

Diekhoff, Josefine; Krieger, Bastian; Licht, Georg; Rammer, Christian

Research Report

Stand der Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im internationalen Vergleich

ZEW-Gutachten und Forschungsberichte

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Diekhoff, Josefine; Krieger, Bastian; Licht, Georg; Rammer, Christian (2019) : Stand der Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im internationalen Vergleich, ZEW-Gutachten und Forschungsberichte, ZEW - Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/248650>

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.

**Stand der Messung von
Interaktionen zwischen
Wissenschaft und Wirtschaft
im internationalen Vergleich**

Kurzbericht zum Projekt

"Indikatoren zu Innovationssystemen: Interaktionen von Wissenschaft und Wirtschaft und Absorptionsfähigkeit von Unternehmen"

Josefine Diekhoff, Bastian Krieger, Georg Licht, Christian Rammer

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Mannheim, September 2019

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

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Christian Rammer
ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH
Forschungsbereich Innovationsökonomik und Unternehmensdynamik
L 7,1 - D-68161 Mannheim
Tel: +49-621-1235-184
Fax: +49-621-1235-170
Email: rammer@zew.de

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Formen der Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft	6
3	Indikatoren zu Interaktionen und ihren Rahmenbedingungen	10
4	Empirische Befunde zu ausgewählten Interaktionsindikatoren	18
5	Verwendete Literatur	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ein konzeptionelles Modell der Einflussfaktoren von Wissenschafts-Wirtschaft-Interaktionen	7
Abbildung 2:	Element von Wissenschafts-Wirtschaft-Interaktionen	8
Abbildung 3:	Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft 1992-2017 in ausgewählten Ländern	21
Abbildung 4:	Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft 2017* nach Ländern	22
Abbildung 5:	Ko-Publikationen von Autoren aus Wissenschaft und Wirtschaft 2010-2018 in ausgewählten Ländern	23
Abbildung 6:	Ko-Publikationen von Autoren aus Wissenschaft und Wirtschaft 2017 nach Ländern	24
Abbildung 6:	Nutzung der Wissenschaft als Informationsquelle für Innovationsaktivitäten in Unternehmen (2016 oder jüngst verfügbares Jahr)	25
Abbildung 6:	Gemeinsame FuE-/Innovationsprojekte mit Wissenschaftseinrichtungen in Unternehmen (2016)	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Merkmale von Interaktionsprozessen	8
Tabelle 2:	Beobachtungsbasis für die Interaktionsmessung	9
Tabelle 3:	Direkte Indikatoren zu Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen	11
Tabelle 4:	Indirekte Indikatoren zu Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen auf Basis von Transferergebnissen	15
Tabelle 5:	Indikatoren der Transfervoraussetzungen und -rahmenbedingungen in Unternehmen	16
Tabelle 6:	Indikatoren der Transfervoraussetzungen und -rahmenbedingungen in Wissenschaftseinrichtungen	16
Tabelle 7:	Indikatoren der politisch-institutionellen Rahmenbedingungen für Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen	17

1 Einleitung

Der Austausch von Wissen und Erkenntnissen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ist ein zentrales Element für erfolgreiche Innovationsprozesse. Dies gilt umso mehr, wenn grundlegend neue Technologien und Innovationen mit einem hohen Neuheitsanspruch ("radikale Innovationen") oder einem disruptiven Potenzial hervorgebracht werden sollen. Die Innovationspolitik in Deutschland und in vielen anderen Ländern hat daher schon seit langem einen Fokus auf die Förderung des Wissens- und Erkenntnistransfers zwischen wissenschaftlicher Forschung und innovativen Unternehmen gelegt. Gleichzeitig hat sich die Innovationsforschung sehr ausführlich mit der Rolle des Technologietransfers und der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft befasst und sich in einer Vielzahl von Untersuchungen mit Organisationsformen, Einflussfaktoren und Wirkungen befasst. Innovationspolitik wie Forschung sind dabei auf zuverlässige Daten zu Umfang, Form und Effektivität der Austauschprozesse zwischen den beiden Gruppen angewiesen.

Ziel dieses Kurzberichts ist es, den **Stand der Indikatorik zum Wissens- und Erkenntnistransfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft** zusammenzufassen. Der Kurzbericht ist Teil des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts "Indikatoren zu Innovationssystemen: Interaktionen von Wissenschaft und Wirtschaft und Absorptionsfähigkeit von Unternehmen", das gemeinsam von der Wissenschaftsstatistik im Stifterverband und dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung durchgeführt wird. Im Mittelpunkt des Projekts steht die Frage, wie das Zusammenwirken einzelner Akteure eines Innovationssystems mit Hilfe von Indikatoren erfasst werden kann. Zum einen geht es um direkte Interaktionen zwischen den Akteursgruppen Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen. Zum anderen werden die Voraussetzungen auf Seiten der Akteure (insbesondere der Unternehmen) untersucht, die für einen effektiven Transfer notwendig sind.

