

Förderung von Wissens- und Technologietransfer: Eine Analyse des Wirkungsgehalts von Wissens-Spillovern auf die regionale Innovationsleistung

Julia Heller*

Einleitung

Hinsichtlich der Steigerung der Innovationsleistung einer Region kommt dem Wissens- und Technologietransfer eine bedeutende Rolle zu. Zahlreiche empirische Studien belegen, dass die Diffusion von Wissen einen positiven Einfluss auf die Innovationsleistung hat [u. a. ROMER (1986), AUDRETSCH und FELDMAN (1996)]. Wissens-Spillover bezeichnen in diesem Zusammenhang Übertragungseffekte, bei welchen ein Wirtschaftssubjekt von dem Wissen eines anderen Wirtschaftssubjektes profitiert. FRIEDERISZICK et al. (2006) beschreiben diesen Effekt als eine positive Externalität, bei welcher nicht nur das wissensgenerierende Unternehmen selbst, sondern auch andere Unternehmen Produktivitätsvorteile durch eine kostenlose Nutzung der Ergebnisse erzielen können. Ausgehend von einer räumlichen Begrenztheit dieser positiven Externalität dienen Wissens-Spillover oftmals als Begründung für eine regionale Ballung wirtschaftlicher Aktivitäten, da die Wissensgenerierung eng an die Interaktion zwischen Wissensträgern, persönlichen Kontakten und Vertrauensbeziehungen gebunden ist [vgl. NONAKA (1991)]. Die Übertragung von Wissen in Form von Wissens-Spillovern erfolgt in der Regel schneller, wenn sich Wissen entlang der Beziehungen zwischen den Mitgliedern eines Netzwerkes wie in Kooperationen ausbreiten kann.

Um den positiven Einfluss von Wissens-Spillovern auf die wirtschaftliche Entwicklung von Unternehmen und Regionen bestmöglich nutzen zu können, wird zunehmend neben der eher indirekten Unterstützung durch Förderung von Netzwerken und Clustern eine direkte staatliche Förderung des Technologietransfers thematisiert [vgl. BMBF (2014), EFI (2014)]. Dementsprechend fordert u. a. die EXPERTENKOMMISSION FORSCHUNG UND INNOVATION (EFI) in ihrem jüngsten Gutachten zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, einen verstärkten Fokus auf den Ausbau des Technologietransfers zu legen. Darin heißt es, dass vor allem die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auch in den kommenden Jahren entscheidend vom Ausbau der Wissenswirtschaft und von deren Spillover-Wirkungen auf andere Wirtschaftsbereiche abhängen wird. Speziell in nicht-wissensintensiven Bereichen der deutschen Wirtschaft und des öffentlichen Sektors sollte ein Ausbau der Wissenswirt-

schaft angestrebt werden, um Spillover-Effekte und Produktivitätssteigerungen voranzutreiben [EFI (2014)].

Vor dem Hintergrund, dass neue Kommunikationskanäle wie das Internet, E-Mail oder soziale Netzwerke heutzutage einen schnellen und distanzunabhängigen Austausch von Wissen ermöglichen, ist ein Wissenstransfer auch über große Entfernungen möglich und mit geringen Transaktionskosten verbunden. Ausgehend davon liegt das Ziel dieses Artikels darin, den Erklärungserhalt von Wissens-Spillovern auf die Innovationsleistung einer Region zu untersuchen und die genannten Forderungen der EFI vor diesem Hintergrund zu überprüfen. Basierend auf Daten der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen und den Patentanmeldungen für 154 europäische Regionen wird für einen Beobachtungszeitraum von 1999 bis 2009 eine empirische Evidenz dafür gegeben, dass die Innovationsleistung einer Region durch die externen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der umliegenden Regionen positiv beeinflusst wird.

Messbarkeit von Wissens-Spillovern

In Fortentwicklung der neoklassischen Wachstumstheorie [vgl. SOLOW (1956), SWAN (1956)] stellte sich eine Reihe von Autoren die Frage, welche Faktoren den dort als exogen angenommenen technologischen Fortschritt determinieren [vgl. u. a. ARROW (1962), GRILICHES (1979)]. Nachdem zunächst herausgearbeitet wurde, unter welchen Bedingungen technischer Fortschritt stattfindet, konzentrierte sich ein weiterer Forschungsstrang auf die Frage, welche Bedeutung der Übertragung von Wissen zwischen Wirtschaftssubjekten (Wissens-Spillover) zukommt. Neben eher theoretischen Arbeiten haben sich verschiedene Ansätze für den Nachweis von Wissens-Spillovern sowie deren räumliche Ausbreitung etabliert. Im Fokus dieser Arbeit steht der erweiterte Produktionsfunktionsansatz, den die Mehrheit der empirischen Studien verwendet [vgl. GRILICHES (1979), KELLER (2001), BOTTAZZI und PERI (2003)]. Dieser wird in Box 1 näher erläutert.

* Julia Heller ist Doktorandin der Niederlassung Dresden des ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V.

