, dass die öffentliche Förderung aus volkswirtschaftlicher Sicht zu einem Wohlfahrtsverlust führt. Unterstellt man, dass ein zusätzlicher Euro für die Forschung in Summe bei allen Unternehmen zu einem zusätzlichen jährlichen Produktionswert von 50 Cent führt und damit eine soziale Ertragsrate von 0,5 gilt, dann würde selbst bei relativ starken Mitnahmeeffekten im Zuge der staatlichen Förderung auf Seiten der Unternehmen (hier gemessen anhand des Multiplikators von 0,6) noch ein Nettowohlfahrtsgewinn realisiert werden.

⁵⁴ „Relativ niedrig“ ist bezogen auf die in der Literatur geschätzte Bandbreite der Summe aus privaten FuE-Erträgen und sozialen Zusatzerträgen.

Tab. 4-1: Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei alternativen sozialen Erträgen und staatlichen Multiplikatorwirkungen (Basisspezifikation)

Multiplikator	Soziale Ertragsrate				
	0,15	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	-1,04	-1,04	-1,04	-1,04	-1,04
0,6	-0,84	-0,48	0,01	0,49	1,22
0,9	-0,75	-0,20	0,53	1,26	2,35
1,0	-0,71	-0,11	0,70	1,51	2,72
1,15	-0,66	0,03	0,96	1,89	3,29
1,3	-0,61	0,18	1,23	2,28	3,86
2,0	-0,38	0,83	2,45	4,07	6,49

Anmerkung: Weitere Parameterannahmen: $P=1$, $d=0,15$, $r = 0,035$, $\pi = 0,03$, $c_v = 0,08$, $c_s = 0,03$, $tx = 0,3$, $\lambda = 0,1$ und $T=15$.

Quelle: Berechnungen des ZEW.

Tab. 4-2: Kosten-Nutzen-Analyse: Nutzen-Kosten-Verhältnis bei alternativen sozialen Erträgen und staatlichen Multiplikatorwirkungen (Basisspezifikation)

Multiplikator	Soziale Ertragsrate				
	0,15	0,3	0,5	0,7	1,0
0,0	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
0,6	0,35	0,63	1,00	1,37	1,93
0,9	0,46	0,86	1,38	1,90	2,69
1,0	0,50	0,93	1,50	2,07	2,92
1,15	0,55	1,02	1,66	2,30	3,25
1,3	0,59	1,12	1,82	2,52	3,57
2,0	0,77	1,49	2,44	3,40	4,83

Anmerkung: Weitere Parameterannahmen: $P=1$, $d=0,15$, $r = 0,035$, $\pi = 0,03$, $c_v = 0,08$, $c_s = 0,03$, $tx = 0,3$, $\lambda = 0,1$ und $T=15$.

Quelle: Berechnungen des ZEW.

Die Tab. 4-3 bis Tab. 4-5 verdeutlichen, welchen Einfluss die anderen Modellparameter auf die Höhe des Kapitalwerts haben. Im Gegensatz zu der Höhe der sozialen Erträge und der Multiplikationswirkung spielen die anderen Parameter nur eine untergeordnete Rolle. Die hier gewählten Änderungen der Zeitpräferenzrate oder Risikoprämie schlagen kaum auf die Ergebnisse durch. Gleiches gilt für die Verwaltungskosten, die auf Seiten der Unternehmen und des Staates anfallen. Einen etwas stärkeren Einfluss haben die Abschreibungen, die Allokationsverzerrungen durch die Steuerfinanzierung und die Laufzeit möglicher Erträge. Die Größenordnung der Veränderung wäre bei einer Erhöhung der Abschreibungen auf 20%, einer Zunahme der Allokationsverzerrungen durch die Steuerfinanzierung auf 50% und einer Reduktion der Laufzeit möglicher Erträge auf 5 Jahre ähnlich.

Unter der eher konservativen Annahme einer sozialen Ertragsrate von 0,5 und einen Multiplikator von 1,15, würde alle hier untersuchten Parameteränderungen die Hauptaussage eines positiven Wohlfahrtsgewinns nicht ändern. Diese Aussage würde auch dann noch zutreffen, wenn wir bei einer sozialen Ertragsrate von 0,5 leichte Crowding-Out-Effekte unterstellen

($m=0,9$) oder bei einer sozialen Ertragsrate von 40% einen Multiplikator von 1 unterstellen. Würde man bei einer sozialen Ertragsrate von 40% leichte Mitnahmeeffekte ($m=0,9$) annehmen, dann würden sehr hohe Steuerverzerrungen und hohen Abschreibungsraten die Kapitalwerte negativ werden lassen.

Tab. 4-3: Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei alternativen Zeitpräferenzraten, Risikoprämien und Abschreibungsraten (Alternativspezifikationen)

	Zeitpräferenzrate r		Risikoprämie π		Abschreibungsrate d		
	0,035	0,05	0,03	0,05	0,15	0,1	0,2
Kapitalwert	0,96	0,83	0,96	0,79	0,96	1,52	0,57
Nutzen-Kosten-Verhältnis	1,66	1,57	1,66	1,54	1,66	2,03	1,39

Anmerkung: Weitere Parameterannahmen: $m=1,15$, $s=0,5$, $P=1$, $c_v = 0,08$, $c_s = 0,03$, $tx = 0,3$, $\lambda = 0,1$ und $T=15$. Kursiv dargestellt ist jeweils die Basisspezifikation zum Vergleich.

Quelle: Berechnungen des ZEW.

Tab. 4-4: Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei variierenden Steuerverzerrungen, Verwaltungskosten der Unternehmen und des Staates (Alternativspezifikationen)

	Steuerverzerrung tx			Verwaltungskosten der Unternehmen c_v			Verwaltungskosten des Staates c_s			
	0,30	0,15	0,50	0,08	0,10	0,20	0,03	0,02	0,05	0,10
Kapitalwert	0,96	1,12	0,76	0,96	0,94	0,83	0,96	0,98	0,94	0,87
Nutzen-Kosten-Verhältnis	1,66	1,86	1,46	1,66	1,63	1,52	1,66	1,68	1,63	1,56

Anmerkung: Weitere Parameterannahmen: $m=1,15$, $s=0,5$, $P=1$, $d=0,15$, $r = 0,035$, $\pi = 0,03$, $\lambda = 0,1$ und $T=15$. Kursiv dargestellt ist jeweils die Basisspezifikation zum Vergleich.

Quelle: Berechnungen des ZEW.

Tab. 4-5: Kosten-Nutzen-Analyse: Kapitalwert bei variierenden induzierten Lohnsteigerungen für FuE-Personal und unterschiedlichen Laufzeiten (Alternativspezifikationen)

	Lohnsteigerungen λ				Laufzeit			
	0,10	0,05	0,20	0,30	15	5	10	20
Kapitalwert	0,96	1,04	0,81	0,65	0,96	0,27	0,79	1,02
Nutzen-Kosten-Verhältnis	1,66	1,71	1,56	1,45	1,66	1,18	1,54	1,70

Anmerkung: Weitere Parameterannahmen: $m=1,15$, $s=0,5$, $P=1$, $d=0,15$, $r = 0,035$, $\pi = 0,03$, $c_v = 0,08$, $c_s = 0,03$ und $tx = 0,3$. Kursiv dargestellt ist jeweils die Basisspezifikation zum Vergleich.

Quelle: Berechnungen des ZEW.

5 Zusammenfassung und innovationspolitische Bewertung

Die Tatsache, dass von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten nicht nur das forschende Unternehmen profitiert, sondern sich auch Dritte das Wissen unentgeltlich zu Nutze machen und für Imitation oder Weiterentwicklungen eigener neuer Produkte und Prozesse verwenden können, stellt eines der zentralen Argumente für öffentliche FuE-Förderung dar. Das Kernziel der vorliegenden Studie bestand darin, die Höhe der privaten und sozialen Erträge aus FuE insgesamt und für einzelne Unternehmensgruppen zu quantifizieren, um darauf aufbauend im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse innovationspolitische Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen bestätigen weitestgehend die Existenz hoher privater Erträge und sozialer Zusatzerträge durch FuE. Im Einzelnen lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Unternehmen erzielen hohe direkte (private) Erträge aus FuE-Tätigkeit.

1. Unternehmen können mit eigener FuE-Tätigkeit einen signifikanten Beitrag zur Verbesserung ihrer Produktivität erzielen. Die private Outputelastizität lag im Zeitraum 1991-2005 bei rund 0.08-0.09. D.h. eine Erhöhung des eigenen FuE-Kapitalstocks um 10% induziert einen Anstieg der Arbeitsproduktivität in zwei Jahren um knapp 0.9%.
2. Damit verbunden ist eine durchschnittliche private Ertragsrate von 0.41. Steigert also ein Unternehmen durch eigene FuE-Tätigkeit seinen internen Wissenskapitalstock um einen Euro, resultiert daraus eine Produktionssteigerung von durchschnittlich 0.41 Euro bzw. von 41% auf den eingesetzten Euro. Die unmittelbaren „Rückflüsse“ der in FuE investierten Mittel in Form von Umsatzsteigerungen oder Kostensenkungen sind damit ausgesprochen hoch, denn sowohl die private Outputelastizität als auch die private Ertragsrate liegen am oberen Bereich der in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur üblicherweise genannten Werte.
3. Die meisten der bisherigen Studien berücksichtigen mangels Datenverfügbarkeit jedoch nicht, dass die FuE-Aufwendungen sowohl Investitionen als auch laufende Personalaufwendungen darstellen (und damit methodisch gesprochen im Produktionsfunktionsansatz bereits im Sachkapital und in der Arbeit eingehen). Der FuE-Wissenskapitalstock misst dann nur mehr den zusätzlichen Produktivitätseffekt aus FuE, der sich daraus ergeben kann, dass FuE-Beschäftigte produktiver als Nicht-FuE-Beschäftigte oder FuE-Investitionen produktiver als andere Sachkapitalinvestitionen sind. Diese Doppelzählung induziert eine Unterschätzung der Effekte der FuE-Tätigkeit. Verzichtet man wie in anderen Stu-

dien auf eine Korrektur der Doppelzählung, dann ergibt sich mit 0.033 eine signifikant niedrigere Outputelastizität, die im Mittel der in der Literatur ausgewiesenen Werte liegt.

