ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Mitze, Timo; Alecke, Björn

Article

Welche Rolle spielt externes Wissen für die sektorale Technologieentwicklung? Eine empirische Analyse zur Identifikation intersektoraler FuE-Spillovers

Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung

Provided in Cooperation with:
German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Mitze, Timo; Alecke, Björn (2011) : Welche Rolle spielt externes Wissen für die sektorale Technologieentwicklung? Eine empirische Analyse zur Identifikation intersektoraler FuE-Spillovers, Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, ISSN 1861-1559, Duncker & Humblot, Berlin, Vol. 80, Iss. 3, pp. 167-180, https://doi.org/10.3790/vjh.80.3.167

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/99663

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Welche Rolle spielt externes Wissen für die sektorale Technologieentwicklung? Eine empirische Analyse zur Identifikation intersektoraler FuE-Spillovers

TIMO MITZE UND BJÖRN ALECKE

Timo Mitze, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen, E-Mail: Mitze@rwi-essen.de
Björn Alecke, Gesellschaft für Finanz- und Regionalanalysen (GEFRA), Münster, E-Mail: alecke@gefra-muenster.de

Zusammenfassung: Die vorliegende Arbeit untersucht die Rolle von intersektoralen FuE-Spillovereffekten für das sektorale Produktivitätswachstum anhand eines Datensatzes für zwölf OECD-Volkswirtschaften im Zeitraum 1980 bis 2004. Im Rahmen der empirischen Analyse werden mithilfe von panelökonometrischen Verfahren sogenannte „Griliches-Typ"-Produktionsfunktionen geschätzt, die der Akkumulation von Wissenskapitalstöcken eine besondere Rolle beimessen. Die erzielten Ergebnisse bestätigen die Existenz privater Erträge und sozialer Zusatzerträge von sektoraler FuE-Tätigkeit. So kann gezeigt werden, dass das Verarbeitende Gewerbe und darunter insbesondere „Hightech"-Sektoren einerseits überdurchschnittlich stark von der eigenen FuE-Tätigkeit profitieren und andererseits eine Quelle für positive intersektorale Spillover-Effekte sind. Die Ergebnisse verdeutlichen damit die besondere gesamtwirtschaftliche Rolle dieser Sektoren und geben darüber hinaus Hinweise auf den potenziellen Nutzen einer gezielten politischen Förderung der unternehmerischen FuE-Tätigkeit.

Summary: In this paper, we analyse the role played by intersectoral R&D-spillovers in determining sectoral productivity growth patterns. Based on panel data for 12 OECD countries throughout the period 1980–2004, our empirical approach builds upon the estimation of so-called "Griliches-Type" production functions, which are prominently driven by knowledge capital stocks. Our results identify positive and statistically significant pri-vate as well as social returns to R&D activity. Thereby, both the manufacturing sector as a whole and particularly its hightech subsectors show to benefit considerably from their own sectoral R&D spendings in driving output growth. Moreover, these sectors also show to be a significant source of intersectoral R&D spillovers. Our obtained results thus highlight the macroeconomic importance of the latter sectors and also hint at the likely effectiveness of policy measures aiming to exploit social returns from R&D spillovers.

→ JEL Classification: O11, O33, O47, C23
→ Keywords: Production functions, R&D spillovers, panel econometrics

1 Einleitung

Die Fähigkeit, technologisches Wissen durch Forschung- und Entwicklung (FuE) zu generieren sowie als Produkt- oder Prozessinnovationen effektiv in den Wirtschaftsprozess einzubringen, ist eine wesentliche Determinante individueller Wettbewerbsfähigkeit auf der Unternehmens-, regionalen oder gesamtwirtschaftlichen Ebene. Zum einen erhalten Wirtschaftsakteure dadurch einen unmittelbaren Anreiz, eigene FuE- sowie Innovationsanstrengungen durchzuführen. Zum anderen hat die zeitgenössische Wirtschaftsforschung auch gezeigt, dass sich FuE-aktive Wirtschaftsakteure vielfach nicht sämtliche Erträge ihrer eigenen FuE-Tätigkeit aneignen können und dementsprechend Dritte von den Ergebnissen ihrer Innovationstätigkeit profitieren, ohne einen entsprechenden Preis für diesen Wissenstransfer zu bezahlen (siehe u.a. Jaffe 1989, Feldman 1994). Dieser unentgeltliche Transfer von Wissen wird aufgrund seines Diffusionscharakters daher häufig auch als „Wissensspillover" bezeichnet. Die Existenz derartiger Spillover-Effekte führt dazu, dass es neben den direkten Erträgen, die beim forschenden Wirtschaftsakteur anfallen (private Erträge), auch indirekte Effekte (soziale Zusatzerträge) gibt. Häufig wird dabei nach sogenannten horizontalen und vertikalen Wissensspillover-Effekten unterschieden. Horizontale Spillovers bezeichnen dabei den sektorinternen Austausch von Wissen, während vertikale Spillovers zwischen Wirtschaftsakteuren in verschiedenen Sektoren stattfinden. Die folgende empirische Untersuchung konzentriert sich auf letzteren Transmissionskanal.