Box 1: Produktionsfunktionsansatz zur Messbarkeit von Wissens-Spillovern

Zur Messung von Wissens-Spillovern orientieren sich die meisten Autoren [vgl. AUDRETSCH und FELDMAN (2004)] zunächst an dem Verhalten von innovativen Unternehmen, welche allein aufgrund ihrer erbrachten Leistungen einen endogenen technologischen Wandel hervorbringen können. GRILICHES (1979), der als einer der Ersten Wissens-Spillover mit Hilfe einer Wissensproduktionsfunktion untersucht hat, argumentiert in diesem Zusammenhang, dass das Streben der Firmen nach neuem Wissen einen wesentlichen Einfluss auf deren Innovationsleistung ausübt. Aufgrund der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Firmen, können diese neues Wissen generieren, welches für die Umsetzung von Innovationen genutzt werden kann [vgl. COHEN und KLEPPER (1992)]. Da es im Regelfall nicht möglich ist, dieses neue Wissen „einzukapseln“, treten Wissens-Spillover auf, durch den die eigenen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen eines Unternehmens ohne eine entsprechende Entlohnung den technischen Fortschritt anderer Firmen begünstigen. Bei der Aufstellung einer Wissensproduktionsfunktion ergibt sich demnach der innovative Output in Abhängigkeit von eigenen und externen Inputfaktoren.

Je nach Untersuchungsgegenstand und verwendeter Datenbasis variiert innerhalb der empirischen Studien die genaue Ausgestaltung der Wissensproduktionsfunktion. Für eine regionale Betrachtung kann in Anlehnung an BITZER (2009) die Ausgestaltung in Form einer Cobb-Douglas-Funktion erfolgen:

$$A_t = Z_t W_t^\gamma E_t^\theta$$

Das Technologieniveau A_t ist demnach abhängig vom eigenen Wissenskapitalstock W_t sowie dem externen Wissenskapitalstock E_t , von dem in Form von Wissens-Spillovern profitiert wird. γ und θ geben die Elastizitäten des jeweiligen Inputfaktors an. Z_t umschließt weitere produktionssteigernde Faktoren. Viele Studien, die den Einfluss von Wissens-Spillovern untersuchen, folgen diesem Ansatz.

Die wichtigsten Untersuchungsgegenstände sind der allgemeine Nachweis von Wissens-Spillovern, die Betrachtung von verschiedenen Diffusionskanälen und Sektoren sowie die Distanzabhängigkeiten bei der Wissensübertragung. Ein Überblick über die Studien, welche einen

empirischen Nachweis für die räumlich begrenzte Ausbreitung von Wissen geben, kann Tabelle 1 entnommen werden. Wissens-Spillover können demnach nicht vollständig und nicht ohne eine regionale Begrenzung diffundieren.

Abgeleitetes Regressionsmodell

Im Folgenden sollen die Ergebnisse einer eigenen Schätzung bzgl. der Distanzabhängigkeit von Wissens-Spillovern vorgestellt werden. Die Ergebnisse beruhen auf dem theoretischen Modell von BOTTAZZI und PERI (2003), wobei sich die Autoren die Frage stellen, inwieweit implizites Wissen zwischen Regionen übertragen werden kann. Implizites oder auch stillschweigendes Wissen beschreibt das subjektive Wissen, welches auf persönlichen Erfahrungen, Emotionen und Erwartungen beruht. Es ist strikt personengebunden, konzentriert sich also dort, wo die Personen mit ihrem Wissen zu finden sind. Die zentrale Annahme des Modells von BOTTAZZI und PERI (2003) liegt in einer distanzabhängigen Übertragung dieser Art von Wissen, sodass naheliegende Regionen einen höheren Einfluss auf die eigene Innovationsleistung haben als Regionen in größerer Entfernung. Ausgehend von der Annahme, dass implizites Wissen nicht vollständig über alle Regionen hinweg diffundiert, kann argumentiert werden, dass der Einfluss externen Wissens mit steigender Distanz zwischen den Regionen sinkt.

Basierend auf dem negativen Zusammenhang zwischen der Distanz und der räumlichen Interaktion von Regionen wird der externe Bestand an Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen derart modelliert, dass eine allgemeine Gewichtung der externen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen entsprechend ihrer räumlichen Nähe zur betrachteten Region vorgenommen wird. Dabei wird den Forschungsaktivitäten der umliegenden Regionen ein Gewicht umgekehrt proportional zu ihrer Entfernung zugeordnet. Der „Pool“ an extern zur Verfügung stehendem Wissen ergibt sich letztlich aus der gewichteten Summe der Forschungstätigkeiten aller Regionen. Grundgedanke ist, dass interregionale Wissens-Spillover verbunden mit steigenden räumlichen Transaktionskosten abnehmen.¹

Die Ausgestaltung der Gewichte erfolgt in der Literatur oftmals unter Verwendung einer *decay function* („Zerfallsfunktion“). Die „Zerfallsfunktion“ in Abhängigkeit der Distanz nimmt für die Gewichtung Werte zwischen Null und eins an, wobei Regionen mit einer Distanz von Null das stärkste Gewicht in Höhe von Eins zugeordnet bekommen. In Anlehnung an BOTTAZZI und PERI (2003) erfolgt die Konstruktion des externen Forschungsbestandes mit Hilfe drei verschiedener „Zerfallsfunktionen“.