4. Im Zeitablauf haben die privaten Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit im Zeitraum 1991-2005 gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1977-1989 leicht zugenommen. Dabei zeigen Detailanalysen, dass dieser Effekt im Wesentlichen auf die Unternehmen in Ostdeutschland zurückzuführen ist. Für westdeutsche Unternehmen ermitteln wir dagegen einen Rückgang in der privaten Outputelastizität (von 0.08 auf 0.035). Damit setzt sich der bereits seit Mitte der 80er Jahre beobachtete Trend eines Rückgangs der Outputelastizität offensichtlich fort. Dieser Rückgang korrespondiert mit steigenden Kosten der FuE-Tätigkeit. Die hohen Erträge aus FuE-Tätigkeit im Osten müssen vor dem Hintergrund der Ausnahmesituation durch die Wiedervereinigung gesehen werden. Angesichts des geringen Ausgangsniveaus der Produktivität in ostdeutschen Unternehmen konnten dort größere Produktivitätszuwächse erzielt werden. Die eigene FuE-Tätigkeit trug zum Aufholprozess bei – sowohl direkt als auch indirekt durch die verbesserte Aufnahmefähigkeit ostdeutscher Unternehmen für das Know-how Dritter.
5. Die Ergebnisse bestätigen, dass Unternehmen aus eigener Forschungstätigkeit aber nicht nur direkt, sondern auch indirekt profitieren. Je größer der eigene FuE-Kapitalstock und damit das im Unternehmen vorhandene Wissen ist, desto eher sind die Unternehmen in der Lage fremdes Wissen einzuschätzen, d.h. relevantes Wissen zu erkennen, zu verstehen und für eigene Zwecke im Unternehmen nutzbar zu machen. Eigene Forschungsaktivitäten erhöhen somit die Absorptionskapazitäten der Unternehmen.

FuE-Aktivitäten sind mit zusätzlichen indirekten Erträgen (soziale Zusatzerträgen) verbunden, die ähnlich hoch sind wie die direkten FuE-Erträge.

6. Forschungsaktivitäten von Unternehmen sind mit signifikanten Wissensspillovereffekten verbunden. Dies bedeutet, dass die FuE-Aktivitäten nicht nur bei dem forschenden Unternehmen zu Produktivitätssteigerungen führen, sondern auch bei Dritten, die das neu generierte Wissen für eigene Innovationsprojekte anwenden können. FuE-Investitionen generieren damit Zusatzerträge, die in der einschlägigen Forschung als soziale Erträge bezeichnet werden. Unternehmen profitieren jedoch nicht per se von dem Wissen, dass andere Unternehmen generieren, vielmehr setzt die Übernahme des Wissens von Dritten eigene Investitionen der Unternehmen in FuE voraus. Die soziale Outputelastizität liegt je nach Schätzung zwischen 0.017 und 0.029. Dies bedeutet, dass ein Unternehmen im Durchschnitt einen Produktivitätszuwachs von rund 0.2% bis 0.3% in zwei Jahren erreichen kann, wenn andere Unternehmen ihre Forschungsanstrengungen derart erhöhen, dass der externe Wissenskapitalstock um 10% zunimmt. Dieser Effekt erscheint auf den

ersten Blick vergleichsweise klein, jedoch müssen für eine Abschätzung der sozialen Zusatzerträge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die Produktivitätseffekte, die ein zusätzlicher Euro FuE eines Unternehmens bei allen anderen Unternehmen erzielt, aufsummiert werden. Danach ergäben sich - je nach Annahme über die Gesamtzahl forschender Unternehmen – soziale Zusatzerträge in Höhe von 0.52-0.65. Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive übertreffen damit die indirekten die direkten Erträge aus FuE deutlich und machen demnach rund 130-150% der privaten Erträge aus. Studien für andere Länder weisen auf eine ähnliche Größenordnung für das Verhältnis von privaten Erträgen und sozialen Zusatzerträgen hin. Fasst man die privaten und die sozialen Zusatzerträge zusammen, erhält man die Gesamtertragsrate der FuE-Tätigkeit, die bei ca. 1 liegt. Unsere Analyse legen nahe, dass diese Zahl als Obergrenze angesehen werden sollte.

7. Die Ergebnisse deuten ferner darauf hin, dass deutsche Unternehmen im Durchschnitt in etwa gleicher Größenordnung von dem Wissen, das andere Unternehmen durch FuE generiert haben, profitieren wie im Zeitraum 1979-1989. Umgekehrt kann man dieses Ergebnis auch dahingehend interpretieren, dass die Aneignung der Erträge aus eigener FuE-Tätigkeit in etwa gleichem Ausmaße möglich ist wie im Vergleichszeitraum. Gleichzeitig gibt es empirische Evidenz dafür, dass gerade im Bereich der Unternehmen mit geringem FuE-Kapital Spillovereffekte zugenommen haben.

Direkte und indirekte Erträge aus FuE lassen sich auf breiter Front der Unternehmen feststellen, wenngleich sie in ihrem quantitativen Ausmaß variieren.

8. Eigene FuE-Ausgaben sind im Dienstleistungssektor mit ähnlich hohen Produktivitätseffekten verbunden wie im verarbeitenden Gewerbe. Dagegen finden wir jedoch für Dienstleistungsunternehmen keine positiven Produktivitätseffekte, die aus der FuE-Tätigkeit anderer Unternehmen herrühren. Vielmehr deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die mit der FuE erzielten Wettbewerbsvorteile die Produktivitätseffekte der FuE-Tätigkeit Dritter überkompensieren.
9. High-Tech-Unternehmen profitieren deutlich stärker von eigener FuE-Tätigkeit als Medium-Tech- oder Low-Tech-Unternehmen. Im High-Tech-Sektor liegt die Outputelastizität mit 0.22 deutlich über dem Wert bei den Medium-Tech-Unternehmen mit 0.04. Darin spiegeln sich die unterschiedlichen technologischen Möglichkeiten in den jeweiligen Sektoren wieder, die sich dann auch in Marktergebnissen niederschlagen. Für Low-Tech-Unternehmen zeigen sich in dieser Studie gar keine signifikanten Produktivitätseffekte aus eigener FuE-Tätigkeit.
10. Ein Vergleich zum Zeitraum 1977-1989 ist nur für die beiden Gruppen High-Medium-Tech- und Low-Medium-Tech-Unternehmen möglich. Danach ist in der ersten Gruppe

die Outputelastizität geringfügig gesunken (Rückgang von 0.13 auf 0.12). In dem Low-Medium-Tech-Bereich fällt der Rückgang von 0.035 auf 0.01 deutlich stärker aus.

11. High-Tech-Unternehmen profitieren nur in vergleichsweise geringem Maße von fremder FuE-Tätigkeit. D.h. für High-Tech-Unternehmen konnte kein signifikanter Produktivitätseffekt aus externer FuE insgesamt festgestellt werden. Dieses Ergebnis ist vor allem vor dem Hintergrund überraschend, dass es in den 80er Jahren insbesondere die High-Medium-Tech-Unternehmen waren, die von hohen Spillovereffekten profitieren konnten. Detailanalysen nach der Herkunft des Wissenskapitalstocks zeigen jedoch, dass High-Tech-Unternehmen sehr wohl von im High-Tech-Sektor generiertem Wissen profitieren. Danach würde eine Erhöhung des FuE-Kapitalsstocks um 10% zu einer Produktivitätssteigerung von 1% führen. Vergleicht man die intrasektoralen Wissensflüsse im High-Tech-Sektor mit denen anderer Sektoren, dann sind diese hier besonders hoch. Umgekehrt wird jedoch auch deutlich, dass die High-Tech-Unternehmen im Durchschnitt nicht signifikant von dem Wissen profitieren, dass in den anderen Sektoren generiert wird. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass High-Tech-Unternehmen derart spezialisiert in ihrer Forschungstätigkeit sind, dass sie tatsächlich kaum vom Wissenspool anderer Sektoren profitieren.
12. Im Gegensatz dazu profitieren Medium-Tech-Unternehmen in signifikantem Ausmaß von fremder FuE. Der geschätzte Produktivitätszuwachs bei einer Zunahme des fremden FuE-Kapitalstocks um 10% liegt bei rund 0.2%. Detailanalysen zeigen, dass es auch hier im Wesentlichen intrasektorale Wissensflüsse sind, die zu signifikanten sozialen Zusatzerträgen in Form von Produktivitätszuwächsen führen.
13. Die insgesamt im High-Tech-Bereich erzielten sozialen Erträge aus FuE übersteigen auf Grund der hohen privaten Erträge dennoch die sozialen Erträge aus FuE im Medium-Tech-Sektor. Für den High-Tech-Sektor ergibt sich insgesamt eine soziale Ertragsrate von knapp 49% und für den Medium-Tech-Sektor von rund 34.5%.
14. Low-Tech-Firmen profitieren dagegen nicht in nennenswerter Weise von FuE-Aktivitäten, die andere Unternehmen aus dem gleichen Sektor tätigen. Low-Tech-Unternehmen erzielen vielmehr signifikant positive Produktivitätseffekte aus der Forschungstätigkeit der Medium-Tech-Unternehmen.
15. Über alle Unternehmen hinweg generiert der Medium-Tech-Sektor die höchsten Wissensspillovereffekte. Danach würde eine Erhöhung des MT-Kapitalstocks um 10% zu einer Erhöhung der Produktivität von 0.35% bis 0.45% führen.

16. Die Erträge aus eigener FuE sind bei jungen Unternehmen höher als bei etablierten Unternehmen. Während junge Unternehmen durch eine Ausweitung ihres FuE-Kapitalstocks um 10% durchschnittlich einen Produktivitätszuwachs von 1.1% erzielen können, liegt dieser Zuwachs bei Unternehmen, die älter als acht Jahre sind nur bei rund 0.7%.
17. Im Gegensatz dazu profitieren junge Unternehmen im Durchschnitt noch nicht in signifikantem Ausmaß von dem externen Wissen Dritter, während alte Unternehmen signifikante Produktivitätsgewinne in Höhe von rund 0.25% bei einer Erhöhung des externen Wissenskapitalstocks um 10% erzielen. Die Tatsache, dass sich junge Unternehmen noch schwer tun, von dem externen Wissen zu profitieren kann verschiedene Gründe haben. Zum einen ist die Akkumulation in Bezug auf technologisches Wissen bei jungen Unternehmen naturgemäß noch nicht so weit fortgeschritten. D.h. den jungen Unternehmen dürfte es vielfach an den notwendigen absorptiven Fähigkeiten fehlen, die notwendig sind um sich fremdes Wissen anzueignen.
18. Hinsichtlich der sozialen Zusatzerträge von fremder FuE gibt es keine wesentlichen Unterschiede zwischen ost- und westdeutschen Unternehmen.
19. Kleine Unternehmen erzielten im Zeitraum 1991-2005 durch eigene FuE-Tätigkeit deutlich größere Produktivitätsgewinne als große Unternehmen. Demgegenüber profitieren große Unternehmen fast 8mal stärker von externem Wissen als kleine Unternehmen. Diese deutliche Diskrepanz muss jedoch nicht zwingend Unterschiede in den absorptiven Fähigkeiten beider Unternehmensgruppen widerspiegeln. Zumindest ein Teil des Unterschieds dürfte auch darin begründet sein, dass zum einen große Unternehmen ein breiteres Produktsortiment anbieten und daher die Wahrscheinlichkeit für Spillovereffekte zunimmt. Zum anderen sind kleine Unternehmen häufiger auch in Nischen aktiv und stehen daher zu weniger Unternehmen in technologischer Nähe.