In der etablierten Innovationsindikatorik, wie sie u.a. in nationalen und internationalen Berichtssystemen angewendet wird (z.B. Bundesbericht Forschung und Innovation, OECD STI Scoreboard, European Innovation Scoreboard, NSF Science & Engineering Indicators), stehen Indikatoren im Vordergrund, die die Leistung einzelner Akteursgruppen bewerten, wie z.B. die Höhe der FuE- und Innovationsausgaben, die Anzahl der Publikationen und Patente, Umsätze, Exporte und Beschäftigungswirkung von innovativen oder FuE-intensiven Produkten sowie die Anwendung bestimmter neuer Technologien. Der Aspekt der Interaktion zwischen Akteuren wird zwar abgebildet (z.B. über die Erfassung von Kooperationen, Ko-Publikationen oder die gegenseitige Finanzierung von FuE), jedoch selten in Bezug auf die tatsächlichen Innovationsbeiträge durch die Kooperation gesetzt. Gleichzeitig sind Interaktionsindikatoren stark abhängig von den Kontextbedingungen. Auf Wissenschaftsseite spielen etwa institutionelle Strukturen und die Arbeitsteilung zwischen verschiedenen Organisations-

formen eine große Rolle. Auf Wirtschaftsseite ist die Absorptionskapazität der Unternehmen ein wesentlicher Faktor, der Form und Effektivität von Interaktionen beeinflusst.

Dieser Kurzbericht umfasst drei Abschnitte:

- Zunächst wird auf einer **konzeptionellen Ebene** dargestellt, welche Ansätze zur Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft existieren und welche Faktoren dabei berücksichtigt werden sollten.
- Auf Basis einer umfangreichen Literatursicht werden **Interaktionsindikatoren** zusammengestellt, die in bisherigen Arbeiten verwendet wurden, sei es im Rahmen von internationalen Vergleichen auf Länderebene, sei es im Rahmen von Untersuchungen auf Ebene von Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen oder einzelnen Wissenschaftlern und Forschern.
- Zur Illustration werden **empirische Ergebnisse** für einige der am häufigsten verwendeten Interaktionsindikatoren präsentiert.

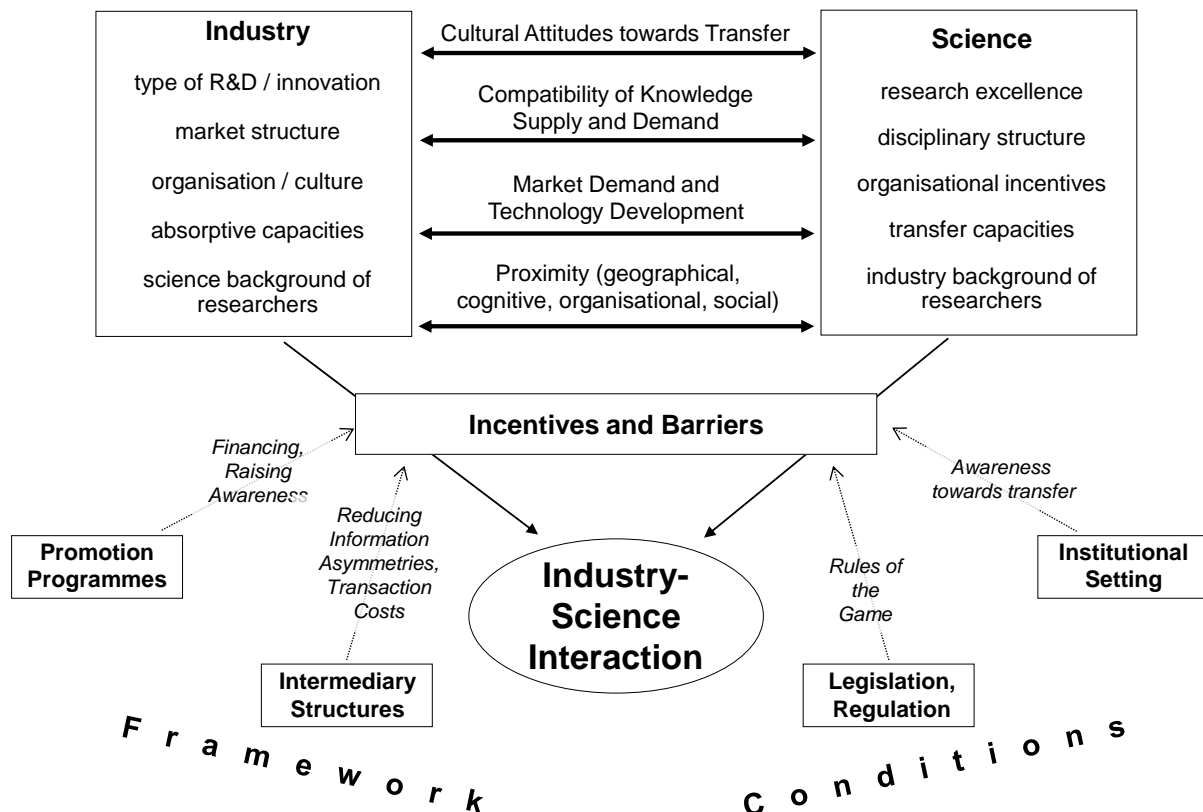
2 Formen der Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