Bei der empirischen Bestimmung sozialer Erträge aus FuE-Tätigkeit werden in der Literatur unterschiedliche Methoden angewandt, die entweder auf Produktions-, Kosten- oder Gewinnfunktionen aufbauen. Griliches (1979) beispielsweise erklärt die FuE bezogenen privaten und sozialen Zusatzerträge in Form von Produktivitätszuwächsen, während Bernstein (1997, 1998) das Einsparpotential auf der Kostenseite misst, welches durch fremdes Wissen auf Basis der Faktornachfragefunktionen der Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und FuE entsteht. Jaffe (1986) und Czarnitzki und Kraft (2010) errechnen schließlich den Einfluss externen Wissens anhand einer Gewinnfunktion. Im Folgenden wird auf den ersten dieser Ansätze, den sogenannten Produktionsfunktionsansatz, zurückgegriffen, um für ein Sample von zwölf OECD-Volkswirtschaften die Bedeutung von vertikalen Spillovereffekten für die Sektoraggregate Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungen einerseits sowie andererseits die einzelnen Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes (in zweistelliger Wirtschaftsgliederung nach WZ2003 beziehungsweise NACE Rev. 1.1) für den Zeitraum 1980 bis 2004 zu analysieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl private Erträge der FuE-Tätigkeit als auch soziale Zusatzerträge durch intersektorale FuE-Spillovers vorliegen. Dabei profitiert einerseits das Verarbeitende Gewerbe, und darunter insbesondere „Hightech"-Sektoren, überdurchschnittlich stark von eigener FuE-Tätigkeit. Andererseits sind diese Sektoren auch Quellen für positive intersektorale Spillover-Effekte, beispielsweise für den Dienstleistungsbereich.

Die nachfolgende Analyse ist wie folgt aufgebaut: Im nächsten Abschnitt werden zunächst der empirische Datensatz vorgestellt sowie einige stilisierte Fakten zum Zusammenhang von sektoraler FuE-Tätigkeit und allgemeiner Wirtschaftsentwicklung auf sektoraler Ebene für das OECD-Sample dargestellt. Abschnitt 3 beschreibt kurz das ökonometrische Modell als Grundlage der empirischen Identifikationsstrategie zur Analyse von FuE-Spillovereffekten. Die empirischen Ergebnisse der Modellschätzung mithilfe von verschiedenen panelökonometrischen Verfahren sind dann Gegenstand von Abschnitt 4. Abschließend werden in Abschnitt 5 die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit in einem Fazit zusammengefasst sowie daraus resultierende wirtschafts-

politische Schlussfolgerungen im Kontext der deutschen Innovations- und Technologiepolitik angeführt.

2 Deskriptive Darstellung der FuE-Tätigkeit auf sektoraler Ebene

Zur empirischen Analyse von FuE-Aktivitäten auf sektoraler Ebene werden im Folgenden die EU-KLEMS (siehe unter anderem O'Mahony und Timmer 2009) und die OECD-STAN-Datenbanken verwendet; beide Datenbanken verfügen über umfassende sektorale Strukturinformationen als Zeitreihen für OECD-Volkswirtschaften. Für den Zweck dieser Analyse wird ein Panel von zwölf OECD-Volkswirtschaften für den Zeitraum 1980 bis 2004 konstruiert. Eine Übersicht über die einzelnen im Rahmen der Untersuchung verwendeten Variablen und deren Quelle ist im Anhang (Tabelle A.1) aufgeführt.

Zunächst sollen einführend einige zentrale Kennzahlen zur Struktur der aggregierten und sektoralen FuE-Aktivität sowie ausgewählter Wirtschaftsindikatoren dargestellt werden (für eine umfassendere Darstellung siehe zum Beispiel Belitz et al. 2008). In Tabelle 1 werden auf nationaler Ebene die durchschnittliche private FuE-Intensität sowie jährliche Wachstumsraten der realen Bruttowertschöpfung (ΔY) und der totalen Faktorproduktivität (ΔTFP) dargestellt. Die Tabelle

Tabelle 1

Aggregierte Indikatoren
1987–2004, Durchschnitt in Prozent

	FuE-Intensität (I^{RB}/Y)	Jährliche Wachstumsrate ΔY	Jährliche Wachstumsrate ΔTFP
Insgesamt	1,50	2,55	0,63
Australien	0,74	3,53	0,51
Dänemark	1,37	1,63	0,22
Deutschland	1,82	2,03	0,77
Finnland	1,91	2,33	1,22
Frankreich	1,54	2,12	0,65
Großbritannien	1,47	2,62	0,52
Italien	0,60	1,70	0,42
Japan	2,09	2,27	0,59
Niederlande	1,17	2,65	0,36
Schweden	2,73	2,15	0,91
Spanien	0,49	3,36	-0,25
USA	1,91	2,94	0,80

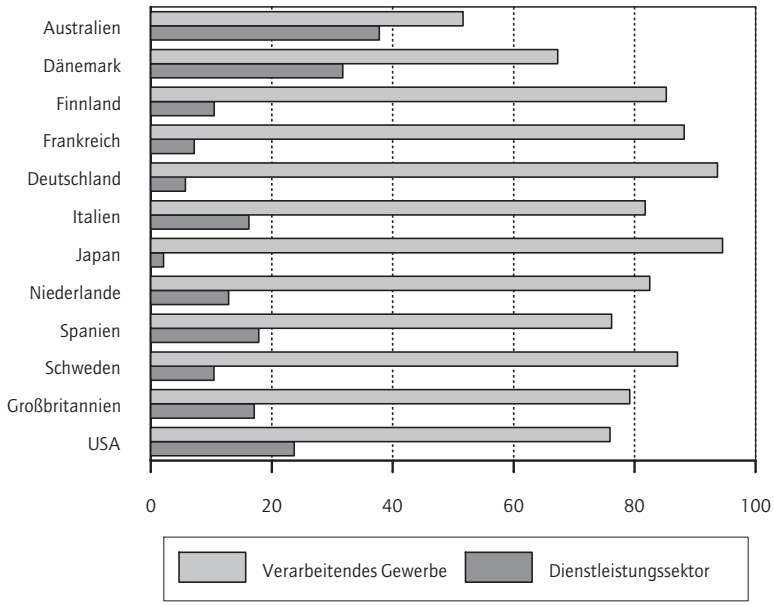
Anmerkung: FuE-Intensität berechnet auf Basis von jährlichen Geschäftsausgaben für Forschung und Entwicklung (ANBERD). Diese sind erst ab 1987 verfügbar.