Abschließend sollte zur Einordnung der Ergebnisse erwähnt werden, dass es sich in der hier vorliegenden Studie um die nationalen sozialen Erträge inländischer Forschung handelt. Berücksichtigt man, dass das im Inland generierte Wissen natürlich nicht vor Ländergrenzen hält macht, sondern auch ausländische Unternehmen davon profitieren können, dann ist die Summe der sozialen Erträge (bestehend aus direkten Effekten, nationalen sozialen Zusatzerträgen und internationalen sozialen Zusatzerträgen) insgesamt im Rahmen dieser Untersuchung noch unterschätzt. Umgekehrt konnten in der hier vorliegenden Studie jedoch auch keine indirekten Effekte geschätzt werden, die heimische Unternehmen aus der Forschung im Ausland beziehen. Dies könnte ebenfalls zu einer Unterschätzung der ermittelten sozialen Erträge geführt haben, berücksichtigt man die Tatsache, dass die verstärkte eigene FuE-Tätigkeit es den Unternehmen erlaubt nicht nur von anderen heimischen Unternehmen zu lernen, sondern sich

auch leichter das Wissen ausländischer Unternehmen anzueignen. Internationale Spillovers dürften aus ökonomischer Sicht für deutsche Unternehmen in beiden Richtungen bedeutend sein und im Zuge der zunehmenden Internationalisierung nicht nur der Produktions-, sondern auch der Forschungsaktivitäten⁵⁵ der deutschen Unternehmen an Bedeutung gewinnen. Aus Sicht einer rein nationalen Innovationspolitik sind jedoch vorrangig die bei heimischen Unternehmen hervorgerufenen Effekte von Interesse. Insgesamt bleibt aber festzuhalten, dass ein vollständiges Bild der Höhe sozialer Erträge aus FuE letztlich nur gezeichnet werden kann, wenn auch die internationale Dimension Berücksichtigung findet. Dies ist auf Grund mangelnder Datenverfügbarkeit bislang nicht möglich gewesen.

Nimmt man die Ergebnisse der Regressionsanalysen als Ausgangspunkt, dann kann man zunächst festhalten, dass die sozialen Erträge aus FuE größer sind als die privaten Erträge aus FuE. Dies deutet aus gesamtwirtschaftlicher Sicht auf ein zu geringes Niveau der FuE-Tätigkeit hin und liefert damit ein zentrales - wenngleich wie eingangs erwähnt nicht notwendigerweise das einzige - Argument für staatliche FuE-Förderung. Entsprechend deuten Unterschiede zwischen verschiedenen Unternehmensgruppen und Branchen darauf hin, dass unterschiedlich starke Förderimpulse seitens des Staates notwendig sind. Allerdings ist die Existenz von sozialen Zusatzerträgen der FuE-Tätigkeit in Form von Wissensspillovern nur eine notwendige Voraussetzung für wohlfahrtstheoretisch begründete staatliche FuE-Förderungen. Förderprogramme gleich welcher Art sind immer auch mit Kosten verbunden, die über die reinen Programm kosten hinausgehen. Hier sind insbesondere mögliche Mitnahmeeffekte seitens der Unternehmen, Verwaltungskosten beim Staat und bei den Unternehmen, mögliche Allokationsverzerrungen durch eine Steuerfinanzierung der Förderung und Opportunitätskosten möglicher Alternativanlagen zu nennen.

Die im Rahmen dieser Studie vorgenommene Kosten-Nutzen-Analyse auf Basis alternativer Annahmen über die Erträge und Kosten im Zuge einer FuE-Förderung seitens des Staates zeigt jedoch, dass für die gesamtwirtschaftliche Beurteilung insbesondere zwei Parameter von entscheidender Bedeutung sind: Erstens die Höhe der Multiplikatorwirkung und damit die Höhe möglicher Crowding-In- oder Crowding-Out-Effekte bei den privaten FuE-Ausgaben und zweitens die Höhe der sozialen Erträge, die mit der FuE-Tätigkeit verbunden sind. Andere Parameter spielen dagegen eine weit weniger wichtige Rolle für die gesamtwirtschaftliche Betrachtung und die Frage, ob staatliche Förderung insgesamt zu einer Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt führt.

⁵⁵ Vgl. Rammer und Schmiele (2008)

Generell sollte die staatliche Innovationspolitik daher bei der Ausgestaltung ihrer Fördermaßnahmen darauf achten, die Anreize für die Unternehmen so zu setzen, dass möglichst geringe Mitannahmeeffekte auftreten. Darauf hinaus sollte das Ziel sein, insbesondere dort mit Maßnahmen zur FuE-Förderung anzusetzen, wo hohe soziale Erträge vermutet und erwartet werden. Eine wesentliche Erkenntnis der Studie ist, dass eine staatliche Förderpolitik, die zu Mitannahmeeffekten auf Seiten der Unternehmen führt, nicht zwangsläufig mit einem volkswirtschaftlichen Schaden verbunden sein muss. Für die im Rahmen der Studie geschätzten sozialen Ertragsraten könnte eine Förderpolitik selbst bei relativen hohen Mitannahmeeffekten noch eine gesamtwirtschaftlich positive Wirkung entfalten. Dieses Ergebnis zeigt sich bereits für relativ geringe soziale Ertragsraten. Gering meint hier gemessen anhand der in der einschlägigen Literatur gefundenen Bandbreite der sozialen Erträge. Umgekehrt sind jedoch auch hohe Multiplikatorwirkungen, d.h. eine Stimulation privater FuE-Ausgaben, noch kein Garant dafür, dass eine staatliche Förderung vorteilhaft ist. Bei sehr niedrigen Gesamterträgen aus FuE-Tätigkeit reichen diese dann nicht mehr aus, um die Kosten der Förderung zu kompensieren.

Die Frage mit welchem Instrumentarium oder Instrumentenmix die Innovations- und Forschungspolitik diese positiven Wohlfahrtsgewinne am ehesten erreichen kann, geht jedoch über das eigentliche Ziel dieser Studie hinaus. Die staatlichen Interventionen, die in diesem Kontext u.a. von Relevanz sein können, sind die direkte oder indirekte Förderung von Forschungsprojekten, die steuerliche Förderung von FuE-Aufwendungen, die Gründung öffentlicher Forschungseinrichtungen, die Verbesserung der Aneignungsbedingungen von geistigem Eigentum oder die Förderung von Forschungskooperationen als einer Möglichkeit der Internalisierung der Wissenspillover zwischen den kooperierenden Unternehmen. Die Kosten wie auch die Höhe der sozialen Erträge können mit dem spezifischen Förderinstrument sowie dessen konkreter Ausgestaltung variieren und sind daher nicht losgelöst davon zu betrachten. Allerdings gibt es bislang keine Studien, die für spezifische Förderinstrumente alle notwendigen Parameter beinhalten und damit eine programmspezifische Kosten-Nutzen-Analyse ermöglichen würden. Es gibt jedoch empirische Evidenz, die darauf hinzudeuten scheint, dass es hier einen Trade-Off zwischen den Instrumenten gibt. Während die sozialen Erträge im Rahmen einer steuerlichen Förderung auf Grund der geringeren Allokationsverzerrungen im Durchschnitt höher ausfallen dürften, entfaltet die direkte Projektförderung eine im Durchschnitt höhere Multiplikatorwirkung. Es ist jedoch nicht gesagt, dass die Erträge und Multiplikatoren auch bei einer massiven Ausdehnung der FuE konstant bleiben würden. Die relativ große Bandbreite der Parameterkonstellationen, für die die Kosten-Nutzen-Analyse positive Gesamteffekte ausweist, ist aber ein Indiz dafür, dass die Wohlfahrtsgewinne mit verschiedenen Instrumenten erreicht werden können. Auch ein Mix der Instrumente ist hier natürlich eine Option der Forschungs- und Innovationspolitik.

6 Literatur

- Adams, J. D. (1997), The Structure of Firm R&D and the Factor Intensity of Production, Working Paper, Universität Florida und NBER.
- Aerts, K., D. Czarnitzki und A. Fier (2007), Econometric Evaluation of Public R&D Policies: Current State of the Art, Working Paper, KU Leuven und ZEW.
- Aldieri und Cincera (2009), Domestic Versus International R&D Spillovers and Productivity Performance of Large International Firms, *Journal of Technology Transfer*, 2, 196-211.
- Almus, M. and D. Czarnitzki (2003), The Effects of Public R&D Subsidies on Firms' Innovation Activities: The Case of Eastern Germany, *Journal of Business and Economic Statistics* 21(2), 226-236.
- Arrow, K. J. (1962), Economic Welfare and the Allocations of Resources of Invention, in: Nelson, R. R. (Hrsg.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton.
- Aschhoff, B., K. Blind, B. Ebersberger, B. Fraaß, C. Rammer und T. Schmidt (2007), Schwerpunktbericht zur Innovationserhebung 2005, Mannheim 2007.
- Bardy, R. (1974), Die Produktivität von Forschung und Entwicklung, Meisenheim am Glan.
- Bartelsman, E., G. van Leeuwen, H. Nieuwenhuijsen und K. Zeelenburg (1996), R&D and Productivity Growth: Evidence from Firm-Level Data in The Netherlands, paper presented at the 1996 Conference of the European Economic Association, Istanbul.
- Bernstein, J. (1988), Costs of Production, Intra- and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence, *Canadian Journal of Economics* 21 (2), 324-347.
- Bernstein, J. (1989), The Structure of Canadian Interindustry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D, *Journal of Industrial Economics* 37, 315-328.
- Bernstein, J. (1997) Interindustry R&D Spillovers for Electrical and Electronic Products: The Canadian Case, *Economic Systems Research* 9, 111-125.
- Bernstein, J. (1998), Factor Intensities, Rates of Return, and International R&D Spillovers: The Case of Canadian and U.S. Industries, *Annales d'Economie et de Statistique* 49-50, 541-564.
- Bernstein, J. und P. Mohnen (1997), International R&D Spillovers Between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors, *Journal of International Economics* 44, 315-338.
- Bernstein, J. und M. Nadiri (1988), Interindustry R&D Spillovers, Rate of Return and Production in High-Tech Industries, *American Economic Review* 78, 429-434.
- Bernstein, J. und M. Nadiri (1991), Product Demand, Cost of Production, Spillovers, and the Social Rate of Return to R&D, NBER Working Paper 3625.