Zur Messung der Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ist ein konzeptionelles Verständnis darüber notwendig, auf welcher Grundlage und unter welchen Rahmenbedingungen Interaktionen stattfinden. Ein **Modell der Einflussfaktoren von Wissenschafts-Wirtschaft-Interaktionen** (Abbildung 1) zeigt die Faktoren auf Wirtschafts- und Wissenschaftsseite sowie die politischen, rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen, die Niveau und Form der Interaktionen beeinflussen können.¹ Die wesentlichen Botschaften des Modells sind:

- Anreize und Barrieren für Interaktionen hängen stark von der konkreten **Situation in den Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen** ab. Dazu zählen u.a. die Art der Forschungs- und Innovationstätigkeit, die interne Organisation (insbesondere die Kooperations-/Offenheits-Kultur), die Bedingungen in den Absatzmärkten, die Traditionen und Referenzsysteme in den Wissenschaftsdisziplinen, die für Interaktionen zur Verfügung stehenden Ressourcen sowie die Erfahrungen, die Forscher in Wissenschaft und Wirtschaft mit der jeweils anderen Seite aufweisen können.
- Wesentlich für Interaktionen ist dabei das **Matching zwischen den beiden potenziellen Partnern**. Dies betrifft die Kompatibilität von Einstellungen und Erwartungen zum Thema Transfer sowie die Kompatibilität von Wissensangebot und -nachfrage, die Passfähigkeit von Marktanforderungen an Technologien und Innovationen mit dem Erkenntnissen, die die Wissenschaft anbieten kann, sowie die räumliche, kognitive, organisationale und soziale Nähe zwischen Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen bzw. den dort aktiven Personen.
- Interaktionen werden von einer Vielzahl von **Rahmenbedingungen** beeinflusst, die von öffentlichen Förderungen für Kooperationen über intermediäre Strukturen, die den Austausch unterstützen, sowie rechtlichen Regelungen bis hin zu den institutionellen Gegebenheiten insbesondere in der Wissenschaft reichen. Sie haben u.a. Einfluss auf die Finanzierungsmöglichkeiten für Interaktionen, die Informationen, die beide Seiten übereinander haben, die Transaktionskosten des Wissensaustausches, die Möglichkeiten der vertraglichen Regelung der Zusammenarbeit (etwa im Hinblick auf IP-Rechte) sowie den Anreizen für Wissenschaftler und Forscher, sich in Austauschprozesse einzubringen.

¹ Das Modell fasst Erkenntnisse aus zahlreichen theoretischen und empirischen Studien zusammen. Eine Zusammenstellung von wichtiger Literatur, die für diesen Kurzbericht verwendet wurde, findet sich am Ende des Berichts. Auf eine Diskussion der einzelnen Literaturstellen wird hier verzichtet.

Abbildung 1: Ein konzeptionelles Modell der Einflussfaktoren von Wissenschafts-Wirtschaft-Interaktionen



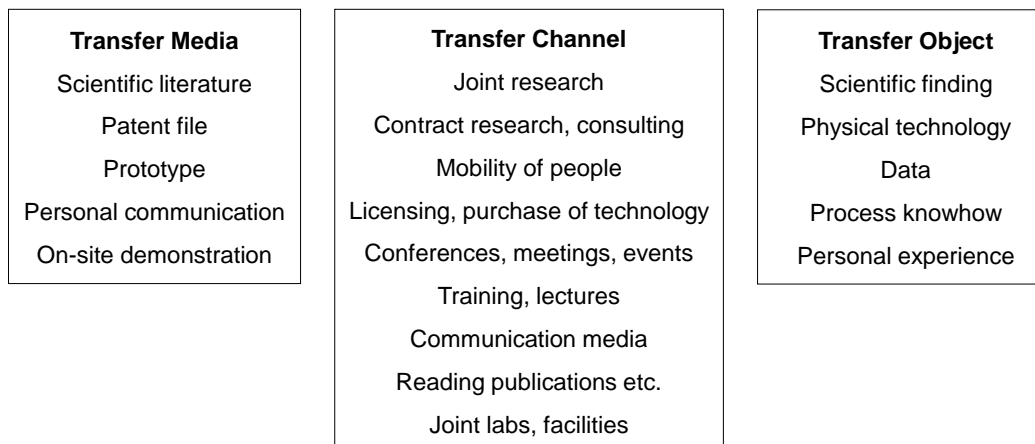
Quelle: auf Basis von Polt et al. (2002).