Δ bezeichnet die jährliche Wachstumsrate definiert für eine Variable X als $\Delta X_t = (X_t - X_{t-1})/X_{t-1}$.

Quelle: OECD STAN, EU KLEMS.

Abbildung 1

Verhältnis der jährlichen Geschäftsausgaben für Forschung und Entwicklung (ANBERD) in den betrachteten OECD-Volkswirtschaften
In Prozent



Anmerkung: Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungssektor gemessen als prozentualer Anteil an den gesamten ANBERD je Volkswirtschaft (Mittelwert für die Jahre 1987–2004)
Quelle: OECD STAN, EU KLEMS.

zeigt, dass im Durchschnitt aller betrachteten Volkswirtschaften die FuE-Intensität 1,5 Prozent der aggregierten Wirtschaftleistung beträgt, wobei Spanien (0,49 Prozent) und Italien (0,60 Prozent) die niedrigsten Werte aufweisen, während skandinavische Länder wie Schweden und Finnland mit Quoten von 2,73 Prozent und 1,91 Prozent zusammen mit Japan (2,09 Prozent) am oberen Ende des Spektrums rangieren. Die jährliche Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung beträgt im Durchschnitt des betrachteten Datensamples 2,55 Prozent, wobei 0,63 Prozent auf Technologiewachstum – gemessen über TFP – entfallen.

Wechselt man von der aggregierten Länder- auf eine Sektorbetrachtung, so zeigt Abbildung 1 für die betrachteten OECD-Volkswirtschaften zunächst das Verhältnis der jährlichen Geschäftsausgaben für Forschung und Entwicklung (ANBERD) in den bei den Aggregaten „Verarbeitendes Gewerbe“ und „Dienstleistungssektor“. Für alle Volkswirtschaften zeigt sich, dass die FuE-Ausgaben im Verarbeitenden Gewerbe das Gros der gesamten privaten Ausgaben ausmachen. Die Höhe schwankt von knapp 60 Prozent in Australien bis zu über 90 Prozent in Deutschland und Japan.

Tabelle 2 stellt – gemittelt über alle Volkswirtschaften – die FuE-Intensitäten, die jährlichen Wachstumsraten von *Y* und *TFP* für die Aggregate „Verarbeitendes Gewerbe“ und „Dienstleis-

Tabelle 2

Sektorale Indikatoren
1987–2004, Durchschnitt in Prozent

WZ	Bezeichnung	FuE-Intensität (I^{RB}/Y)	Jährliche Wachstumsrate ΔY	Jährliche Wachstumsrate ΔTFP
1–99	Insgesamt	1,50	2,55	0,63
15–37	Verarbeitendes Gewerbe	6,23	2,08	1,54
Θ	Dienstleistungssektor	0,44	2,99	0,29
15–16	Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung	1,41	1,04	0,11
17–19	Textil- und Bekleidungsgewerbe; Ledergewerbe	0,96	-3,02	0,77
20	Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	0,61	1,02	0,70
21–22	Papier-, Verlags- und Druckgewerbe	0,77	0,80	0,06
23	Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	4,09	–0,1	–1,02
24	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	13,61	2,76	1,63
25	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	2,72	3,11	1,52
26	Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	1,75	0,83	1,13
27–28	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	1,66	1,56	1,02
29	Maschinenbau	5,54	1,84	1,46
30–33	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	17,89	5,98	5,29
34–35	Fahrzeugbau	12,66	1,76	1,81
36–37	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen; Recycling	0,98	0,89	0,27

Anmerkungen: Die Zahlen in Klammern beschreiben die Wirtschaftsgliederung nach WZ2003. Das Verarbeitende Gewerbe ist definiert als die Summe der Sektoren 15 bis 37. Der Dienstleistungssektor ist definiert über die Sektoren Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern (g), Gastgewerbe (h), Verkehr und Nachrichtenübermittlung (i), Kredit- und Versicherungsgewerbe (j), Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen, anderweitig nicht genannt (k), Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen (o).
Quelle: OECD STAN, EU KLEMS.

Tabelle 3

Paarweise Korrelation der Variablen im Sample

	Ebene	Koeffizient	P-Wert
FuE Intensität ⇔TFP	Insgesamt	0,31***	(0,00)
FuE Intensität ⇔TFP	Verarbeitendes Gewerbe	0,35***	(0,00)
FuE Intensität ⇔TFP	Dienstleistungssektor	0,10	(0,15)
ΔY ⇔ ΔTFP	Insgesamt	0,53***	(0,00)
ΔY ⇔ ΔTFP	Verarbeitendes Gewerbe	0,78***	(0,00)
ΔY ⇔ ΔTFP	Dienstleistungssektor	–0,07	(0,15)