- Bitzer, J. und A. Stephan (2002), A Schumpeter-Inspired Approach to the Construction of R&D Capital Stocks, DIW Discussion Paper 300, Berlin.
- Blanchard, P., J. Huiban und P. Sevestre (2004), R&D and Productivity in Corporate Groups: An Empirical Investigation Using a Panel of French Firms, paper prepared for the conference „R&D, Education and Productivity. An International Conference in Memory of Zvi Griliches”, 25.-27. August 2003, Paris.
- Bloom, N., M. Schankerman und J. van Reenen (2005), Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry, CEPR Discussion Paper 4912.
- Bloom, N, M. Schankerman und J. van Reenen (2007), Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry, NBER Working Papers 13060.
- Bond, S., D. Harhoff und J. van Reenen (2003), Corporate R&D and Productivity in Germany and the United Kingdom, CEP Discussion Papers, London.
- Branstetter, L. G. (1998), Looking for International Knowledge Spillovers: A Review of the Literature with Suggestions for New Approaches; *Annales d'Economie et de Statistique* 49-50, 517-540.
- Buxton, T. und G. Kennally (2004a), Comparison of Excess Social Rates of Return to Product and Process R&D, *Economics of Innovation and New Technology* 13, 509-521.
- Buxton, T. und G. Kennally (2004b), Economic Policy, the New Economy and the Social Rate of Return to R&D in UK Manufacturing, *Economics of Innovation and New Technology* 13, 655-670.
- Capron, H. und M. Cincera (2001), Technological Competition, Economic Performance and Strategic Behaviour of International Firms, *Cahiers Economiques de Bruxelles* 169, 33-62.
- Cincera, M. (2001), Economic and Technological Performances of International Firms, Ph.D. Dissertation, Freie Universität Brüssel (ULB).
- Clark, B. und Z. Griliches (1984), Productivity Growth and R&D at the Business Level: Results from the PIMS Database, in: Griliches, Z. (Hrsg.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, 393-416.
- Coe, D. und E. Helpman (1995), International R&D Spillovers, *European Economic Review* 39, 859-887.
- Cohen, W. M. und D. A. Levinthal (1989), Innovation and Learning: the two Faces of R & D, *The Economic Journal* 99(397), 569-596.
- Cornet, M (2001a), The Social Costs and Benefits of the Dutch R&D Tax Incentive Scheme, CPB report 2001/3, 47-50.
- Cornet, M (2001b), The Social Costs and Benefits of the Dutch R&D Tax Incentive Scheme, CPB document 8.
- Cororaton, C. (1999), Rates of Return to R&D Investment in the Philippines, PIDS Discussion Paper Series No. 99-24, Makati City, Philippines.

- Cuneo, P. und J. Mairesse (1983), Productivity and R&D at the Firm Level in French Manufacturing, in: Griliches, Z. (Hrsg.), R&D, Patents and Productivity, Chicago, 375-392.
- Czarnitzki, D. (2001), Die Auswirkungen der Forschungs- und Technologiepolitik auf die Innovationsaktivitäten ostdeutscher Unternehmen, Schmollers Jahrbuch – Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften 121(4), 1-22.
- Czarnitzki, D. and A. Fier (2002), Do Innovation Subsidies Crowd Out Private Investment? Evidence from the German Service Sector, Konjunkturpolitik - Applied Economics Quarterly 48(1), 1-25.
- Czarnitzki, D., T. Doherr, A. Fier, G. Licht und C. Rammer (2002), Öffentliche Förderung der Forschungs- und Innovationsaktivitäten von Unternehmen in Deutschland, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 17-2003, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.
- Czarnitzki, D. und K. Hussinger (2004), The Link Between R&D Subsidies, R&D Input and Technological Performance, ZEW Discussion Paper 04-56, Mannheim.
- Czarnitzki, D. und K. Kraft (2008), On the Profitability of Innovative Assets, Applied Economics, forthcoming
- Czarnitzki, D. und G. Licht (2006), Additionality of Public R&D Grants in a Transition Economy: The Case of Eastern Germany, Economics of Transition 14(1), 101-131.
- Dagenais, M., P. Mohnen und P. Thierrien (1997), Do Canadian Firms Respond to Fiscal Incentives to Research and Development, Tilburg University, Mimeo.
- David, P.A., B.H. Hall und A.A. Toole (2000), Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence, Research Policy 29(4-5), 497-529.
- Deng, Y. (2005), The Value of Knowledge Spillovers, Southern Methodist University, Department of Economics, Departmental Working Paper 0516.
- Ejermo, O. (2004), Productivity Spillovers of R&D in Sweden, CESIS Working Paper 15, Stockholm.
- Eurostat (1992), Nace Rev. 1, Paris.
- Fier, A. (2002), Staatliche Förderung industrieller Forschung in Deutschland, ZEW Wirtschaftsanalysen, Bd. 62, Baden-Baden.
- Fier, A., D. Heger und K. Hussinger (2004), Die Wirkungsanalyse staatlicher Förderprogramme durch den Einsatz von Matching- und Selektionsmodellen am Beispiel der Fertigungstechnik, in: Engel, D., Mittelstandsfinanzierung, Basel II und die Wirkung öffentlicher und privater Kapitalbereitstellung, Veröffentlichung des Round Table Mittelstandes Bd. 5, Berlin.
- Globerman, S. (1972), The Empirical Relationship Between R&D and Industrial Growth in Canada, Applied Economics 4, 181-195.
- Gonzalez, X., J. Jaumandreu und C. Pazó (2006), Barriers to innovation and subsidy effectiveness, RAND Journal of Economics, forthcoming.

- Goolsbee, A. (1998), Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers?, *American Economic Review*, 88, 298-302.
- Gopinath, M. und T. Roe (2000), R&D Spillovers: Evidence from U.S. Food Processing, Farm Machinery and Agricultural Sectors, *Economics of Innovation and New Technology* 9, 223-243.
- Goto, A. und K. Suzuki (1989), R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries, *Review of Economics and Statistics* 71, 731-753.
- Griffith, R., S. Redding und J. van Reenen (2003), R&D and Absorptive Capacity: Theory and Empirical Evidence, *Scandinavian Journal of Economics* 105, 99-118.
- Griliches, Z. (1973), Research Expenditures and Growth Accounting, in: Williams, B. (Hrsg.), *Science and Technology in Economic Growth*, London, 59-95.
- Griliches, Z. (1979), Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth." *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.
- Griliches, Z. (1980b), R&D and the Productivity Slowdown, *American Economic Review* 70, 343-348.
- Griliches, Z. (1986), Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970s, *American Economic Review* 76, 141-154.
- Griliches, Z. (1994), Productivity, R&D and the Data Constraint, *The American Economic Review* 84(1), 1-23.
- Griliches, Z. und F. Lichtenberg (1984), Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: A Re-Examination, *Review of Economics and Statistics* 61, 324-329.
- Griliches, Z. und J. Mairesse (1983), Comparing Productivity Growth: An Exploration of French and US Industrial and Firm Data, *European Economic Review* 61, 324-329.
- Griliches, Z. und J. Mairesse (1984), Productivity and R&D at the Firm Level, in: Griliches, Z. (Hrsg.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, 339-374.
- Griliches, Z. und Mairesse, J. (1990), R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms, in: Hulten, C. (Hrsg.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, Chicago, 317-340.
- Guellec, D. und B. van Pottelsberghe de la Potterie (2001), R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries, *OECD Economic Studies* 33, 104-126.
- Guellec, D. und B. van Pottelsberghe de la Potterie (2004), From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter?, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 66, 353-378.
- Gunz, S., A. MacNaughton und K. Wensley (1996), Measuring the Compliance Cost of Tax Expenditures: The Case of Research and Development Incentives, *Working Paper Number 6*, Industry Canada.

- Hall, B. und J. Mairesse (1995), Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms, *Journal of Econometrics* 65, 263-294.
- Hall, B. und J. van Reenen (2000), How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence, *Research Policy* 29(4-5), 449–469.
- Hanel, P. (1988), L'effet des dépenses en R&D sur la productivité de travail au Québec, *L'Actualité Économique* 64, 396-415.
- Hanel, P. und A. St. Pierre (2002), Effects of R&D Spillovers on the Profitability of Firms, *Review of Industrial Organisation* 20, 305-322.
- Harhoff, D. (1994), R&D and Productivity in German Manufacturing Firms, ZEW Discussion Paper 94-01, Mannheim.
- Harhoff, D. (1998), R&D and Productivity in German Manufacturing Firms, *Economics of Innovation and New Technology* 6, 29- 49.
- Harhoff, D. (2000), R&D Spillovers, Technological Proximity, and Productivity Growth – Evidence from German Panel Data, *Schmalenbach Business Review* 52, 238-260.
- Jacobs, B., R. Nahuis und P. Tang (2002), Sectoral Productivity Growth and R&D Spillovers in The Netherlands, *De Economist* 150 (2), 181-210.
- Jaffe, A. (1986), Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value, *American Economic Review* 76, 984-1001.
- Jaffe, A. (1989), Real Effect of Academic Research, *American Economic Review* 79, 957-970.
- Jaffe, A. (1998), The Importance of "Spillovers" in the Policy Mission of the Advanced Technology Program, *Journal of Technology Transfer*, 23 (2), 11-19.
- Jones, C. und J. Williams (1998), Measuring the Social Return to R&D, *Quarterly Journal of Economics* 113, 1119-1135.
- Kwon, H. und T. Inui (2003), R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms, Economic and Social Research Institute, ESRI Discussion Paper Series No. 44, Tokio, Japan.
- Lattimore, R. (1997), Research and Development Fiscal Incentives in Australia: Impacts and Policy Lessons." Productivity Commission paper presented to the OECD Conference on Policy Evaluation in Innovation, Paris, 26 -27 June 1997, <http://www.oecd.org/dataoecd/2/55/1822639.pdf>.
- Lederman, D. und W. Maloney (2003), R&D and Development, The World Bank, Policy Research Working Paper 3024, Washington.
- van Leeuwen, G. und L. Klomp (2002), On the Contribution of Innovation to Multi-Factor Productivity Growth, CPB Paper, The Hague.
- Lichtenberg, F. und D. Siegel (1991), The Impact of R&D Investment on Productivity - New Evidence Using R&D - LRD Data, *Economic Inquiry* 29, 203-228.