Für die Messung von Interaktionen ist es essenziell, die Vielfalt des Wissens- und Erkenntnis-transfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu erfassen. Interaktionen können unterschiedliche Transferobjekte betreffen, über unterschiedliche Transfermedien stattfinden und über unterschiedliche Austauschkanäle organisiert werden (Abbildung 2):

- **Transfermedien** bezeichnen die Träger des Wissens, das getauscht wird, also z.B. eine wissenschaftliche Publikation, eine Patentschrift oder die persönliche (mündliche oder schriftliche) Kommunikation.
- Das **Transferobjekt** bezeichnet den Inhalt des Wissens, das getauscht wird, also ob es sich um eine (neue) wissenschaftliche Erkenntnis, eine physische Technologie, für Dritte nutzbare Daten, Prozesswissen oder die persönliche Erfahrung von Forschern (die sich auf unterschiedliche Problemstellungen anwenden lässt) handelt.
- Für den Austausch von Wissen stehen sehr unterschiedliche **Transferkanäle** zur Verfügung, die von Gemeinschaftsforschungsprojekten (Verbundforschung) über Aufträge zur Durchführung von FuE-Arbeiten oder für wissenschaftlich-technische Beratung, der Mobilität von Personen (inkl. Spinoff-Gründungen), der Lizenzierung oder dem Kauf von Technologie bis zu Konferenzen, Weiterbildungsveranstaltungen oder gemeinsam betriebener

Forschungsinfrastruktur reichen können. Zu den Transferkanälen zählen außerdem alle Kommunikationsmedien, über die sich Forscher austauschen können, aber auch das Lesen von Publikationen.

Abbildung 2: Element von Wissenschafts-Wirtschaft-Interaktionen



Quelle: auf Basis von Bozeman (2000) und Schartinger et al. (2002).

Für die Messung von Interaktionen und die Konstruktion geeigneter Indikatoren ist weiterhin wichtig, die **Eigenschaften des auszutauschenden Wissens** und Merkmale des Interaktionsprozesses zu berücksichtigen. Tabelle 1 stellt diesbezüglich wichtige Dimensionen dar.

Tabelle 1: Merkmale von Interaktionsprozessen

Art des Kontakts	persönlich (face-to-face)
	direkt über Kommunikationsmedien
	indirekt (kein direkter Kontakt)
Richtung des Wissensflusses	einseitig
	beidseitig
Art des ausgetauschten Wissens	kodifiziert
	implizit (tacit)
Formalisierung des Austausches	informell
	auf Basis von Verträgen, Übereinkünften etc.

Um Interaktionen empirisch zu messen, wurden in der Literatur unterschiedliche Ansätze verfolgt, die sich nach der Beobachtungsbasis für die Interaktionsmessung unterscheiden (Tabelle 2):

- **Finanzielle Flüsse** haben den großen Vorteil, Indikatoren zu generieren, die mit anderen finanziellen Größen in Bezug gesetzt werden können. So lassen sich Aufwendungen zur Finanzierung von FuE-Projekten mit anderen Daten zu FuE-Ausgaben verknüpfen.
- Da es sich bei vielen Interaktionen um einen Wissensaustausch zwischen **Personen** (Forscher in Unternehmen, Wissenschaftler) handelt, sind die an der Interaktion beteiligten Personen eine naheliegende Beobachtungsbasis. Auch hier besteht die Möglichkeit, Interaktionsmaßzahlen mit anderen personenbezogenen Messgrößen (z.B. Anzahl beschäftigte Forscher/Wissenschaftler) in Bezug zu setzen.

Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

- **Unternehmen** sind eine weitere relevante Bezugsbasis. Insbesondere Befragungsdaten generieren Indikatoren, die sich auf die Anzahl von Unternehmen mit bestimmten Wissenschaftsinteraktionen beziehen. Spinoff-Gründungen sind eine weitere unternehmensbezogene Indikatorkategorie.
- **Projekte** sind vor allem in Bezug auf öffentlich geförderte Interaktionen eine wichtige Bezugsbasis, da solche Förderungen oft projektbasiert erfolgen.
- **Dokumente** wie Publikationen oder Patentschriften sind eine wichtige Beobachtungsbasis, da sie die Messung von Interaktionen auf Basis öffentlich zugänglicher und somit die Durchführung eigener Erhebungen vermeiden.
- **Digitale Medien** (Internet, Soziale Plattformen) werden zunehmend als Beobachtungsbasis genutzt. Aus ihnen lassen sich unterschiedliche Interaktionen identifizieren (von Hyperlinks bis zu Verweisen in Social-Media-Einträgen), deren Aussagekraft und Repräsentativität allerdings noch unerforscht sind.
- **Infrastrukturen** dienen als eine Beobachtungsbasis, wenn es um gemeinsame Einrichtungen von Wissenschaft und Wirtschaft geht, in denen Austauschprozesse stattfinden. Diese können von Laboren und Instituten bis zu Wissenschaftsparks reichen.