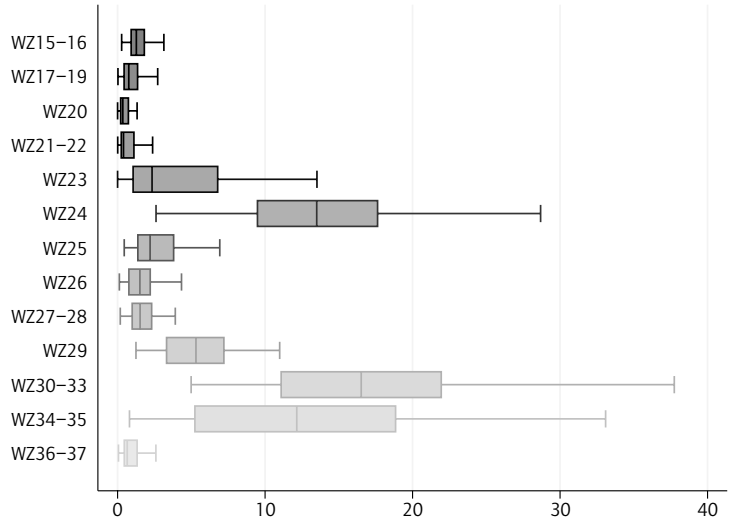
tungssektor“ sowie die einzelnen Subsektoren des Verarbeitenden Gewerbes disaggregiert auf WZ-Zweisteller-Ebene dar. Hier zeigt die Tabelle, dass die Spannbreite der beobachteten FuE-Intensitäten zwischen den einzelnen Sektoren erheblich schwankt: Allein der Unterschied zwischen der hohen FuE-Intensität im Verarbeitenden Gewerbe und dem relativ niedrigen Niveau im Dienstleistungssektor beträgt nahezu sechs Prozentpunkte. Obwohl beide Mesoaggregate im Sampledurchschnitt eine jährliche BWS-Wachstumsrate von über zwei Prozent aufweisen, fällt der Wachstumsbeitrag, der auf eine Veränderung der totalen Faktorproduktivität zurückzuführen ist, deutlich unterschiedlich aus: Im Verarbeitenden Gewerbe beträgt dieser 1,54 Prozent, im Dienstleistungssektor nur 0,29 Prozent.

Diese beobachtete Diskrepanz liefert einen ersten Hinweis auf den möglichen Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und technologischer Entwicklung. In Tabelle 3 wird dieser Zusammenhang mithilfe einer einfachen Korrelationsanalyse für das gesamte Sample vertiefend überprüft. Hier zeigt der berechnete Korrelationskoeffizient, dass ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der FuE-Intensität und dem Technologieniveau in gesamtwirtschaftlicher Betrachtung als auch für das Verarbeitende Gewerbe vorliegt. Hingegen wird die paarweise Korrelation für den Dienstleistungssektor statistisch insignifikant getestet. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die Korrelation von ΔY und ΔTFP.

Neben den strukturellen Unterschieden zwischen der FuE-Intensität des Verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors insgesamt sind auch zwischen den einzelnen Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes zum Teil erhebliche Differenzen festzustellen (siehe Abbildung 2). So ist die FuE-Intensität in Sektoren wie dem Textil- und Bekleidungsgewerbe; Ledergewerbe (WZ17–19) sowie dem Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln) (WZ20) sehr gering, während die chemische Industrie (WZ24) sowie die Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (WZ30–WZ33) deutlich überdurchschnittliche FuE-Intensitäten aufweisen (für eine grafische Darstellung anhand eines Boxplots der sektoralen FuE-Intensitäten in den betrachteten OECD-Volkswirtschaften siehe Abbildung 2. Für diese sogenannten „Hightech“-Sektoren (siehe unter anderem OECD 2010, in der deutschsprachigen Innovationsstatistik auch als forschungsintensive Industrien bezeichnet, siehe NIW/ISI/ZEW 2010) sind ebenfalls eine deutlich höhere Wachstumsrate der sektoralen Bruttowertschöpfung sowie der totalen Faktorproduktivität zu beobachten.

Abbildung 2

FuE-Intensität der WZ-2-Steller im Verarbeitenden Gewerbe
In Prozent



Anmerkung: Boxplot-Darstellung gepoolt über das Sample der 12 OECD-Volkswirtschaften.
Quelle: OECD STAN, EU KLEMS

3 Spezifikation der Schätzgleichung

Im vorherigen Kapitel wurden mithilfe deskriptiver Statistiken sowie einer einfachen Korrelationsanalyse bereits erste Hinweise darauf gegeben, dass FuE-Aktivitäten in einem positiven Zusammenhang zur totalen Faktorproduktivität stehen, welche ihrerseits wiederum einen Beitrag für die sektorale Bruttowertschöpfungsentwicklung zu leisten vermag. Im Folgenden soll dieser Zusammenhang auf Basis eines ökonometrischen Modells eingehender untersucht werden. Ausgangspunkt der empirischen Schätzung ist die Modellierung einer sektoralen Produktionsfunktion als[1]

$$Y_{i,t} = TFP_{i,t} \text{ x } f\,(K_{i,t}, L_{i,t}) \tag{1}$$

$$TFP_{i,t} = f\,(RD_{i,t}, Z_{i,t}) \tag{2}$$

$$RD_{i,t} = \sum w_m I^{R}_{i,t-m} \tag{3}$$

1 Auf eine spezifische Indexierung des jeweils betrachteten k-ten Sektors wird aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung an dieser Stelle verzichtet. Insgesamt werden damit k = 1, ..., K sektorale Produktionsfunktionen im Rahmen der empirischen Analyse geschätzt.