Tabelle 1: Studien bzgl. der räumlichen Ausbreitung von Wissens-Spillovern

Autor(en)	Jahr	Untersuchungsregionen	Zeitraum der Beobachtung	Ergebnis
Mikroebene				
Anselin, L.	1997	USA	1982	<80km
Acs, Z. J.				
Varga, A.				
Adams, J. D.	2002	USA	1991–1996	<320 km
Adams, J. D. und Jaffe, A. B.	1996	USA	1974–1988	<160 km
Wallsten, S. J.	2001	USA	1993–1996	<0,16 km
Makroebene				
Funke, M. und Niebuhr, A.	2000	Westdeutschland	1976–1996	< 30km
Varga, A.	2000	USA	1982	<120km
Keller, W.	2001	OECD-Länder	1970–1995	<800–1900 km
Moreno, R.	2005	Europäische Regionen	1978–2001	<250 km
Raffaele Paci, S. U.				
Greunz, L.	2003	Europäische Regionen	1989–1996	<305 km
Bottazzi, L. und Peri, G.	2003	Europäische Regionen	1977–1995	<300 km

Quelle: Darstellung des ifo Instituts.

Zunächst wird der Fall unterstellt, dass der Einfluss externer Forschung und Entwicklung linear mit zunehmender Entfernung zur betrachteten Region fällt. Anschließend wird überprüft, wie sich die Wirkung der Spillover-Effekte bei einer abnehmenden Gewichtung verhält. Diese wird zum einen unter Verwendung einer inversen und zum anderen einer exponentiellen Funktion vorgenommen.² Somit wird den gängigen Alternativen innerhalb der Literatur gefolgt [vgl. u. a. KELLER (2001), VARGA (2000), GREUNZ (2003)].

Die nachstehende Schätzgleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Innovationsleistung einer Region i , ihren Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen sowie den räumlich gewichteten Aufwendungen aller anderen Regionen:

$$\ln(I)_i = \beta + \epsilon_i \ln(FuE)_i + \epsilon_j \ln(\sum_j (FuE)_j \cdot w_{ij}) + D + K + u_i$$

Demnach resultiert die Innovationsleistung einer Region i , gemessen durch die Anzahl an Patentanmeldungen, aus den eigenen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Region FuE_i und jenen Aufwendungen, welche von den übrigen Regionen j getätigt werden. ϵ_i , ϵ_j bilden Maße für die Abhängigkeit der Innovationsleistung von den eigenen und externen Aufwendungen. u_i bezeichnet einen Fehlerterm. Um den möglichen Einfluss länderspezifischer Gegebenheiten wie dem juristischen System oder institutionelle Faktoren zu berücksichtigen, wird die Regressionsgleichung durch Dummy-Variablen (D) ergänzt, welche den Wert Eins (Null) annehmen, wenn die betrachteten Regionen innerhalb (außerhalb) desselben Staates liegen. Die Kontrollvariablen (K) umfassen zum einen die Beschäftigungsanzahl nach Wirtschaftszweigen, um sektorale Einflüsse auf die Innovationsleistung zu

berücksichtigen, und zum anderen die Anzahl an Studierenden je Region zur Approximation des Humankapitals.

Datenbasis und deskriptive Analyse

Im Rahmen der Schätzung wird das beschriebene Modell auf Europa angewandt. Weiterhin soll die Untersuchung sowohl inter- als auch intrasektorale Spillover-Effekte berücksichtigen. Dazu wird eine Aufteilung der europäischen Länder in Regionen vorgenommen. Die Klassifizierung der Länder folgt dabei der Unterteilung des STATISTISCHEN AMTES DER EUROPÄISCHEN UNION (EUROSTAT) [vgl. u. a. FUNKE und NIEBUHR (2000), MORENO et al. (2005)]. EUROSTAT gliedert die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union in wirtschaftlich und politisch ähnliche, territoriale Einheiten (NUTS-Regionen), sodass diese einen gewissen Grad an politischer Unabhängigkeit besitzen. Im Rahmen dieser Studie soll eine Untersuchung der europäischen Länder auf dem Aggregationsniveau der NUTS-1- und NUTS-2-Ebene erfolgen. Je nach Datenverfügbarkeit wird eine regionale Einteilung der Länder dem höheren Aggregationsniveau entsprechend durchgeführt.³ Einen Überblick über die ausgewählten Regionen pro Land in Abhängigkeit der betrachteten NUTS-Ebene zeigt Abbildung 1. Insgesamt werden 154 Regionen in 23 verschiedenen Ländern in die folgende Untersuchung eingeschlossen. Die Daten liegen für einen Beobachtungszeitraum von 1999 bis 2009 vor.

Als Approximation für den innovativen Output einer Region wird die Anzahl an angemeldeten Patenten verwendet. Die Datenreihe wird durch das EUROPÄISCHE PATENTAMT zur Verfügung gestellt und enthält alle im Beobachtungszeitraum dort eingegangenen Patentanmeldungen. Die unterstellte Beziehung zwischen den FuE-Tätigkeiten als Input und dem durch Patente gemessenen Output wurde in der einschlägigen Literatur vielfach diskutiert. Kritische Studien wenden ein, dass eine hohe Korrelation zwischen Patenten und Forschungsausgaben nur dann zu erreichen ist, wenn die Untersuchungen langfristige und mit Hilfe einer Querschnittsanalyse (im Unterschied zu einer Zeitreihenanalyse) erfolgen [vgl. u. a. GRILICHES (1991), JAFFE (1986)]. Kurzfristige Schwankungen in den Forschungsausgaben und der Patentintensität würden die Ergebnisse verzerren. Außerdem steigt die gemessene Innovationsleistung zumeist zeitlich verzögert zu den Forschungsausgaben [vgl. u. a. BITZER (2005)]. Das Risiko ungenauer Schätzungen erhöht sich zudem bei der Betrachtung kleiner Untersuchungseinheiten, wie Firmen, da auch in diesem Fall eine ungleiche Verteilung der Inputs und Output über die Firmen unterstellt wird [vgl.