Tabelle 2: Beobachtungsbasis für die Interaktionsmessung

Finanzielle Flüsse	Finanzierung von Projekten/Aufträgen
	Finanzierung von Stellen
	Finanzierung von Infrastruktur
	Zuwendungen, Spenden
Personen	Wechsel von Forschern zwischen Wissenschaft und Wirtschaft
	Beschäftigung von Studenten, Absolventen
	weitergebildete Forscher
	Personen, die im jeweils anderen Sektor eine Funktion einnehmen
Unternehmen	Unternehmen, die von Wissenschaftsangehörigen gegründet wurden
	Gemeinsame Unternehmen unter Beteiligung von Wirtschaftsunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen
	Unternehmen, die Wissenschaftsinteraktionen aufweisen
Projekte	FuE-Projekte, die gemeinsam von Wissenschaft und Wirtschaft durchgeführt wurden
	öffentlich geförderte Wissenschaft-Wirtschaft-Verbundprojekte
Dokumente	Publikationen
	Patentschriften
Digitale Medien	Hyperlinks, Websites
	Verweise in Sozialen Medien
Infrastruktur	gemeinsames Labor, Institut
	gemeinsame Standorte in Science Parks etc.

3 Indikatoren zu Interaktionen und ihren Rahmenbedingungen

Aus der umfangreichen Literatur zur Messung von **direkten Interaktionen** zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (siehe Abschnitt 5 zur verwendeten Literatur) wurden 30 Indikatoren identifiziert, die in Tabelle 3 zusammengestellt sind. Die Reihenfolge orientiert sich daran, inwieweit die Indikatoren auch persönliche Interaktionen zwischen Unternehmensforschern und Wissenschaftlern messen (da solche Interaktionen oft zu einem besonders effektiven Wissensaustausch beitragen), den Transfer von implizitem Wissen mit abbilden (da dieses als besonders erfolgskritisches Wissen angesehen wird) und in zugänglichen Unterlagen dokumentiert sind (da dies die Messqualität des Indikators erhöht). Zu jedem Indikator sind außerdem der typische Ansatz der Datenerhebung sowie mögliche Datenquellen zur Messung des Indikators für Deutschland und im internationalen Vergleich angeführt. Schließlich finden sich kurze Hinweise, was bei der Interpretation des Indikators u.a. zu beachten ist.

Nicht berücksichtigt sind Indikatoren zu Aktivitäten von Wissenschaftseinrichtungen, die ein Transferpotenzial anzeigen, jedoch keine direkte Interaktion darstellen, wie z.B. die Anmeldung von Patenten durch Wissenschaftler oder Wissenschaftseinrichtungen oder das Angebot von Entrepreneurship-Lehrveranstaltungen an Hochschulen. Ebenfalls nicht aufgenommen wurden Interaktionsindikatoren, die nicht primär einen Austausch mit der Wirtschaft messen, sondern Transferaktivitäten betreffen, die sich an die allgemeine Öffentlichkeit richten.

Neben Indikatoren zu direkten Interaktionen existieren auch Indikatoren, die Interaktionen indirekt anhand der beobachtbaren **Ergebnisse von Interaktionen** messen (Tabelle 4). Eine Indikatorengruppe versucht, den Beitrag der Wissenschaft zur Hervorbringung von Innovationen durch Befragungen von innovativen Unternehmen zu den entscheidenden Innovationsquellen zu erfassen. Eine zweite Indikatorengruppe misst Spillovers von Wissen zwischen Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen mit Hilfe multivariater statistischer Methoden.

Für eine Interpretation von Interaktionsindikatoren ist es sehr hilfreich, die **Bedingungen für Austauschprozesse** mit Hilfe von Indikatoren zu beschreiben. Tabelle 5 zeigt einige der gängigen Indikatoren zur Messung der Transfervoraussetzungen in Unternehmen, die eng mit dem Konzept der absorptiven Kapazitäten in Verbindung stehen. Tabelle 6 fasst wichtige Indikatoren zur Messung der Transfervoraussetzungen auf Wissenschaftsseite zusammen. In Tabelle 7 sind relevante politische und institutionelle Rahmenbedingungen des Wissens- und Erkenntnistransfers aufgenommen.