Dabei bezeichnet $Y_{i,t}$ den realen sektorspezifischen Output für die betrachtete Volkswirtschaft i zum Zeitpunkt t, $L_{i,t}$ ist der sektorale Arbeitseinsatz, $K_{i,t}$ der sektorale physische Kapitalstock. Der Term $TFP_{i,t}$ misst die totale Faktorproduktivität im betrachteten Sektor, $RD_{i,t}$ ist der reale sektorspezifische FuE-Kapitalstock, $Z_{i,t}$ ist ein Vektor für weitere Determinanten der totalen Faktorproduktivität und $I^R_{i,t}$ bezeichnen private FuE-Nettoinvestitionen im Sektor, die kumuliert über $m=1,\ldots, M$ Perioden den sektoralen FuE-Kapitalstock bilden. Um das System der Gleichungen (1) bis (3) empirisch schätzen zu können, wird Gleichung (2) typischerweise in Gleichung (1) eingesetzt, sodass eine allgemeine sektorale Produktionsfunktion geschrieben werden kann als:

$$Y_{i,t} = e^{\lambda T} K^{\alpha}_{i,t-1} L^{\beta}_{i,t} RD^{\gamma}_{i,t-1} \tag{4}$$

wobei der Vektor Z als Sammelbecken für weitere Determinanten des TFP-Niveaus vereinfachend über einen exponentiellen deterministischen Trend T approximiert wird. Zudem hat sich in Gleichung (4) gegenüber dem System der Gleichungen (1) bis (3) auch die zeitliche Indexierung des physischen Kapitalstocks (K) und des FuE-Kapitalstocks (RD) geändert, die nun beide als um eine Periode verzögerte Werte (t-1) in die Outputgleichung eingehen. Der Grund hierfür ist, dass über die Höhe von Investitionen in der Regel nur zu bestimmten Zeitpunkten entschieden werden kann und diese im Folgenden dann als fixiert angesehen werden. In Gleichung (4) wird somit ergänzend die Annahme getroffen, dass über Investitionen zu Beginn einer Periode entschieden wird, die dann das Outputniveau in der folgenden Periode beeinflussen. Anpassungen des Arbeitseinsatzes sind in der Regel zeitlich flexibler möglich.[2] In logarithmierter Form (dargestellt anhand von Kleinbuchstaben) und als Schätzgleichung in ersten Differenzen (mit Δ als zeitlicher Differenzenoperator definiert für eine Variable x in Logarithmen als $\Delta x_{i,t} = (x_{i,t} - x_{i,t-1})$ kann Gleichung (4) schließlich geschrieben werden als[3]

$$\Delta y_{i,t} = \lambda + \alpha\,(\Delta k_{i,t-1}) + \beta\,(\Delta l_{i,t-1}) + \gamma\,(\Delta rd_{i,t-1}) + \varepsilon_{i,t}\,, \tag{5}$$

wobei der Störterm $\varepsilon_{i,t}$ zum Ausdruck bringt, dass es sich um eine stochastische Gleichung handelt. Die Koeffizienten α, β und γ beschreiben die jeweilige Outputelastizität bezogen auf physisches Kapital, Arbeit und FuE-Investitionen. Für den Koeffizienten γ werden in der Regel signifikant positive Elastizitäten ermittelt, wobei die Werte zwischen [–0,05, 0,20] für Zeitreihenbetrachtungen und [–0,15, 0,50] für Querschnittsregressionen schwanken (siehe unter anderem Nadiri 1993, Van Pottelsberghe De La Potterie 1997, Kwon 2003). Der ermittelte Schätzwert drückt dabei den kombinierten Effekt aus direkten Erträgen der Unternehmen im betrachteten Sektor als auch Wissensspillover zwischen Unternehmen des gleichen Sektors aus.

Um die Frage nach intersektoralen Wissensspillover-Effekten beantworten zu können, muss Gleichung (5) erweitert werden als (siehe unter anderem Bernstein und Nadiri 1988):

---

2 Neben dieser ökonomischen Interpretation hat die Verwendung von zeitlich verzögerten Werten als Regressoren in der Schätzgleichung zudem den Vorteil, dass das sogenannte Problem der „Kausalitätsumkehr" verringert wird.

3 Die Schätzung der Produktionsfunktion in ersten Differenzen ergibt sich insbesondere aus den Zeitreiheneigenschaften des betrachteten Datensamples. Die im Rahmen der Analyse durchgeführten Panel Unit Root Tests wiesen für nahezu alle Variablen darauf hin, dass diese differenzenstationär sind, während das Vorliegen einer Unit Root in den Niveaus der Variablen statistisch nicht abgelehnt werden konnte. Testdetails sind auf Anfrage verfügbar.

$$\Delta y_{i,t} = \ldots + \gamma\,(\Delta\, rd_{i,t-1}) + \delta\,(\Delta\, rd^*_{i,t-1}) + \varepsilon_{i,t}\,, \tag{6}$$

wobei der neu aufgenommene Term $rd^*_{i,t}$ den für Sektor *i* relevanten, jedoch außerhalb des Sektors befindlichen Wissenskapitalstock, darstellt.[4] Approximiert wird der sektorexterne Wissenskapitalstock über die Summe der realen FuE-Kapitalstöcke in den übrigen $j=1,\ldots,K$ Sektoren der Volkswirtschaft (ohne den betrachteten Sektor *k*) als

$$RD^*_{i,t} = \sum_{j=1, j\neq k}^{K} RD^j_{i,t} \tag{7}$$

Der Koeffizient δ in Gleichung (6) gibt dabei die Outputelastizität in Bezug auf die sozialen Zusatzerträge von FuE-Aktivitäten außerhalb des jeweils betrachteten Sektors an.