- Lichtenberg, F. und B. van Pottelsberghe de la Potterie (1998), International R&D Spillovers: A Re-Examination, *European Economic Review* 42, 1483-1491.
- Link, A. (1978), Rates of Induced Technology from Investments in Research and Development, *Southern Economic Journal* 45 (2), 370-379.
- Link, A. (1981), *Research and Development Activity in US Manufacturing*, New York.
- Link, A. (1983), Inter-Firm Technology Flows and Productivity Growth, *Economics Letters* 11, 179-184.
- Los, B. und B. Verspagen (2000), R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U.S. Manufacturing Microdata, *Empirical Economics* 25, 127-148.
- Mairesse, J. und M. Sassenou (1991), R&D Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level, NBER Working Paper no. W3666.
- Mairesse, J. und P. Mohnen (1994), R&D and Productivity Growth: What have we Learned from Econometric Studies? Paper presented at the EUNETIC Conference, Strasbourg, 7-8 October 1994.
- Mamuneas, T. (1999), Spillovers from Publicly Financed R&D Capital in High-Tech Industries, *International Journal of Industrial Organisation* 17, 215-239.
- Mansfield, E. (1973), Determinants of the Speed of Application of New Technology, in: Williams, Bruce R. (Hrsg.), *Science and Technology in Economic Growth*, London, 199-216.
- Mansfield, E. (1980), Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing, *American Economic Review* 70, 863-873.
- Marey, P. und L. Borghans (2000), Wage elasticities of the supply of knowledge workers in the Netherlands, ROA report R-2000/6E, Maastricht.
- Minasian, J. (1969), Research and Development, Production Functions, and Rates of Return, *American Economic Review* 59, 80-85.
- Mohnen, P. und N. Lepine (1991), Payments for Technology as a Factor of Production, Structural Change and Economic Dynamics 2(1), 213-228.
- Mohnen, P., M. Nadiri und I. Prucha (1986), R&D, Production Structure and Rates of Return in the US, Japanese and German Manufacturing Sectors, *European Economic Review* 30, 749-771.
- Nadiri, M. und S. Kim (1996), International R&D Spillovers, Trade and Productivity in Major OECD Countries, NBER Working Paper 5801, Cambridge, MA.
- Nadiri, M. und I. Prucha (1990), Comparison and Analysis of Productivity Growth and R&D Investment in the Electrical Machinery Industries of the United States and Japan, in: Hulten, C. und R. Norsworthy (Hrsg.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, Chicago, 109-134.
- Nadiri, I.M. (1993), Innovation and Technological Spillovers, NBER Discussion Paper 4423, Cambridge, MA.

- Nelson, R. (1959), The Simple Economics of Basic Scientific Research, *Journal of Political Economy* 67(2) 297-306.
- Nguyen, S. und E. Kokkelenberg (1992), Measuring Total Factor Productivity, Technical Change and the Rate of Returns to Research and Development, *Journal of Productivity Analysis* 2, 269-282.
- Odagiri, H. (1983), R&D Expenditures, Royalty Payments, and Sales Growth in Japanese Manufacturing Corporations, *Journal of Industrial Economics* 32, 61-71.
- Odagiri, H. (1985), Research Activity, Output Growth, and Productivity Increase in Japanese Manufacturing Industries, *Research Policy* 14, 117-130.
- Odagiri, H. und H. Iwata (1986), The Impact of R&D on Productivity Increase in Japanese Manufacturing Companies, *Research Policy* 15, 13-19.
- Ornaghi, C. (2006), Spillovers in product and process innovation: Evidence from manufacturing firms, *International Journal of Industrial Organization* 24, 349-380.
- OECD (2002), Frascati Manual 2002: The Measurement of Scientific and Technological Activities, Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development, Paris.
- O'Mahony, M. (1992), Productivity and Human Capital Formation in UK and German Manufacturing, NIESR Discussion Paper 28.
- Pakes, A. und M. Schankerman (1984) The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources, in: Griliches, Z. (Hrsg.): R & D, Patents, and Productivity, 73-88.
- Park, J. (2004), International and Intersectoral R&D Spillovers in the OECD and East Asian Economies, *Economic Inquiry* 42, 739-757.
- Park, W. (1995), International R&D Spillovers and OECD Economic Growth, *Economic Inquiry* 33, 571-591.
- Parsons, M. und N. Phillips (2007), An Evaluation of the Federal Tax Credit for Scientific Research and Experimental Development, Department of Finance Working Paper 2007-08,
- Poldahl, A. (2006), Domestic vs. International Spillovers: Evidence from Swedish Firm Level Data, *Journal of Industry, Competition and Trade*, 6 (3/4), 277-294.
- van Pottelsberghe (1997), Issues in Assessing the Effect of Interindustry R&D Spillovers, *Economic Systems Research*, 9 (4), 331-356.
- Putnam und Evenson (1994), Inter-Sectoral Technology-Flows: Estimates from a Patent Concordance with Application to Italy, mimeo.
- Rammer, C., V. Zimmermann, E. Müller, D. Heger, B. Aschhoff und F. Reize (2005), Innovationspotentiale von kleinen und mittleren Unternehmen, *ZEW Wirtschaftsanalysen* 79, Mannheim.

- Rammer, C. und A. Schmiele (2008), Internationalisierung von Innovationsaktivitäten – Internationalisierung von Innovationsaktivitäten –Wissensgewinn und –verlust durch Mitarbeiterfluktuation, Schwerpunktbericht zur Innovationserhebung 2006, ZEW-Dokumentation Nr. 08-06, Mannheim
- Rouvinen, P. (2002a), R&D–Productivity Dynamics: Causality, Lags, and „Dry Holes“, Journal of Applied Economics 5, 123-156.
- Rouvinen, P. (2002b), The Existence of R&D Spillovers: A Cost Function Estimation with Random Coefficients, Economics of Innovation and New Technology 11, 525-541.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2005), Jahresgutachten: 2005/06 - Die Chance nutzen - Reformen mutig voranbringen.
- Sapir, A., Aghion, P., Bertola, G., Hellwig, M., Pisani-Ferry, J., Rosati, D., Vinals, J. und Wallace, H. (2003), An Agenda for a Growing Europe. Making the EU Economic System Deliver, Report of an Independent High Level Group established at the initiative of the President of the European Commission, Brüssel.
- Schankerman, M. (1981), The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D, Review of Economics and Statistics 63, 454-459.
- Schankerman, M. und M. Nadiri (1986), A Test of Static Equilibrium Models and Rates of Return to Quasi-Fixed Factors, with an Application to the Bell System, Journal of Econometrics 33, 97-118.
- Scherer, F. (1982), Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth, Review of Economics and Statistics 64, 627-634.
- Scherer, F. (1983), The Propensity to Patent, International Journal of Industrial Organization 82(1), 107-128.
- Scherer, F. (1984), Using Linked Patent and R&D Data to Measure Inter-Industry Technology Flows, in: Griliches, Z. (Hrsg.), R&D, Patents and Productivity, Chicago, 417-464.
- Schmoch, U., F. Laville, P. Patel und R. Frietsch (2003), Linking Technology Areas to Industrial Sectors, Final Report to the European Commission, DG Research, Karlsruhe, Paris, Brighton.
- Sterlacchini, A. (1989), R&D, Innovations, and Total Factor Productivity Growth in British Manufacturing, Applied Economics 21, 1549-1562.
- Suzuki, K. (1993), R&D Spillovers and Technology Transfer Among and Within Vertical Keiretsu Groups: Evidence from the Japanese Electrical Machinery Industry, International Journal of Industrial Organisation 11, 573-591.
- Sveikauskas, L. (1981), Technology Inputs and Multifactor Productivity Growth, Review of Economics and Statistics 63, 275-282.
- Terleckyj, N. (1974), Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study, National Planning Association, Washington D.C.

- Terleckyj, N. (1980), Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries, in: Kendrick, J. und B. Vaccara (Hrsg.), New Developments in Productivity Measurements Analysis, Chicago, 359-386.
- Tsai, K. und J. Wang (2003), Productivity Growth and R&D Expenditure in Taiwan's Manufacturing Firms, NBER Working Paper 9724, Cambridge MA.
- Tsai, K. und J. Wang (2004), R&D Productivity and the Spillover Effects of High-Tech Industry on the Traditional Manufacturing Sector: The Case of Taiwan, *World Economy* 27, 1555-1570.
- Verspagen (1997), Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices, *Review of World Economics* 133(2), 226-248.
- Wakelin, K. (2001), Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms, *Research Policy*, 30, 1079-90.
- Wallsten, S.J. (2000), The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program, *RAND Journal of Economics* 31(1), 82-100.
- Wolff, E. und M. Nadiri (1987), Spillover Effects, Linkage Structure, and Research and Development, *Structural Change and Economic Dynamics* 4, 315-331.

7 Anhang

Tab. 7-1: Einteilung der FuE-Aufwendungen nach Erzeugnisbereichen (Produktgruppen), Einteilung 1991-1999

Produktgruppe	Bezeichnung
P01	Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft
P02	Erzeugnisse des Bergbaus, Steine und Erden
P03	Erzeugnisse des Bergbaus, Steine und Erden
P04	Textilien, Bekleidung, Leder
P05	Holz, Kork, Papier
P06	Verlags- und Druckerzeugnisse
P07	Kokerei- und Mineralölerzeugnisse
P08	Chemische Erzeugnisse (ohne pharmazeutische Erzeugnisse)
P09	Pharma
P10	Gummiwaren
P11	Kunststoffwaren
P12	Glas- und Keramikwaren
P13	Eisen u. Stahlerzeugnisse
P14	Nicht-Eisen-Metalle
P15	Gießerei-Erzeugnisse
P16	Stahl- und Leichtmetallerzeugnisse
P17	Kessel, Kernreaktoren
P18	Schiede, Pressteile
P19	Oberflächenveredelung
P20	EBM-Waren
P21	Land- und forstwirtschaftliche Maschinen
P22	Werkzeugmaschinen
P23	Waffen und Munition
P24	Haushaltsgeräte
P25	Übriger Maschinenbau
P26	Büromaschinen, EDV
P27	Geräte elektrische Erzeugung
P28	Nachrichtentechnik
P29	Medizinische Geräte
P30	Mess- und Regelungstechnik
P31	Kraftfahrzeuge- und Kraftfahrzeugteile
P32	Sonstige Fahrzeuge
P33	Luft- und Raumfahrzeuge
P34	Möbel und Schmuck
P35	Sekundärrohstoffe (aus Recycling)
P36	Energie- und Wasser, Dienstleistungen der Energie- und Wasserversorgung
P37	Baugewerbe
P38	Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen
P39	Sonstige Bereiche
P40	Hardwareberatung
P41	Softwaredienstleistungen
P42	Architektur- und Ingenieurbürodienstleistungen
P43	Technische Untersuchungen

Anmerkung: In den Jahren 1991-1997 gab es nur die Erzeugnisbereiche P1-P39. Die Erzeugnisbereiche P40-P43 wurden im Jahr 1999 zusätzlich aufgenommen.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik.