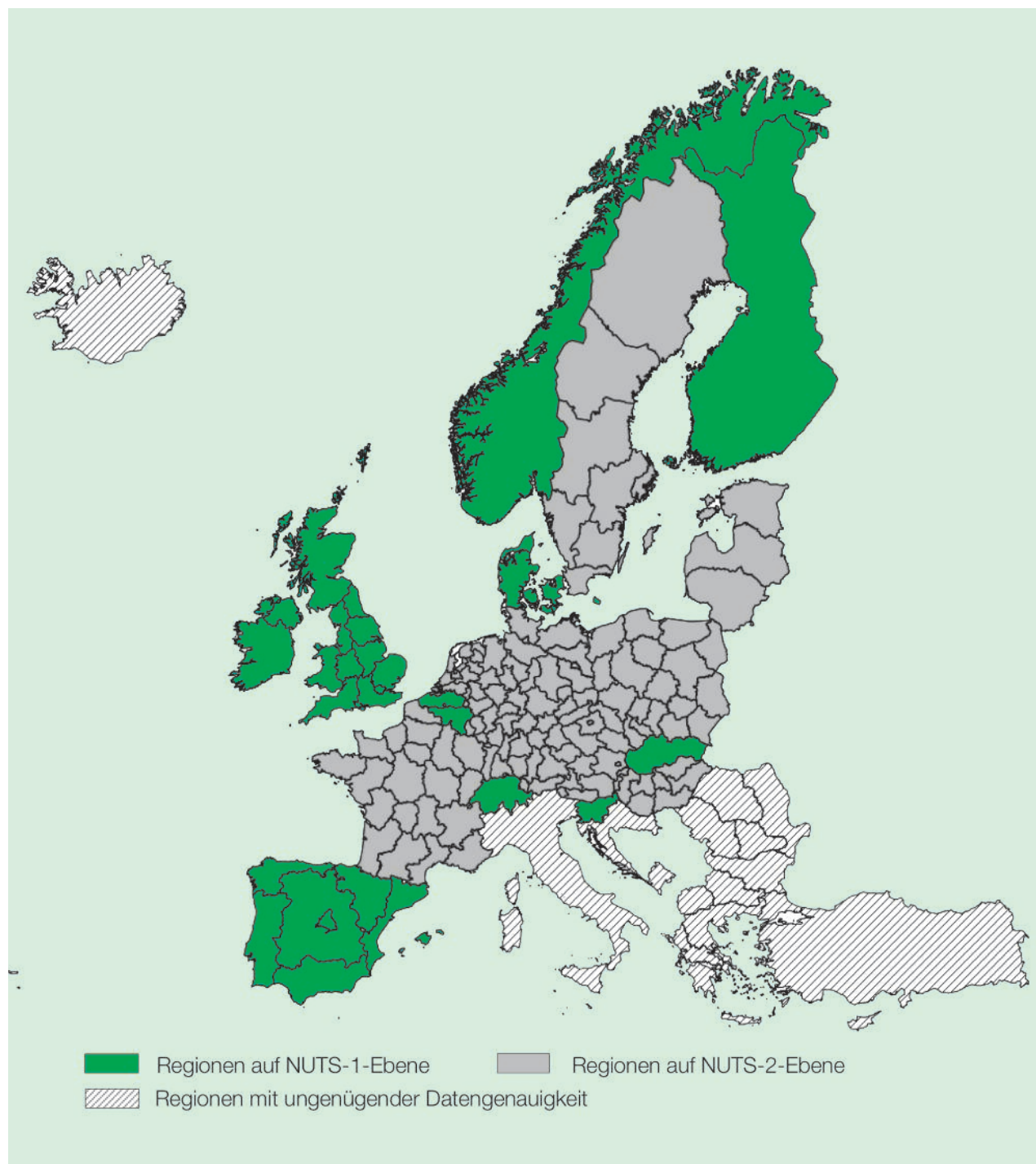
GRILICHES (1991)]. Im Gegensatz dazu werden Patente in einem Großteil empirischer Studien als objektiver Indikator für die Innovationsleistung eines Landes gesehen [vgl. u. a. ADAMS (2002), GREUNZ (2003), MORENO et al. (2005)]. Sie werden für jene Erfindungen vergeben, welche einen gewissen Standard erfüllen, neuartig sind und ein hohes Erfolgspotenzial versprechen. Zudem sind Patentdokumente zwischenzeitlich besser zugänglich, sodass der Gebrauch von Patentanalysen innerhalb der Literatur stark angestiegen ist [vgl. KANG et al. (2011)].

Die Approximation der Inputvariablen, den Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen, erfolgt nacheinander unter Verwendung zweier verschiedener Datenreihen. Zum einen werden die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Regionen durch die Anzahl an Beschäftigten im Bereich der Forschung und Entwicklung beschrieben und zum anderen, in einer zweiten Regression, durch die Verwendung der Forschungsausgaben einer Region.⁴ Diese zwei Datenreihen werden wiederum von EUROSTAT zur Verfügung gestellt. Für eine eindeutige Zuordnung der Ausgaben bzw. der Beschäftigten einer Region zu dem Bereich der Forschung und Entwicklung bezieht sich EUROSTAT auf die entsprechende Definition im FRASCATI-MANUAL [vgl. OECD (2002)].