4 Empirische Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der empirischen Schätzgleichungen (5) und (6) für das Panel der zwölf OECD-Staaten dargestellt. In Gleichung (8) ist dabei einführend das Ergebnis der ökonometrischen Spezifikation aus Gleichung (5) für das gesamtwirtschaftliche Aggregat dargestellt. Es stehen insgesamt 252 Beobachtungen (12 Länder x 23 Jahre)[5] zur Verfügung, anhand der Methode des gepoolten OLS-Modells (POLS) werden dabei folgende Koeffizienten (Standardfehler in Klammern) ermittelt:[6]

$$\Delta y_{i,t} = 0{,}02 + 0{,}12\,\Delta k_{i,t-1} + 0{,}53\,\Delta l_{i,t} + 0{,}07\,\Delta rd_{i,t-1} + \text{Zeitdummies}$$

$$(0{,}002)^{7}\quad (0{,}126)\qquad (0{,}081)\qquad (0{,}026)$$

$$N = 252,\ R^2 = 0{,}62 \tag{8}$$

Insgesamt erklärt das POLS-Modell in Gleichung (8) knapp über 60 Prozent der gesamten Variation in ΔY. Der Schätzkoeffizient für Änderungen im FuE-Kapitalstock ist auf dem Fünf-Prozent-Niveau statistisch signifikant und beträgt 0,07, das heißt eine Verdopplung der FuE-Nettoinvestitionen führt zu einer siebenprozentigen Steigerung im BWS-Wachstum. Neben dieser aggregierten Betrachtung liegt natürlich ein besonderes Interesse auf der Analyse der sektorspezifischen Produktionsfunktionen. Die Ergebnisse der Schätzung mithilfe verschiedener panel-

4 Somit wird angenommen, dass der sektorinterne und -externe FuE-Kapitalstock Einfluss auf die sektorale TFP-Entwicklung haben. In Erweiterung gegenüber Gleichung (2) gilt also $TFP_{i,t} = f(RD_{i,t}, RD^*_{i,t}, Z_{i,t})$.

5 Dabei sind nicht für alle 12 Länder gleich viele Beobachtungszeitpunkte vorhanden (im Durchschnitt = 21, Minimum = 10, Maximum = 23). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem unbalancierten Panel.

6 Dabei erweist sich lediglich die Wachstumsrate des physischen Kapitalstocks als statistisch nicht signifikant. Dieses Schätzergebnis bleibt auch dann robust, wenn ausschließlich Arbeit und Kapital als Regressoren verwendet werden, sodass ein Multikollinearitätsproblem zwischen dem physischen und FuE-Kapitalstock ausgeschlossen werden kann. Ursächlich für das Schätzergebnis ist möglicherweise die Heterogenität des betrachteten Ländersamples, so dass nicht für alle Volkswirtschaften Outputsteigerungen über physische Kapitalakkumulation erfolgten.

7 Berechnet als panelrobuste (= geclusterte) Standardfehler.

Tabelle 4

Outputelastizität (γ) für private Erträge von FuE-Tätigkeit

WZ	Bezeichnung	POLS	FEM	GMM
1–99	Insgesamt	0,07**	0,08*	0,08**
15–37	Verarbeitendes Gewerbe	0,21***	0,21**	0,23*
Θ	Dienstleistungssektor	–0,01*	–0,02**	–0,02***
15–16	Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung	0,04	0,11	0,04
17–19	Textil- und Bekleidungsgewerbe; Ledergewerbe	–0,01	–0,02	–0,01
20	Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	0,01	–0,01	0,01
21–22	Papier-, Verlags- und Druckgewerbe	–0,02	–0,01	–0,02
23	Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	0,51**	0,48	0,47**
24	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	0,32**	0,45**	0,37**
25	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	–0,05	0,02	–0,05
26	Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	–0,08	–0,09	–0,03
27–28	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	–0,02	–0,06	–0,03
29	Maschinenbau	0,01	0,02	0,03
30–33	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbei-tungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	0,50***	0,33	0,54***
34–35	Fahrzeugbau	0,27*	0,33**	0,28**
36–37	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstru-menten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen; Recycling	0,05	0,05	0,05

Anmerkung: *, **, *** als statistische Signifikanz auf dem 1,5- und 10-Prozent-Niveau. Schätzung als gepooltes OLS-Modell (POLS), OLS unter Rückgriff auf fixe Effekte je Land (FEM) und GMM als Blundell-Bond (1998) basierter SYS-GMM-Schätzansatz, wobei das empirische Modell in Gleichung (4) in Niveaus und unter Berücksichtigung einer verzögerten endogenen Variablen als zusätzlichen Regressor geschätzt wird. Θ = Dienstleistungssektor definiert als WZ50–52, 55, 60–64,65–67, 70–74, 90–93.

ökonometrischer Verfahren für den Koeffizienten γ sind in Tabelle 4 und für den Koeffizienten δ in Tabelle 5 dargestellt.[8] Auf der „Meso"-Ebene zeigt sich zunächst, dass der oben dargestellte positive gesamtwirtschaftliche Zusammenhang zwischen FuE-Investitionen und BWS-Wachs-

8 Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 nur die ermittelten Schätzkoeffizienten für γ und δ dargestellt. Ausführliche Regressionstabellen inklusive der Schätzkoeffizienten für die Variablen Kapitalstock und Erwerbstätige sowie Teststatistiken können bei Bedarf von den Autoren zur Verfügung gestellt werden. Die Schätzergebnisse beziehen sich auf die Verwendung der Variablen FuE-Nettoinvestitionen, die für einen längeren Zeitraum zur Verfügung steht (1981–2004). Schätzungen auf Basis der FuE-Bruttoinvestitionen (I^{RB}) kamen zu nahezu identischen Ergebnissen.