Tab. 7-2: Einteilung der FuE-Aufwendungen nach Erzeugnisbereichen (Produktgruppen), Einteilung 2001-2005

Produktgruppe	Bezeichnung
P01	Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht (01-05)
P02	Erzeugnisse des Bergbaus, Steine und Erden (10-14)
P03	Nahrungs- und Genussmittel
P04	Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren (17-19)
P05	Holz, Papier- und Verlags- u. Druckerzeugnisse (20-22)
P06	Kokerei- und Mineralölprodukte
P07	Spalt- und Brutstoffe
P08	Chemische Erzeugnisse ohne pharmazeutische Erzeugnisse (24.1-24.3, 24.5-24.7)
P09	Pharmazeutische Erzeugnisse (24.4)
P10	Gummiwaren (25.1)
P11	Kunststoffwaren (25.2)
P12	Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden (26)
P13	Eisen u. Stahlerzeugnisse, Nicht-Eisen-Metalle und -erzeugnisse (27)
P14	Metallerzeugnisse (28)
P15	Land- und forstwirtschaftliche Maschinen (29.3)
P16	Werkzeugmaschinen (29.4)
P17	Waffen und Munition (29.6)
P18	Haushaltsgeräte (29.7)
P19	Übrige Erzeugnisse des Maschinenbaus (29.1, 29.2, 29.5)
P20	Büromaschinen (30.01)
P21	Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen
P22	El.-mot., Generat., Transform., Akkum., Batt., el. Lampen/Leuchten, Handel v. el. Ausr. (31.1, 31.4-.6)
P23	Elektrizitätsverteilungs- u. Schalteinrichtungen; Elektrokabel, -leitungen u. -drähte (31.2 u. 31.3)
P24	Nachrichtentechnik, elektronische Bauelemente (32.1 u. 32.2)
P25	Rundfunk- u. Fernsehgeräte
P26	Medizinische Geräte, orthopädische Vorrichtungen (33.1)
P27	Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumente u. Vorrichtungen, ind. Prozesssteuerungsanlagen (33.2 u. 33.3)
P28	Optische u. fotografische Geräte (33.4)
P29	Uhren (33.5)
P30	Kraftwagen und Kraftwagenteile (34)
P31	Schienenfahrzeuge (35.2)
P32	Luft- und Raumfahrzeuge (35.3)
P33	Sonstige Fahrzeuge ohne Schienen-, Luft- und Raumfahrzeuge (35.1, 35.4, 35.5)
P34	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sport- und Spielwaren (36)
P35	Sekundärrohstoffe (aus Recycling) (37)
P36	Energie- und Wasser, Dienstleistungen der Energie- und Wasserversorgung (40-41)
P37	Erzeugnisse des Baugewerbes, Bauarbeiten (35)
P38	Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen (60-64)
P39	Versicherungs- und Bankdienstleistungen (65-67)
P40	Hardwareberatungsleistungen (72.1)
P41	Dienstleistungen von Softwarehäusern (72.2)
P42	Übrige Datenverarbeitungsdienste (72.3, 72.4-72.6)
P43	Architektur- u. Ingenieurbüroleistungen (74.2)
P44	Technische, physikalische u. chemische Untersuchungsleistungen (74.3)
P45	Sonstige, oben nicht aufgeführte Waren und Dienstleistungen
P46	Nicht zurechenbare interne FuE-Anwendungen

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik.

Tab. 7-3: Einteilung der Patente nach Patentklassen

Patentklasse	Bezeichnung	Zugehörige Patentuntergruppen
01	Geräte elektr. Erzeugung	F21, G05F, H01B, H01C, H01F, H01G, H01H, H01J, H01K, H01M, H01R, H01T, H02, H05B, H05C, H05F, H05K
02	Audio- und Videotechnik	G09F, G09G, G11B, H03F, H03G, H03J, H04R, H04S
03	Telekommunikation	G08C, H01P, H01Q, H03B, H03C, H03D, H03H, H03K, H03L, H03M, H04B, H04H, H04J, H04K, H04L, H04M, H04M, H04N, H04Q
04	Informationstechnik	G06, G11C, G10L
05	Halbleiter	H01L, B81
06	Optische Geräte	G02, G03B, G03C, G03D, G03F, G03G, G03H, H01S
07	Mess- und Kontrolltechnik	G01B, G01C, G01D, G01F, G01H, G01J, G01K, G01L, G01M, G01N, G01P, G01R, G01S, G01V, G01W, G04, G05B, G05D, G07, G08B, G08G, G09B, G09C, G09D, G12
08	Medizintechnik	A61B, A61C, A61D, A61F, A61G, A61H, A61J, A61L, A61M, A61N
09	Kernenergie	G01T, G21, H05G, H05H
10	Organische (Fein-)Chemie	C07C, C07D, C07F, C07H, C07J, C07K
11	Makromolekulare Chemie und Polymere	C08B, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L, C09D, C09J,
12	Pharmazeutische und Kosmetikprodukte	A61K, A61P, A61Q
13	Biotechnologie	C07G, C12M, C12N, C12P, C12Q, C12R, C12S
14	Landwirtschaftliche und Nahrungsmittelchemie	A01H, A21D, A23B, A23C, A23D, A23F, A23G, A23J, A23K, A23L, C12C, C12F, C12G, C12H, C12J, C13D, C13F, C13J, C13K
15	Chemische und Mineralölindustrie, Grundwerkstoff-Chemie	A01N, C05, C07B, C08C, C09B, C09C, C09F, C09G, C09H, C09K, C10B, C10C, C10F, C10G, C10H, C10J, C10K, C10L, C10M, C11B, C11C, C11D
16	Oberflächenveredelung und -beschichtung	B05C, B05D, B32, C23, C25, C30
17	Eisenerzeugung und -bearbeitung	C01, C03C, C04, C21, C22, B22, B82
18	Chemietechnik	B01D, B01F, B01J, B01L, B02C, B03, B04, B05B, B06, B07, B08, F25J, F26
19	Materialverarbeitung, Textilindustrie, Papiererzeugnisse	A41H, A43D, A46D, B28, B29, B31, C03B, C03J, C14, D01, D02, D03, D04B, D04C, D04G, D04H, D05, D06B, D06C, D06G, D06H, D06J, D06L, D06M, D06P, D06Q, D21
20	Handling und Druck	B25J, B41, B65B, B65C, B65D, B65F, B65G, B65H, B66, B67
21	Landwirtschaftliche Maschinen und Anlagen sowie zur Nahrungsmittelverarbeitung	A01B, A01C, A01D, A01F, A01G, A01J, A01K, A01L, A01M, A21B, A21C, A22, A23N, A23P, B02B, C12L, C13C, C13G, C13H, C13L
22	Umwelttechnik	A62D, B01D-046, B09, C02, F01N, F23G, F23J
23	Werkzeugmaschinen	B21, B23, B24, B26D, B26F, B27, B30
24	Antriebssysteme, Pumpen, Turbinen	F01B, F01C, F01D, F01K, F01L, F01M, F01P, F02, F03, F04, F23R
25	Wärmetechnik: Verarbeitung und Anlagen	F22, F23B, F23C, F23D, F23H, F23K, F23L, F23M, F23N, F23Q, F24, F25B, F25C, F27, F28
26	Maschinenteile	F15, F16, F17, G05G
27	Transportgewerbe	B60, B61, B62, B63B, B63C, B63H, B63J, B64B, B64C, B64D, B64F
28	Raumfahrttechnik, Waffen	B63G, B64G, C06, F41, F42
29	Konsumgüter und Ausstattung	A24, A41B, A41C, A41D, A41F, A41G, A42, A43B, A43C, A44, A45, A46B, A47, A62B, A62C, A63, B25B, B25C, B25D, B25F, B25G, B25H, B26B, B42, B43, B44, B68, D04D, D06F, D06N, D07, F25D, G10B, G10C, G10D, G10F, G10G, G10H, G10K
30	Baugewerbe und Bergbau	E01, E02, E03, E04, E05, E06, E21

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmoch et al. (2003).

8 Tabellenanhang

8.1 Sensitivitätsanalyse: Auswirkungen der Korrektur um Doppelzählungen

Tab. 8-1: Sensitivitätsanalyse: Effekt der Korrektur um Doppelzählungen auf Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
Stichprobe	Sachkapitalstock und Beschäftigte korrigiert (d.h. ohne Doppelzählung)	Sachkapitalstock und Beschäftigte nicht korrigiert (d.h. mit Doppelzählung)
Sachkapital	0.040** (2.358)	0.041*** (2.179)
Interner Wissenskapitalstock	-0.053 (-1.440)	0.039 (1.113)
Externer Wissenskapitalstock	0.144*** (4.297)	0.005* (0.136)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.033*** (4.454)	-0.001 (-0.183)
Beschäftigte	-0.214*** (-5.772)	-0.014*** (3.152)
Konstante	0.047*** (3.223)	0.274*** (17.815)
R ²	0.230	0.088
W_Zeit	0.000	0.306
W_intern	0.00	0.827
W_extern	0.020	0.000
W_Wissen	0.000	0.367
N	3399	3401
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.091	0.033
Median	0.096	0.033
25% Perzentil	0.046	0.031
75% Perzentil	0.144	0.035
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.029	0.010
Median	0.030	0.010
25% Perzentil	0.005	0.009
75% Perzentil	0.054	0.011

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta \log(W^F/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W^F/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

8.2 Sensitivitätsanalyse: Auswirkungen unterschiedlicher Abschreibungsrationen

Tab. 8-2: Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung unterschiedlicher Abschreibungsrationen externen Wissens, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable: Methode	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]		
	OLS		
Stichprobe	Abschreibungsrate von 15%	Abschreibungsrate von 25%	Abschreibungsrate von 25%
Sachkapital	0.040** (2.358)	0.042** (2.456)	0.043** (2.511)
Interner Wissenskapitalstock	-0.053 (-1.440)	-0.063 (-1.511)	-0.063** (-2.054)
Externer Wissenskapitalstock	0.144*** (4.297)	0.148*** (4.243)	0.113*** (4.622)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.033*** (4.454)	0.034*** (4.506)	0.032*** (6.134)
Beschäftigte	-0.214*** (-5.772)	-0.193*** (-4.809)	-0.259*** (-7.581)
Konstante	0.047*** (3.223)	0.255*** (16.026)	0.063*** (4.744)
R ²	0.230	0.229	0.234
W_Zeit	0.000	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.000	0.000
W_extern	0.020	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000	0.000
N	3399	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K			
Mittelwert	0.091	0.099	0.088
Median	0.096	0.104	0.098
25% Perzentil	0.046	0.051	0.038
75% Perzentil	0.144	0.153	0.145
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W			
Mittelwert	0.029	0.039	0.001
Median	0.030	0.040	0.002
25% Perzentil	0.005	0.013	-0.023
75% Perzentil	0.054	0.064	0.025

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abschreibungsrate von 10 bzw 25 % bedeutet, dass hier sowohl für den eigenen als auch für den externen Kapitalstock eine Abschreibungsrate von 10 bzw. 25 statt von 15 % angesetzt wurde.