Tabelle 3: Direkte Indikatoren zu Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen

Transfer channel	Face-to-face contact of researchers	Transfer of tacit knowledge	Documented track of interaction	Approach for data collection	Data source for Germany	Data source for international comparison	Interpretation, limitations
1. Collaborative research projects/programmes	+	+	+	- Administrative data of public research programmes funding collaborative research - Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions	- Profi data base, ZIM project data - FuE-Erhebung (extramural R&D to HEIs, research organisations) - MIP (cooperation question) - Hochschulstatistik (monetary indicators)	- R&D statistics (HERD/GOVERD funded by industry) - CIS (cooperation question)	Data publicly funded research cooperation miss a large fraction of all R&D cooperation. Data from surveys often do not separate collaborative R&D and contract R&D.
2. Mobility of researchers from science to industry and vice versa	+	+	+	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions - Social security data - Labour force surveys - Social platforms of employees	- BA data - Mikrozensus - XING platform	- EU Labour Force Survey - LinkedIn platform	Some researchers may work outside research in their new occupation
3. Joint publications	+	+	+	- Bibliometric data	- WoS, Scopus	- WoS, Scopus	Some joint publications reflect pure science publications, with one co-author moving to industry after completion of the research underlying the publication. Joint publications often emerge from more basic research collaborations, while results of collaborations on applied R&D are rarely published in journals.
4. Joint patenting	+	+	+	- Patent data bases	- Patstat, DPMA data	- Patstat	Assigning inventors and patent applicants to industry and science can be difficult. Joint patenting measures that only rely on joint patent applications miss out co-inventions when only one partner obtains the IP.
5. Temporary exchange of researchers between indus-	+	+	+/-	- Enterprise surveys - Surveys of scien-	- BA data (in case researchers are formally	- EU Labour Force Survey data (in case	Short-term and informal exchange hard to measure, employment law

Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

try and science (incl. sabbaticals, leaves of absence)				tists/science institutions - Social security data (in case researchers are formally employed at the exchange organisation) - Labour force surveys - Social platforms of employees	employed at the exchange organisation) - Mikrozensus (in case researchers are formally employed at the exchange organisation) - XING platform	researchers are formally employed at the exchange organisation) - LinkedIn platform	at science may prohibit exchange.
6. Meetings, talks, personal communication	+	+	-	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions	- MIP (information source question, sporadic question on science collaboration)	- CIS (information source question)	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
7. Training of researchers of enterprises	+	+/-	+	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions	- MIP (sporadic question on science collaboration)	?	
8. Conferences attended both by industry and science	+	+/-	+/-	- Enterprise surveys - Surveys of scientists	- MIP (information source question, sporadic question on science collaboration)	- CIS (information source question)	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
9. Contract research and consulting	+/-	+/-	+	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions	- FuE-Erhebung (extramural R&D to HEIs, research organisations) - MIP (cooperation question) - Hochschulstatistik (monetary indicators)	- R&D statistics (HERD/GOVERD funded by industry) - CIS (cooperation question)	Data from surveys often do not separate collaborative R&D and contract R&D.
10. Lectures at universities held by employees of enterprises	+/-	+/-	+	- Enterprise surveys- Surveys of scientists/science institutions	?	?	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
11. Joint ventures of firms and science institutions	+/-	+/-	+	- Company register that include data on shareholders - Enterprise surveys - Surveys of science institutions	- MUP / Creditreform data base	- BvD database (Orbis)	In many countries, science institutions may not be entitled to enter into a joint venture with a for-profit firm.
12. Joint supervision of PhDs and Masters theses	+/-	+/-	+/-	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions - Administrative data of universities	- MIP (sporadic question on science collaboration)	?	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
13. Use of public research facilities by industry	+/-	-	+/-	- Enterprise surveys - Surveys of science institutions - Administrative data of uni-	?	?	

Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

				versities			
14. Startups by researchers from science	-	+	+	- Startup surveys - Surveys of scientists/science institutions	- IAB/ZEW Startup Panel	?	Significance of scientific research for the business' activities may be varying from essential to irrelevant. Additional data on whether the start-up is research-based or uses research results from science would be needed.
15. Startups by university students/graduates	-	+/-	+	- Startup surveys - Graduate surveys - Surveys of entrepreneurs	- IAB/ZEW Startup Panel	?	Significance of scientific research for the business' activities may be varying from essential to irrelevant. Additional data on whether the start-up is research-based or uses research results from science would be needed.
16. Employment of university graduates or doctorate holders by firms	-	+/-	+/-	- Labour Force Surveys- Enterprise surveys - Social security data (in case researchers are formally employed at the exchange organisation)- Graduate surveys / Surveys of doctorate holders	- Mikrozensus- Graduate survey by DZHW	- EU Labour Force Survey	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
17. Cooperation agreements between firms and science institutions	-	-	+	- Enterprise surveys - Surveys of science institutions/TTOs	?	?	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
18. Firms locating at the campus of science organisations	-	-	+	- Company registers - Address directories - Open street map information	- MUP (when combined with addresses of science institutions)	- Orbis data base (when combined with addresses of science institutions)	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
19. Internships by university students in firms	-	-	+	- Enterprise surveys - Social security data (in case interns are formally employed at the firm) - Student surveys - Social platforms of employees	- XING platform	- LinkedIn platform	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.
20. Startups based on science patents	-	-	+	- Startup surveys - Link of patent data and company data bases - Surveys of science institutions - Administrative data of sci-	- IAB/ZEW Startup Panel	?	Limited to patentable knowledge.