Tabelle 5

Outputelastizität (γ) für intersektorale FuE-Spillover

WZ	Bezeichnung	γ	δ (rd*)	δ (WZ30–33)
15–37	Verarbeitendes Gewerbe	0,18***		
Θ	Dienstleistungssektor	–0,01		0,07***
15–16	Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung	0,06	0,23**	0,19***
17–19	Textil- und Bekleidungsgewerbe; Ledergewerbe	–0,04	0,15	0,30
20	Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	0,00	0,33*	0,28***
21–22	Papier-, Verlags- und Druckgewerbe	–0,02	0,05	0,12***
23	Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	0,42**	0,34	0,14
24	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	0,37**	0,30**	0,16**
25	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	–0,04	0,05	0,05
26	Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	–0,06	0,00	0,06
27–28	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	–0,02	–0,04	0,08
29	Maschinenbau	–0,01	–0,09	0,04
30–33	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	0,67***	0,02	
34–35	Fahrzeugbau	0,33**	–0,29	–0,04
36–37	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen; Recycling	0,05	–0,01	0,11***

Anmerkung: *, **, *** als statistische Signifikanz auf dem 1,5- und 10-Prozent-Niveau. Schätzung basierend auf der SYS-GMM-Methode. Θ = Dienstleistungssektor definiert als WZ50–52, 55, 60–64,65–67, 70–74, 90–93.

tum auch im Verarbeitenden Gewerbe zu beobachten ist, die geschätzte Elastizität ist mit einem Koeffizienten von 0,21 bis 0,23 sogar deutlich höher als in gesamtwirtschaftlicher Betrachtung. Hingegen sind die privaten Erträge der FuE-Tätigkeit im Dienstleistungsbereich insignifikant oder – je nach empirischer Schätzmethode – sogar leicht negativ.

Betrachtet man das Verarbeitende Gewerbe als Hauptquelle für nationale FuE-Tätigkeit eingehender, so verdeutlicht Tabelle 4 zunächst, dass insbesondere Branchen der Spitzentechnologie sowie der Hochwertigen Technik wie die Chemische Industrie (WZ24), die Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (WZ30–33), sowie der Fahrzeugbau (WZ34–35) signifikante Produktivitätssteigerungen durch eigene FuE-Anstrengungen erfahren.[9] Die Schätzungen für diese Sektoren kommen somit zu ähnlichen Resultaten wie diejenigen in der jüngsten empirischen Literatur (siehe zum Beispiel Ulku 2007). Auch über alle Sektoren hinweg betrachtet, variieren die geschätzten Elas-

9 Für eine Definition von Sektoren der Spitzentechnologie und Hochwertigen Technik siehe unter anderem NIW/ISI/ZEW (2010).

tizitäten je nach Sektor zwischen –0,02 und 0,54 (beispielhaft für das GMM-Modell) und liegen somit im Bereich bisheriger empirischer Untersuchungen (für einen Überblick siehe unter anderem Peters et al. 2009).

Tabelle 5 erweitert den Ansatz schließlich um die Analyse von intersektoralen Spillover-Effekten. Hier zeigen die empirischen Ergebnisse, dass das Verarbeitende Gewerbe im Aggregat positive soziale Zusatzerträge im Dienstleistungssektor erzeugt, was zunächst einmal die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Industrie als Innovations- und Produktivitätsmotor der Gesamtwirtschaft unterstreicht. Auf sektoral disaggregierter Ebene (WZ-Zweisteller) innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes wird zudem deutlich, dass eine Reihe von Sektoren von FuE-Anstrengungen zur Erweiterung des Wissenspools außerhalb des jeweiligen Wirtschaftszweiges profitiert, wenn dieser sowohl als Summe aller übrigen Sektoren (*RD**) als auch auf Basis einzelner individueller Sektoren definiert wird. Eine wesentliche Quelle von interindustriellen Spillover-Effekten ist dabei das Hochtechnologie-Sektoraggregat Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (WZ30–33).

Die erzielten Ergebnisse der empirischen Untersuchung bestätigen somit weitestgehend die Existenz privater Erträge und sozialer Zusatzerträge durch FuE-Tätigkeit. Die Schätzresultate für das Panel von OECD-Volkswirtschaften unterstützen zudem auch nationale Ergebnisse von Peters et al. (2009). Die Autoren zeigen dabei, dass insbesondere Unternehmen in „Hightech"-Sektoren deutlich stärker von eigener FuE-Tätigkeit profitieren als in Niedrigtechnologie-Sektoren. Andererseits profitieren letztere Sektoren stärker von Spillover-Effekten, sofern ein hinreichendes Maß an Absorptionsfähigkeit für technologisches Wissen aus anderen Sektoren vorhanden ist. Gleiches gilt für den Dienstleistungssektor. Hier verdeutlichen die Ergebnisse, dass auch eine auf die Erbringung von Dienstleistungen spezialisierte Volkswirtschaft einen wissensintensiven Kern im Bereich des Verarbeitenden Gewerbes benötigt, um dauerhaft wachsen zu können. Das Verarbeitende Gewerbe und der Dienstleistungssektor stehen somit in einem komplementären Verhältnis zueinander.

5 Fazit

Die durchgeführte Analyse liefert empirische Hinweise für die Existenz von intersektoralen FuE-Spillovereffekten. Dabei weisen das Verarbeitende Gewerbe in Gänze sowie in disaggregierter Betrachtung die sogenannten „Hightech"-Sektoren die stärksten Ausstrahleffekte auf. Die Analyse verdeutlicht somit einerseits die besondere gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes als „industrielle Basis" einer Volkswirtschaft und zeigt, dass eine starke „Deindustrialisierung" beziehungsweise Abkopplung des Dienstleistungssektors vom Verarbeitenden Gewerbe zu Wohlfahrtseinbußen führen kann.