Eine statistische Zusammenfassung der bisher genannten Datenreihen sowie der im Modell benutzten Kontrollvariablen kann Tabelle 2 entnommen werden. Zu erkennen ist, dass die Variablen zwischen den Regionen stark variieren. Der Ausgabenanteil für Forschung und Entwicklung am Bruttoinlandsprodukt (BIP) innerhalb der 154 Regionen schwankt bspw. zwischen 0,13 % und 7,1 %, wobei im Durchschnitt 1,63 % des BIP pro Region in Forschung investiert werden. Stark unterschiedlich ist auch die Anzahl der Beschäftigten in Forschung und Entwicklung. Sie variiert zwischen 11.325 und 4.209.950 Beschäftigten. Die jährlichen Patentanmeldungen betragen im Durchschnitt 312, wobei auch hier die Anzahl zwischen den Regionen sehr verschieden ist. Insbesondere mitteleuropäische Länder weisen überdurchschnittliche Innovationsraten auf.⁵

Um zu entscheiden, welches statistische Vorgehen für die Untersuchung der Patentanmeldungen in Abhängigkeit der beiden Inputvariablen für die getätigten Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen geeignet ist, wird der Zusammenhang zunächst graphisch betrachtet. Hierfür werden in Abbildung 2 die Patente jeweils gegen die Forschungsausgaben jeder Region sowie gegen die Beschäftigtenzahl im Bereich der Forschung abgetragen. Die dargestellten Datenpunkte resultieren aus dem jeweiligen Durchschnitt der genannten Datenreihen über den betrachteten Zeitraum von 1999 bis 2009.⁶

Abbildung 1: Untersuchte Regionen (NUTS-1- und -2-Ebene)



Quellen: Eurostat (2013b), Darstellung des ifo Instituts.

Sowohl für die Beschäftigtenzahl als auch für die Gesamtausgaben in Forschung und Entwicklung ist erwartungsgemäß ein positiver Zusammenhang mit den Patentanmeldungen zu erkennen, obwohl starke Unterschiede zwischen den Regionen auftreten.

Für die Überprüfung einer Distanzabhängigkeit von Wissens-Spillovers ist es zudem notwendig, eine Distanzmatrix zu erstellen, welche alle Entfernungen zwi-

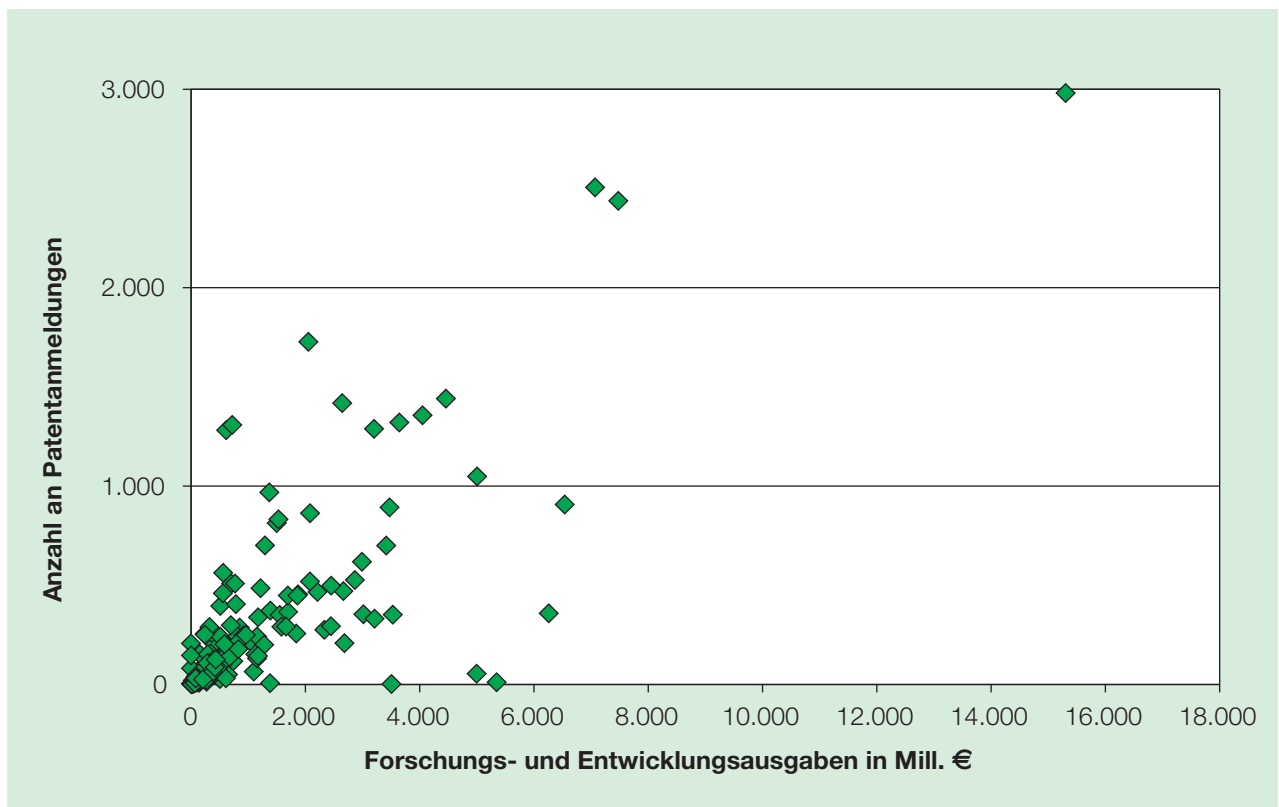
schen den Regionen erfasst. Als Referenzpunkt für die Distanz zwischen den Regionen wurde der Mittelpunkt jeder Region bestimmt. Diese gängige Variante wird u. a. in den Veröffentlichungen von ANSELIN et al. (1997) sowie FUNKE und NIEBUHR (2000) verfolgt. Die Entfernung zwischen den Regionen entspricht dann dem geometrischen Abstand („Luftlinie“) zwischen den Regionsmittelpunkten.⁷