Messung von Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

				ence institutions/TTOs			
21. Licensing/selling of science patents to enterprises	-	-	+	- Patent data bases - Enterprise surveys - Surveys of science institutions/TTOs - Administrative data of science institutions/TTOs	- Patstat, DPMA data (for selling patents) - MIP (IP question)	- Patstat (for selling patents) - CIS (IP question) - EU survey on HEIs/PROs transfer activities (irregular)	Limited to patentable knowledge.
22. Purchase of prototypes developed at science	-	-	+	- Enterprise surveys- Surveys of scientists/science institutions- Administrative data of universities	?	?	Prototypes represent only a small fraction of relevant technological knowledge, cannot be applied in many disciplines and sectors.
23. Material transfer agreements	-	-	+	- Enterprise surveys - Surveys of scientists/science institutions	?	?	Material transfer agreements are relevant for a few disciplines and sectors only (e.g. biotechnology).
24. Citation of science patents in firm patents	-	-	+	- Patent data bases	- Patstat, DPMA data base	- Patstat	Limited to patentable knowledge.
25. Citation of science articles in firm articles	-	-	+	- Bibliometric data	- WoS, Scopus	- WoS, Scopus	Some firm articles may have been written by authors during prior work in science.
26. Participation of firm members in boards of science institutions	-	-	+	- Administrative data of science institutions - Websites of science institutions	?	?	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
27. Hyperlinks between firms and science institutions on websites	-	-	+	- Company websites - Websites of science institutions	?	?	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
28. Reference to science institutions in social media activities of firms, and reference to firms in social media activities of scientists/science institutions	-	-	+	- Social media data	?	?	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
29. Financing of chairs or research posts in science institutions by firms	-	-	+	- Enterprise surveys - Surveys of science institutions - Websites of science institutions	?	?	Unclear whether actual knowledge exchange takes place.
30. Researchers in firms reading of publications, patent files etc.	-	-	-	- Enterprise surveys	- MIP (information source question, sporadic question on science collaboration)	- CIS (information source question)	Type and relevance of knowledge exchange difficult to assess.

Quelle: Zusammenstellung des ZEW.

Tabelle 4: Indirekte Indikatoren zu Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen auf Basis von Transferergebnissen

Transfer result	Face-to-face contact of researchers	Transfer of tacit knowledge	Documented track of interaction	Potential data source	Data source for Germany	Data source for international comparison	Interpretation, limitations
Innovations triggered by scientific findings	+/-	+/-	-	- Enterprise surveys	- MIP (sporadic questions of innovation sources)	? (Mansfield 1995)	Requires well-informed respondents in firms, assessments may be biased.
Knowledge spillovers from science	+/-	+/-	-	- Econometric analysis of firm innovation outcome and proximity to science knowledge	- Various papers	- Various papers	Unsuited for generating indicators for international comparison, results strongly depend on model set up and econometric methods.

Quelle: Zusammenstellung des ZEW.

Tabelle 5: Indikatoren der Transfervoraussetzungen und -rahmenbedingungen in Unternehmen

Area	Indicator
Organisation	Organisation of R&D in firms (e.g. separate R&D department)
	Existence of IP department
	Open innovation culture
	Career incentives for engaging in collaboration
	Funding of research at science (institutes, chairs, PhD posts)
	Including scientists in company boards
	IP strategy (e.g. role of patenting, secrecy)
R&D, Innovation	Fields of technology of R&D activities
	Technology readiness level targeted
	Type of innovation (product, service, process, business model)
	Ambition of innovation projects (incremental improvement vs. radical/disruptive innovation)
	Financial and personnel resources available for R&D projects
	Type of IP generated in the R&D process
People	Education level of researchers at firms
	Working experience at science of firm researchers
	Science affiliation of senior R&D managers
	Scientific interest of researchers at firms
	Students doing their master/PhD work at firms
Market	Sector (role of science/research for production activities)
	Rate of product obsolescence / length of product life cycles / typical time-to-market
	Type of competition (role of innovation/technological leadership)
	International orientation (share of customers/production abroad)

Quelle: Zusammenstellung des ZEW.