Andererseits liefert die Analyse aus innovations- und technologiepolitischer Perspektive empirische Evidenz für den potenziellen Nutzen einer gezielten Förderung von privat-wirtschaftlichen FuE-Aktivitäten, um die daraus resultierenden sozialen Zusatzerträge gesamtwirtschaftlich nutzbar zu machen. Insbesondere in jenen Bereichen, in denen hohe soziale Erträge vermutet und erwartet werden, liefert die Existenz von sozialen Erträgen der FuE-Tätigkeit ein zentrales Argument für die staatliche FuE-Förderung. Die Förderung von Spitzentechnologien ist durch ihre Rolle als Ursprung von sozialen Erträgen der FuE-Aktivität somit aus ökonomischer Sicht eine

gangbare Option in der nationalen Innovations- und Technologiepolitik. In der Praxis wird dies in Deutschland bereits seit längerem umgesetzt, wobei im Rahmen der „Hightech-Strategie" der Bundesregierung die finanziellen Mittel für die an Spitzentechnologien orientierte FuE-Förderung in den letzten Jahren nochmals aufgestockt wurden.[10]

Zukünftiger Forschungsbedarf ergibt sich insbesondere aus der weiteren Identifizierung der einzelnen Transmissionskanäle intersektoraler FuE-Spillover. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von Informationen zu Input-Output-Verflechtungen zwischen Sektoren oder auf Basis ihrer technologischen Nähe erfolgen (siehe unter anderem Verspagen 1997).

Literaturverzeichnis

— Belitz, H., M. Clemens, M. Gornig (2008): Wirtschaftsstrukturen und Produktivität im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem 02-2008.
— Bernstein, J. (1997): Interindustry R&D Spillovers for Electrical and Electronic Products: The Canadian Case. *Economic Systems Research*, 9 (1), 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 M. Nadiri (1988): Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries. *American Economic Review*, 78 (2), 429–434.
— Blundell, R. und S. Bond (1998): Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87 (1), 115–143.
— Czarnitzki, D. und K. Kraft (2010): On the profitability of innovative assets. *Applied Economics*, 42 (15), 1941–1953.
— Feldman, M. (1994): Knowledge Complementarity and Innovation. *Small Business Economics*, 6 (5), 363–372.
— Griliches, Z. (1979): Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 10, 92–116.
— 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 Effects of Academic Research. *American Economic Review*, 79 (5), 957–970.
— Kwon, H. (2003): Measuring the rate of return to R&D, interindustry R&D spillovers in Korean manufacturing industries. *Hitotsubashi Journal of Economics*, 44, 49–57.
— Nadiri, M. (1993): *Innovation and Technological Spillovers*. NBER Working Paper 4423. London.
— NIW, ISI, ZEW (2010): Listen wissens- und technologieintensiver Güter und Wirtschaftszweige. Studien zum deutschen Innovationssystem 19-2010.
— OECD (2010): *Science, Technology and Industry Scoreboard 2009*. Paris.
— O'Mahony, M. und M. Timmer (2009): Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level: The EU KLEMS Database. *Economic Journal*, 119 (538), F374–F403.

10 So ist von Seiten der Bundesregierung geplant, die Ausgaben für FuE im Rahmen der sogenannten direkten Projektförderung und Ressortforschung von 3,5 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 5,5 Milliarden Euro im Jahr 2011 zu erhöhen. www.datenportal.bmbf.de/portal/index.html

— Peters, B., G. Licht, D. Crass und A. Kladroba (2009): Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland. Studien zum deutschen Innovationssystem 15-2009.
— Ulku, H. (2007): R&D, innovation, and growth: Evidence from four manufacturing sectors in OECD countries. *Oxford Economic Papers*, 59 (3), 513–535.
— Van Pottelsberghe De La Potterie, B. (1997): Issues in Assessing the Effect of Interindustry R&D Spillovers. *Economic Systems Research*, 9, 331–356.
— Verspagen, B. (1997): Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 133 (2), 226–248.

Anhang

Tabelle A.1

Variablenbeschreibung

Variable	Symbol	Beschreibung	Quelle
Nominale Bruttowertschöpfung	YN	Bruttowertschöpfung in laufenden Preisen, nationale Währung	EU KLEMS
Preisindex für YN	PYN	Deflator, 1995 = 100	EU KLEMS
Reale Bruttowertschöpfung	Y	Berechnet als Y = (YN/PYN)	Eigene Berechnung
Totale Faktorproduktivität	TFP	Basierend auf Y, 1995 = 100	EU KLEMS
Kapital	K	Realer Kapitalstock, nationale Währung	EU KLEMS
Arbeit	L	Zahl der Erwerbstätigen	EU KLEMS
FuE-Kapitalstock	RD	FuE-Kapitalstock, nationale Währung	EU KLEMS
FuE-Nettoinvestitionen	I^R	Berechnet als zeitliche Veränderungsrate von RD als $I^R_t = (RD_t - RD_{t-1})$	Eigene Berechnung
FuE-Bruttoinvestitionen	I^{RB}	Jährliche Geschäftsausgaben für For-schung und Entwicklung (ANBERD, Annual Business Expenditures on Research and Development), nationale Währung	OECD STAN
Zeitindex	t	Zeitraum 1980–2004	
Länderindex	i	12 OECD-Volkswirtschaften (Australien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Niederlande, Schweden, Spanien und USA	