Tabelle 2: Statistische Zusammenfassung verwendeter Datenreihen

Variable	Durchschnitt	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	25.375	44.508	161	336.683
Jährl. Patentanmeldungen	312	480	1	2.981
FuE-Ausgaben in % am BIP	1,63	1,18	0,13	7,10
Anzahl FuE-Beschäftigte	19.127	22.528	40	159.233
Anzahl Beschäftigte Dienstleistungen	798.482	773.990	11.325	4.209.950
Anzahl Beschäftigte Landwirtschaft	57.626	79.048.	2.750	596.950
Anzahl Beschäftigte Produktion	318.306	272.489	2.225	2.022.350
Anzahl an Studierenden	631.864	548.863	5.624	2.880.343

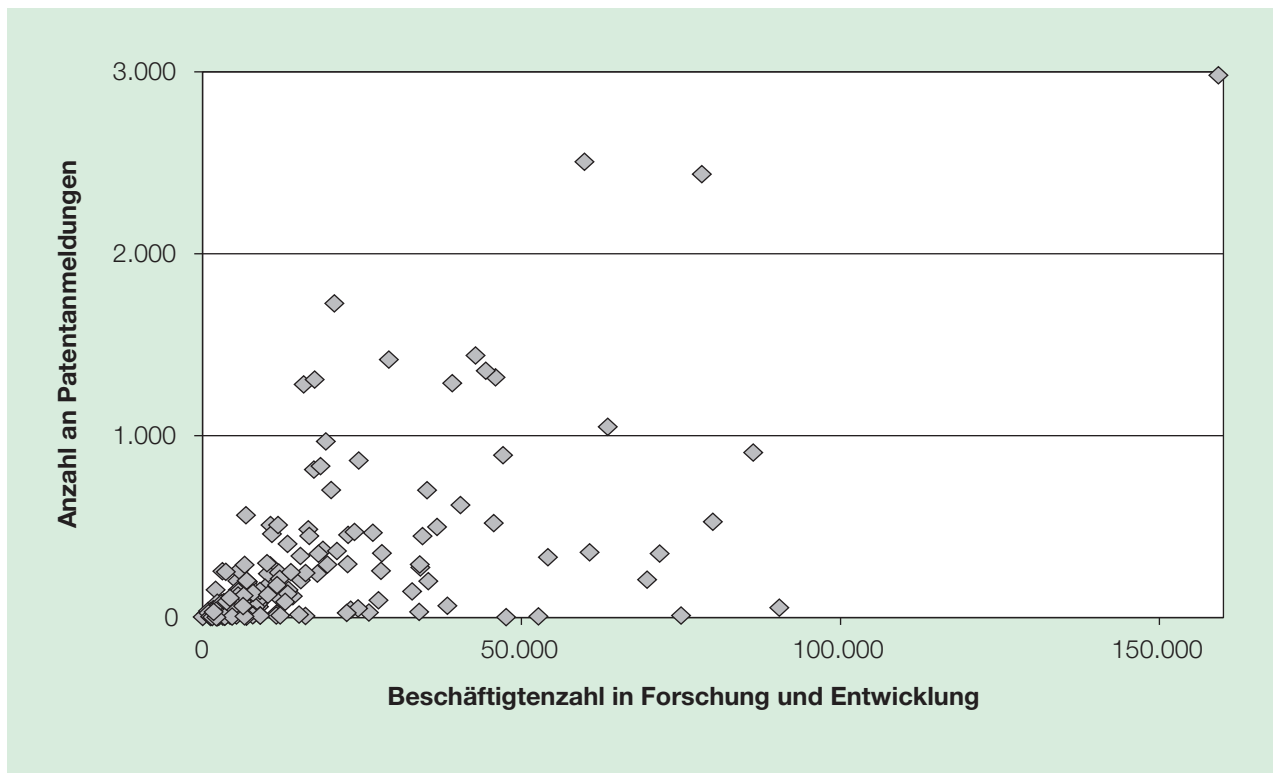
Quellen: Eurostat (2013a), Berechnungen und Darstellung des ifo Instituts.

Abbildung 2: Patentanmeldungen in Abhängigkeit der Forschungs- und Entwicklungsausgaben



Quellen: Eurostat (2013a), Berechnungen und Darstellung des ifo Instituts.

Abbildung 3: Patentanmeldungen in Abhängigkeit des Personals in Forschungs- und Entwicklung



Quellen: Eurostat (2013a), Berechnungen und Darstellung des ifo Instituts.