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressionen beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

8.3 Sensitivitätsanalyse: Gewichtete versus ungewichtete Kapitalstöcke

Tab. 8-3: Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung gewichteter und ungewichteter Kapitalstöcke, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
Stichprobe	gewichtet	ungewichtet
Sachkapital	0.040** (2.358)	0.044*** (2.592)
Interner Wissenskapitalstock	-0.053 (-1.440)	-0.238*** (-3.877)
Externer Wissenskapitalstock	0.144*** (4.297)	-0.211 (-0.786)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	0.033*** (4.454)	0.043*** (5.431)
Beschäftigte	-0.214*** (-5.772)	-0.611** (-2.279)
Konstante	0.047*** (3.223)	0.112** (2.438)
R ²	0.230	0.233
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.000
W_extern	0.020	0.000
W_Wissen	0.000	0.000
N	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.091	0.085
Median	0.096	0.093
25% Perzentil	0.046	0.041
75% Perzentil	0.144	0.139
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.029	-0.359
Median	0.030	-0.358
25% Perzentil	0.005	-0.392
75% Perzentil	0.054	-0.328

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

Abhängige Variable: 4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität: $\Delta \log(S/L)$.

Erklärende Variablen: Sachkapital: $\Delta \log(C/L)$, eigener Wissenskapitalstock: $\Delta \log(K/L)$, externer Wissenskapitalstock: $\Delta \log(W/L)$, Interaktion: $\Delta [\log(K/L) * \log(W/L)]$, Beschäftigte: $\Delta \log(L)$. Alle Regressions beinhalten einen Satz an Dummyvariablen, die für das jeweilige Jahr aus dem die Beobachtung stammt kontrolliert.

Zur weiteren Interpretation siehe auch Anmerkungen Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

8.4 Sensitivitätsanalyse: Gewichtung des Spilloverpools

Tab. 8-4: Sensitivitätsanalyse: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität unter Verwendung unterschiedlicher Breite des Spilloverpools, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2)

Abhängige Var.	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]			
	OLS			
Methode	W200 (1)	W100 (2)	W33 (3)	W10 (4)
Schätzung	0.040** (2.352)	0.040** (2.358)	0.041** (2.414)	0.042** (2.455)
Sachkapital	-0.017 (-0.521)	-0.053 (-1.440)	-0.136*** (-2.920)	-0.190*** (-3.588)
Interner Wissenskapitalstock	0.122*** (4.134)	0.144*** (4.297)	0.187*** (4.427)	0.210*** (4.182)
Externer Wissenskapitalstock	0.028*** (4.242)	0.033*** (4.454)	0.040*** (5.138)	0.042*** (5.458)
Interaktion: interner und externer Wissenskapitalstock	-0.222*** (-6.151)	-0.214*** (-5.772)	-0.197*** (-4.653)	-0.186*** (-3.806)
Beschäftigte	0.045*** (3.089)	0.047*** (3.223)	0.050*** (3.388)	0.049*** (3.306)
R ²	0.227	0.230	0.233	0.234
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.000	0.000	0.000
W_extern	0.000	0.000	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000	0.000	0.000
N	3399	3399	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K				
Mittelwert	0.095	0.091	0.086	0.084
Median	0.101	0.096	0.092	0.090
25% Perzentil	0.051	0.046	0.040	0.037
75% Perzentil	0.143	0.144	0.140	0.139
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W				
Mittelwert	0.024	0.029	0.049	0.064
Median	0.025	0.030	0.050	0.065
25% Perzentil	0.002	0.005	0.019	0.032
75% Perzentil	0.045	0.054	0.078	0.095

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler).

W100 bezeichnet den in Abschnitt 3.4.1 benutzten Wissenskapitalstock. W200 ist ein Wissenskapitalstock, der weiter entfernte Unternehmen geringer gewichtet (engere Definition des Wissenspilloverpools). Demgegenüber geben W33 und W10 weiter entfernten Unternehmen ein stärkeres Gewicht als in der Ausgangsdefinition von W100 (d.h. breitere Definition des Wissenspilloverpools). Zur Definition der Variablen siehe auch Harhoff (2000).

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

8.5 Sensitivitätsanalyse: Geschätzte soziale Erträge unter der Annahme konstanter Skalenerträge

Tab. 8-5: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 1 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Var.	Arbeitsproduktivität					
	OLS		FE			
Methode	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.100*** (8.816)	0.085*** (7.718)	0.077*** (6.999)	0.104*** (5.563)	0.092*** (4.955)	0.083*** (4.744)
Interner Wissenskapitalstock (K)	0.114*** (9.171)	0.141*** (11.143)	0.045** (2.435)	0.196*** (8.005)	0.155*** (6.189)	0.027 (0.778)
Externer Wissenskapitalstock (W)	- -	-0.064*** (-9.026)	0.009 (0.620)	- -	0.066*** (3.705)	0.174*** (5.905)
Interaktion: interner und externer W. (I)	- -	- -	0.023*** (5.944)	- -	- -	0.030*** (4.340)
Ost	-0.466*** (-20.903)	-0.391*** (-16.675)	-0.388*** (-16.622)	- -	- -	0.382*** (15.964)
Konstante	-1.017*** (-9.233)	-0.809*** (-13.521)	-1.191*** (-9.841)	-1.335*** (-13.694)	-1.803*** (-12.258)	-2.342*** (-13.381)***
R ²	0.384	0.409	0.420	0.212	0.252	0.269
Rho	-	-	-	0.835	0.860	0.866
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	-	-	0.000	-	-	0.000
W_extern	-	-	0.000	-	-	0.000
W_Wissen	-	-	0.000	-	-	0.000
Beobachtungen	6665	6665	6665	6665	6665	6665
Unternehmen	1635	1635	1635	1635	1635	1635
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.114	0.141	0.147	0.196	0.155	0.157
Median			0.151			0.161
25% Perzentil			0.115			0.116
75% Perzentil			0.184			0.204
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	-	-0.064	-0.073	-	0.066	0.071
Median			-0.072			0.072
25% Perzentil			-0.090			0.049
75% Perzentil			-0.055			0.093

Anmerkungen: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau.
In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: ZEW/SV (2008): FuE-Erhebung des Stifterverbands – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-6: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, alle Unternehmen, Zeitraum 1995/1997-2005 (Modellvariante 2- Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Var.	Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]					
	2-Jahres-Wachstumsrate			4-Jahres-Wachstumsrate		
	OLS					
Schätzung	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Sachkapital	0.139*** (7.002)	0.113*** (6.157)	0.098*** (5.866)	0.103*** (4.958)	0.086*** (4.380)	0.076*** (4.267)
Interner Wissens- kapitalstock	0.278*** (10.892)	0.195*** (7.527)	0.016 (0.432)	0.217*** (7.950)	0.163*** (6.335)	-0.001 (-0.019)
Externer Wissens- kapitalstock	-	0.131*** (6.967)	0.269*** (8.718)	-	0.090*** (4.924)	0.223*** (7.110)
Interaktion: interner und externer W.	-	-	0.039*** (5.655)	-	-	0.037*** (5.326)
Konstante	0.128*** (9.707)	0.124*** (9.262)	0.133*** (10.151)	0.004 (0.275)	0.007 (0.474)	0.021 (1.505)
R ²	0.195	0.206	0.228	0.178	0.189	0.217
W_Zeit	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W_intern	-	-	0.000	-	-	0.000
W_extern	-	-	0.000	-	-	0.000
W_Wissen	-	-	0.000	-	-	0.000
Beobachtungen	5030	5030	5030	3399	3399	3399
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K						
Mittelwert	0.278	0.113	0.187	0.217	0.163	0.161
Median	-	-	0.193	-	-	0.167
25% Perzentil	-	-	0.133	-	-	0.110
75% Perzentil	-	-	0.248	-	-	0.220
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W						
Mittelwert	-	0.131	0.133	-	0.090	0.094
Median	-	-	0.134	-	-	0.095
25% Perzentil	-	-	0.104	-	-	0.066
75% Perzentil	-	-	0.162	-	-	0.122

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-7: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität im verarbeitenden Gewerbe und Dienstleistungssektor, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
	VG	DL
Sachkapital	0.077*** (4.060)	0.165* (1.738)
Interner Wissenskapitalstock	-0.033 (-0.768)	-0.041 (-0.364)
Externer Wissenskapitalstock	0.226*** (5.671)	0.198*** (2.652)
Interaktion: interner und externer W.	0.042*** (4.671)	0.052*** (7.203)
Konstante	0.280*** (9.9409)	-0.0215 (-1.093)
R ²	0.197	0.534
W_Zeit	0.000	0.521
W_intern	0.000	0.000
W_extern	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000
Beobachtungen	3149	125
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.152	0.266
Median	0.157	0.281
25% Perzentil	0.094	0.230
75% Perzentil	0.215	0.325
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.078	0.087
Median	0.079	0.086
25% Perzentil	0.047	0.052
75% Perzentil	0.108	0.122

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-8: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität, getrennt nach Sektoren, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Variable:	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]		
Methode	OLS		
	HT	MT	LT
Sachkapital	0.087** (2.357)	0.084*** (3.752)	0.052 (0.832)
Interner Wissenskapitalstock	0.079 (0.560)	-0.047 (-0.958)	0.030 (0.338)
Externer Wissenskapitalstock	0.161* (1.771)	0.225*** (4.323)	0.081 (0.822)
Interaktion: interner und externer W.	0.041 (1.585)	0.038*** (3.398)	-0.028 (-1.471)
Konstante	0.108*** (4.005)	0.031* (1.830)	0.135** (2.499)
R ²	0.204	0.151	0.151
W_Zeit	0.000	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.000	0.408
W_extern	0.210	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000	0.000
Beobachtungen	829	1961	312
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K			
Mittelwert	0.298	0.115	-0.037
Median	0.306	0.122	-0.040
25% Perzentil	0.245	0.069	-0.070
75% Perzentil	0.358	0.167	-0.011
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W			
Mittelwert	0.048	0.086	0.198
Median	0.047	0.087	0.196
25% Perzentil	0.025	0.062	0.179
75% Perzentil	0.072	0.112	0.215