Ergebnisse der Regressionsanalyse

Die Durchführung der Regression erfolgt unter Verwendung des OLS-Schätzers mit robusten Standardfehlern. Dieses methodische Vorgehen orientiert sich an der Mehrheit der zuvor aufgeführten Studien. Für jede der drei Datenreihen wurde der Durchschnitt über den Zeitraum von 1999 bis 2009 gebildet, sodass die Regression mit maximal 154 Beobachtungen erfolgt. Tabelle 3 fasst die Ergebnisse der Regression für alle drei Typen der zugrundeliegenden „Zerfallsfunktion“ zusammen. Zu erkennen ist, dass in allen Modellvarianten die Koeffizienten der eigenen Forschungsausgaben positiv und hoch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% sind. Regionen mit um ein Prozent höheren Forschungsausgaben weisen im Schnitt 0,434% mehr Patentanmeldungen auf (Modellvariante I). Die Ergebnisse für die externen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen resultieren in Abhängigkeit der „Zerfallsfunktion“. Wird eine lineare oder inverse Gewichtung unterstellt, zeigt sich einerseits unter Verwendung der Ausgaben in Forschung und Entwicklung als Inputvariable und andererseits unter Verwendung der Beschäftigtenzahl in diesem Bereich ein positiver Einfluss des erstellten „Pools“ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Unter den getroffe-

nen Spezifikationen in Spalte I weisen die Regionen, deren Umkreis ein einprozentig höheres Niveau der Ausgaben in Forschung und Entwicklung hat, eine um durchschnittlich 0,269% höhere Innovationsleistung auf. Einzig für die dritte Modellvariante mit einer exponentiellen „Zerfallsfunktion“ kann ein solcher positiver Einfluss nicht durch ein signifikantes Ergebnis bestätigt werden. In diesem Fall kommt den Forschungsaufwendungen weit entfernter Regionen ein deutlich geringeres Gewicht zu.

Fazit

Die Auswertungen zeigen, dass die bisherigen Ergebnisse einer distanzabhängigen Wirkungsweise von Wissens-Spillovern auch mit der jüngeren Untersuchung bestätigt werden. Ein intensiver Austausch von Informationen und weitreichende Verflechtungen von Unternehmen (regional und international) bieten in diesem Sinne eine effektive Möglichkeit, um die eigenen Innovationsleistungen zu erhöhen. Demnach kann eine gezielte Förderung des Technologietransfers dazu beitragen, einen effizienten Austausch vorhandenen Wissens unter den Firmen zu ermöglichen, welcher eine nachweislich produktionssteigernde Wirkung mit sich bringt.

Tabelle 3: Schätzung der Wissensproduktionsfunktion (1999–2009)

Abhängige Variable: Anzahl an Patentanmeldungen je Region von 1999 bis 2009			
„Zerfallsfunktion“	Linear	Invers	Exponentiell
Variablen	I	II	III
1) Verwendung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben als Inputvariable			
In (FuE) _i	0,434***	0,451***	0,427***
	(3.928)	(3.968)	(3.703)
In (FuE) _j	0,269**	0,239**	0,037
	(2.581)	(2.205)	(0,756)
Kontrollvariablen	Ja	Ja	Ja
23 Länder-Dummys	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	118	118	118
Adjust. R ²	0,871	0,870	0,869
AIC	326.589	326.900	328.032
2) Verwendung der Beschäftigungsanzahl in Forschung und Entwicklung als Inputvariable			
In (FuE) _i	0,752***	0,792***	0,729***
	(4.759)	(4.390)	(4.005)
In (FuE) _j	0,346***	0,343**	0,0574
	(3.060)	(2.480)	(1.034)
Kontrollvariablen	Ja	Ja	Ja
23 Länder-Dummys	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	118	118	118
Adjust. R ²	0,878	0,878	0,875
AIC	272.420	272.549	275.058
Anmerkung: Die Kontrollvariablen umfassen die Beschäftigungszahlen in den Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Dienstleistungen, sowie die Anzahl an Studierenden. Alle Variablen werden je km ² für eine Region betrachtet und gehen logarithmiert in die Schätzung ein. In Klammern sind die t-Statistiken angegeben.			
***, ** und * kennzeichnen ein Signifikanzniveau von 1%, 5% und 10%.			

Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

Literatur

ADAMS, J. D. (2002): Comparative localization of academic and industrial spillovers, *Journal of Economic Geography* 2, S. 253–278.

ADAMS, J. D. und A. B. JAFFE (1996): Bounding the Effects of R&D: An Investigation Using Matched Establishment-

Firm Data, Working Paper 5.544, National Bureau of Economic Research, Cambridge.

ANSELIN, L., A.; VARGA, A. und Z. J. ACS (1997): Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations, *Journal of Urban Economics* 42.3, S. 422–448.

- ARROW, K. J. (1962): Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in Nelson R. R. (Hrsg.): The Rate and Direction of Inventive Activities, Princeton University Press, S. 609–625.
- AUDRETSCH, D. B. und M. P. FELDMAN (1996): R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production, The American Economic Review 86.3, S. 630–640.
- AUDRETSCH, D. B. und M. P. FELDMAN (2004): Knowledge spillovers and the geography of innovation. Handbook of Regional and Urban Economics 4, S. 2.713–2.739.
- BITZER, J. (2005): Measuring Knowledge Stocks: A Process of Creative Destruction, KYKLOS 58.3, S. 379–393.
- BITZER, J. und H. GÖRG (2009): Foreign Direct Investment, Competition and Industry Performance. World Economy 32.2, S. 221–233.
- BMBF – BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (Hrsg.) (2014): Bundesbericht für Forschung und Innovation, Berlin.
- BOTTAZZI, L. und G. PERI (2003): Innovation and spillovers in regions: Evidence from European patent data. European Economic Review 47.4, S. 687–710.
- COHEN, W. M. und S. KLEPPER (1992): The tradeoff between firm size and diversity in the pursuit of technological progress, Small Business Economics 4.1, S. 1–14.
- EFI – EXPERTENKOMMISSION FORSCHUNG UND INNOVATION (Hrsg.) (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands, Im Auftrag der Deutschen Bundesregierung, Berlin.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2013a): Eurostat Datenbank, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>, besucht am 28.07.2013.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2013b): Geografisches Informationssystem der Kommission, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/introduction, besucht am 28.07.2013.
- FRIEDERISZICK, H. W.; RÖLLER, L.-H. und V. VEROUDEN (2006): European State Aid Control: an economic framework, Working Paper.
- FUNKE, M. und A. NIEBUHR (2000): Spatial R&D spillovers and economic growth: evidence from West Germany, Discussion Paper, Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv, Hamburg.
- GREUNZ, L. (2003): Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions, The Annals of Regional Science 37.4, S. 657–680.
- GRILICHES, Z. (1979): Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth, Bell Journal of Economics 10, S. 92–116.
- GRILICHES, Z. (1991): Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey, Journal of Economic Literature 18, S. 1.661–1.707.
- JAFFE, A. B. (1986): Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value, NBER Working Paper Series 1.815.
- KANG, J.; LEE, H. J. und Y.-H. MOON (2011): Systematic Monitoring of Competitors' Patents Using 2-dimensional Hybrid Similarity Method, Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Research in Applied Computation, S. 252–254.
- KELLER (2001): The Geography and Channels of Diffusion at the World's Technology Frontier. Working Paper 8150. National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- MORENO, R.; PACI, R. und S. USAI (2005): Spatial spillovers and innovation activity in European regions, Environment and Planning 37.10, S. 1.793–1.812.
- NONAKA, I. (1991): The Knowledge-Creating Company, Harvard Business Review, S. 96–104.
- OECD (Hrsg.) (2002): Frascati Manual – Proposed standard practice for surveys on research and experimental development, Paris.
- ROMER, P. M. (1986): Increasing Returns and Long-Run Growth, Journal of Political Economy 94.5, S. 1.002–1.037.
- SOLOW, R. M. (1956): A Contribution to the Theory of Economic Growth, The Quarterly Journal of Economics 70.1, S. 65–94.
- VARGA, A. (2000): Local Academic Knowledge Transfers and the Concentration of Economic Activity, Journal of Regional Science 40.2, S. 289–309.
- WALLSTEN, S. J. (2001): An empirical test of geographic knowledge spillovers using geographic information systems and firm-level data". Regional Science and Urban Economics 31.5, S. 571–599.

¹ Der „Pool“, bestehend aus allen zugänglichen FuE-Aufwendungen einer Region, wird unter der Annahme konstruiert, dass die Verteilung der zur Verfügung stehenden Informationen über alle Regionen hinweg gleich ist.

² Die „Zerfallsfunktionen“ nehmen in Anlehnung an BOTTAZZI und PERI (2003) konkret folgende Formen an: $F(d)=1-\left(\frac{d}{3000}\right)$ im linearen Fall, $F(d)=(1+d)^{-1}$ für die inverse und $F(d)=e^{-d}$ für die exponentielle Funktion. In allen drei Spezifikationen sinkt das Gewicht der externen Forschung mit zunehmender Distanz d . Im linearen Fall wird angenommen, dass Wissen nicht weiter als eine maximale Distanz von 3.000 km innovationsfördernd diffundieren kann. Die empirischen Ergebnisse aus Tabelle 1 unterstützen diese Annahme.

³ Bei einer zu lückenhaften Datenverfügbarkeit werden die Regionen ggf. aus der Untersuchung ausgeschlossen.

⁴ Die Gesamtausgaben umfassen private und staatliche Forschungsausgaben [vgl. BOTTAZZI und PERI (2003), MANSFIELD (1980), FUNKE und NIEBUHR (2000)].

⁵ Für die anschließende Regression werden die in Tabelle 2 aufgeführten Werte, aufgrund der starken Größenunterschiede zwischen den Regionen, je Quadratkilometer betrachtet. In Anlehnung an BOTTAZZI und PERI (2003) wird durch diese Standardisierung eine Verzerrung der Ergebnisse hinsichtlich der regionalen Größenunterschiede vermieden. Die Autoren führen weiterhin an, dass regionale Unterschiede auch in der Bevölkerung oder der Beschäftigung auftreten. In einer separaten Analyse untersuchen BOTTAZZI und PERI (2003) daher den Einfluss der historischen Bevölkerungsdichte, als Indikator für die Marktnachfrage, einer Region auf deren Innovationsleistungen.

⁶ Für jede Region wird jeweils der Durchschnitt der Datenreihe gebildet.

⁷ Das erforderliche Kartenmaterial zur Berechnung der Distanzen wurde von EUROSTAT/GISCO genutzt [vgl. EUROSTAT (2013b)].