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-9: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in jungen und alten Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
	Junge Unternehmen	Alte Unternehmen
Sachkapital	0.008 (0.163)	0.081*** (3.353)
Interner Wissenskapitalstock	0.053 (0.565)	0.004 (0.090)
Externer Wissenskapitalstock	0.221*** (2.793)	0.226*** (4.644)
Interaktion: interner und externer W.	0.033* (1.944)	0.038*** (3.586)
Konstante	-0.041 (-0.749)	0.058*** (2.670)
R ²	0.250	0.204
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.001	0.000
W_extern	0.020	0.000
W_Wissen	0.000	0.000
Beobachtungen	508	1701
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.206	0.168
Median	0.215	0.173
25% Perzentil	0.158	0.118
75% Perzentil	0.260	0.225
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.110	0.092
Median	0.086	0.093
25% Perzentil	0.135	0.063
75% Perzentil	0.113	0.121

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-10: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in west- und ostdeutschen Unternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [Δ log(S/L)]	
Methode	OLS	
	West	Ost
Sachkapital	0.080*** (3.001)	0.065** (2.418)
Interner Wissenskapitalstock	-0.008 (-0.149)	0.042 (0.694)
Externer Wissenskapitalstock	0.208*** (3.627)	0.193*** (4.069)
Interaktion: interner und externer W.	0.032** (2.427)	0.028** (2.567)
Konstante	0.119*** (7.190)	-0.025 (-0.672)
R ²	0.160	0.251
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.000	0.191
W_extern	0.000	0.000
W_Wissen	0.000	0.000
Beobachtungen	2013	1155
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.114	0.191
Median	0.118	0.195
25% Perzentil	0.068	0.157
75% Perzentil	0.163	0.229
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.092	0.094
Median	0.093	0.096
25% Perzentil	0.063	0.071
75% Perzentil	0.121	0.119

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-11: Einfluss des internen und externen Wissenskapitalstocks auf die Produktivität in KMU und Großunternehmen, Zeitraum 1993-2005 (Modellvariante 2 – Annahme: konstante Skalenerträge aller Inputfaktoren)

Abhängige Variable	4-Jahres-Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität [$\Delta \log(S/L)$]	
Methode	OLS	
	Großunternehmen	KMU
Sachkapital	0.097 (1.176)	0.078*** (3.907)
Interner Wissenskapitalstock	0.049 (0.788)	-0.078* (-1.689)
Externer Wissenskapitalstock	0.112 (1.351)	0.255*** (7.047)
Interaktion: interner und externer W.	0.013 (0.656)	0.051*** (5.989)
Konstante	0.248*** (7.588)	0.240*** (13.006)
R ²	0.140	0.222
W_Zeit	0.000	0.000
W_intern	0.534	0.000
W_extern	0.194	0.000
W_Wissen	0.238	0.000
Beobachtungen	456	2882
Geschätzte Outputelastizität des eigenen Wissenskapitalstocks K		
Mittelwert	0.064	0.169
Median	0.067	0.172
25% Perzentil	0.048	0.109
75% Perzentil	0.082	0.235
Geschätzte Outputelastizität des externen Wissenskapitalstocks W		
Mittelwert	0.067	0.079
Median	0.070	0.079
25% Perzentil	0.058	0.041
75% Perzentil	0.079	0.115

Anmerkung: *** signifikant auf dem 1%-Niveau, ** signifikant auf dem 5%-Niveau, * signifikant auf dem 10%-Niveau. In Klammern: t-Statistiken, wobei die zugrunde liegenden Standardfehler robust geschätzt wurden gegenüber Heteroskedastizität sowie gegenüber Autokorrelation der Beobachtungen einzelner Individuen (geclusterte Standardfehler). Zur Berechnung der Variablen siehe Tab. 3-9.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik – Berechnungen des ZEW.

Tab. 8-12: Literaturüberblick: Studien zur Schätzung privater Ertragsraten auf Unternehmensebene

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Private Output-elastizität	Ansatz	Abhängige Variable
Bardy (1974)	Deutschland	1960-1971	Chemische Industrie	0.92-0.97	-	PF	Wertschöpfung
Bartelsmann et al. (1996)	Niederlande	1985-1993	VG	Gross Output: 0.12 Value Added: 0.30	Gross Output: 0.06 Value Added: 0.08	PF	Wachstumsrate v. Gross Output bzw. Value Added
Bond-Harhoff-van Reenen (2003)	Deutschland/UK	1987-1996	VG	Deutschland: 0.19 UK: 0.38	Deutschland: 0.07 UK: 0.08	PF	TFP
Buxton-Kenally (2004a) ^{a)}	USA	1972-1983	Firmen aus Kunststoff / Metallverarbeitung / Maschinenbau	Prozess-FuE: 2.2 / 0.01 / 0.25 Produkt-FuE: -0.06 / -2.51 / 0.55	-	PF	Wachstumsrate v. Value Added
Cincera (1998)	Belgien	1987-1994	International tätige Firmen des VG	gesamt: 0.38 mit Branchendummys: 0.19 mit Standort-Dummym: 0.08, sowohl mit Branchen- als auch Standorddummym: 0.15	gesamt: 0.12	PF	TFP
Clark-Griliches (1984)	USA	1970-1980	VG	0.20	-	PF	TFP-Wachstumsrate
Cuneo-Mairesse (1983)	Frankreich	1972-1977	Unternehmen mit positiven FuE-Aufwendungen; Unterteilung in Firmen in FuE-intensiven Branchen des VG (Chemie, Pharma, Elektroindustrie) und Firmen im übrigen VG	-	0.20 (Firmen in FuE-intensiven Branchen) 0.10 (übrige Firmen)	PF	Arbeitsproduktivität
Deng (2005)	USA	1979-1998	Halbleiter-Industrie	-	0.10	PF	Börsenwert

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Private Output-elastizität	Ansatz	Abhängige Variable
Griliches (1980b)	USA	1959-1977	39 Branchen des VG	0.03	-	PF	TFP
Griliches (1986)	USA	1957-1977	VG	0.33 (1972) 0.39 (1977)	0.12 (1972), 0.09 (1977)	PF	TFP
Griliches-Mairesse (1983)	USA/ Frankreich	1973-1978	Pharma, Chemie, Elektroindustrie, Maschinenbau	0.19 (USA) 0.31 (Frankreich)	-	PF	Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität
Griliches-Mairesse (1984)	USA	1966-1977	VG	-	0.06	PF	Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität
Griliches-Mairesse (1990)	Japan/USA	1973-1980	VG	0.20 (Japan) 0.25 (USA)	-		Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität
Hall-Mairesse (1996)	USA/ Frankreich	1978-1989	VG	-	0.04 (USA) 0.09 (Frankreich)	PF	Umsatz
Harhoff (1998)	Deutschland	1979-1989	VG	Bruttoertragsrate: gesamt: 0.22 HT: 0.22 LT: 0.27	gesamt: 0.09 HT: 0.16 LT: 0.03	PF	Arbeitsproduktivität
Kwon-Inui (2003)	Japan	1995-1998	VG	Bruttoertragsrate: Gesamt: 0.16 HT: 0.17 MT: 0.07 LT: 0.28 Kleine U. (50-299): 0.30 Mittlere U. (300-1499): 0.06 Große U. (>=1500): 0.14	Gesamt: 0.04 HT: 0.06 MT: 0.02 LT: 0.03 Kleine U.: 0.03 Mittlere U.: 0.03 Große U.: 0.11	PF	Arbeitsproduktivität (Niveau und Wachstumsrate)
Lichtenberg-Siegel (1991)	USA	1972-1985	Unternehmen, die FuE betreiben	0.13	-	PF	TFP-Wachstumsrate
Link (1981)	USA	1975-1979	VG	0.19	-	PF	Wachstumsrate v. Value Added

Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Private Output-elastizität	Ansatz	Abhängige Variable
Link (1983)	USA	1975-1979	Unternehmen des VG, die FuE betreiben	0.05	-	PF	TFP
Mansfield (1980)	USA	1960-1976	Chemie- und Erdöl-industrie	0.28	-	PF	TFP
Minasian (1969)	USA	1948-1957	Chemie	0.54	0.11	PF	Value Added
Nguyen-Kokkelenberg (1992)	USA	1973-1981	VG	0.64	-	PF	TFP-Wachstumsrate
Odagiri (1983)	Japan	1969-1981	Nahrungsmittel, Textilien, Papier, Chemie, Pharma, Erdölverarbeitung, Gummi- und Kunststoffe, Glas, Zement, Metallerzeugung und -verarbeitung Maschinenbau, Elektroindustrie, Transportgeräte, Präzisionsgeräte	-0.47 (Nichtinnovatoren) 0.26 (Innovatoren)	-	PF	Umsatz-Wachstumsrate
Odagiri-Iwata (1985)	Japan	1966-1982	VG	0.17 (1966-1973) 0.11 (1974-1982)	-	PF	TFP-Wachstumsraten
Schankerman (1981)	USA	1958-1976	(1) Chemie / Petro-chemie, (2) Metall-industrie und Ma-schinenbau, (3) Elektrische Ausstat-tung, (4) Fahrzeugbau, (5) Luftfahrzeuge,	(1) 0.70 (2) 0.43 (3) 0.40 (4) 0.58 (5) 0.24 (6) 0.73	(1) 0.16 (2) 0.10 (3) 0.23 (4) 0.09 (5) 0.29 (6) 0.07	PF	Value Added

			sonstige (6)				
Autor	Land	Zeitraum	Gewerbe	Private Ertragsrate	Private Output-elastizität	Ansatz	Abhängige Variable
Schankerman-Nadiri (1986)	USA	1947-1976	DL	0.10-0.24	-	KF	Variable Kosten
van Leeuwen-Klomp (2002)	Niederlande	1994-1996	Unternehmen, die von 1994-1996 Produkt- oder Prozessinnovationen eingeführt haben	0.54-0.64	-	PF	Value Added
Wang-Tsai (2003)	Taiwan	1994-2000	156 börsennotierte Unternehmen des VG	Gesamt: 0.25 HT: 0.35 LT: 0.08	Gesamt: 0.20 HT: 0.30 LT: 0.07	PF	Kapitalproduktivität (Niveau)

Anmerkungen: a) Autoren bezeichnen das Ergebnis als soziale Ertragsrate. Da es sich jedoch um den Koeffizienten der firmeneigenen FuE-Intensität handelt, ist er private Ertragsrate zu interpretieren.

Quelle: Eigene Darstellung.