Tabelle 6: Indikatoren der Transfervoraussetzungen und -rahmenbedingungen in Wissenschaftseinrichtungen

Area	Indicator
Organisation	Existence of TTO / IP office
	IP policy / regulation
	Existence of Science Park
	Policy towards outreach / transfer
	Industry representatives in the board
	Existence of third-mission / outreach policy
	Autonomy of research units
	Possibility for researchers to generate personal income out of third-party projects
Research	Quality / excellence of research
	Time horizon of research
	Type of research (basic, applied)
	R&D facilities (e.g. labs for collaborative research)
	Distance to industrial application
People	Industry experience of professors / senior researchers
	Trainings on R&D collaboration for researchers
	Incentive system for industry engagement
	Career objectives (academic vs. non-academic)
	Attitudes and motivation of researchers
Discipline	Field of science / technology
	Tradition of industry orientation
	Role of interdisciplinary / transdisciplinary approaches

Quelle: Zusammenstellung des ZEW.

Tabelle 7: Indikatoren der politisch-institutionellen Rahmenbedingungen für Wissenschafts-Wirtschafts-Interaktionen

Area	Indicator
Infrastructure	Intermediary organisations for technology transfer (e.g. TTOs run by chambers of commerce)
	Science Parks, Technology Centres
	(Regional) clusters aiming at knowledge transfer support
	(Online) Databases on potential transfer partners
	Transfer labs (e.g. demonstration centres)
Support programmes	Public funding of industry-science cooperation projects
	Public funding for validation/commercialisation of research results at science
	Public funding of clusters/networks of industry and science
	Public funding for industry-oriented research projects at science
	Tax incentives for extramural R&D expenditure of firms
Institutional setting	Transfer performance is part of evaluation criteria of science institutions
	Third mission is part of institutional goals
	Existence of transfer-oriented universities / public research institutes
Legal setting	Science institutions are legally allowed to accept R&D funding from industry
	IP regulation for researchers at science
	Regulation on patenting and publishing (e.g. defensive publications, research disclosure)
	Trade secret regulation

Quelle: Zusammenstellung des ZEW.

4 Empirische Befunde zu ausgewählten Interaktionsindikatoren

In der internationalen Statistik liegen einige Indikatoren zu Wissenschaft-Wirtschaft-Interaktionen vor, die bereits seit längerer Zeit erhoben werden und die einen internationalen Vergleich erlauben. Hierzu zählen insbesondere

- die Finanzierung von FuE-Aktivitäten in Wissenschaftseinrichtungen durch Unternehmen,
- Ko-Publikationen durch Wissenschaftler und Unternehmensforscher,
- die Anzahl der Unternehmen, die die Wissenschaft als Informationsquelle für ihre Innovationsaktivitäten nutzen,
- die Anzahl der Unternehmen, die gemeinsame FuE- und Innovationsprojekte mit Wissenschaftseinrichtungen durchführen.

In den folgenden Abbildungen sind Ergebnisse für diese Indikatoren im internationalen Vergleich dargestellt. Bewertet man die deutsche Position, so lassen sich folgende Rückschlüsse für den Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Deutschland ziehen:

- Interaktionen, hinter denen finanzielle Flüsse vom Wirtschafts- an den Wissenschaftssektor stehen, haben in Deutschland eine sehr große Bedeutung (Abbildung 3). Der Anteil der von der Wirtschaft finanzierten FuE im Wissenschaftssektor hat in den vergangenen 25 Jahren stark zugenommen, wenngleich in den letzten zehn Jahren keine weitere Zunahme zu beobachten ist. Mit aktuell knapp 13 % ist der deutsche Wert höher als der jeder anderen großen westlichen Volkswirtschaft. Seit dem Jahr 2015 liegt er auch über dem Wert Chinas.
- Der Umfang der finanziellen Mittel, die Unternehmen aus Deutschland für FuE an Wissenschaftseinrichtungen zur Verfügung stellen, macht etwa 6 % der internen FuE-Ausgaben der Unternehmen aus. Keine andere der großen westlichen Volkswirtschaften erreicht auch nur annähernd diesen Wert.
- In einem breiteren Ländervergleich befindet sich Deutschland mit dem Wirtschaftsfinanzierungsanteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft gemeinsam mit Litauen an der Spitze der OECD-Länder (Abbildung 4). Noch höher ist der Indikatorwert nur in Rumänien und Russland. Beim Indikator, der diese Ausgaben in Relation zu den internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft stellt, liegen Litauen, Lettland und Rumänien voran. Deutschland befindet sich ebenfalls im Vordergrund, wobei mit den Niederlanden und Kanada zwei Länder mit einem grundsätzlich vergleichbaren Innovationssystem wie Deutschland einen höheren Wert aufweisen.

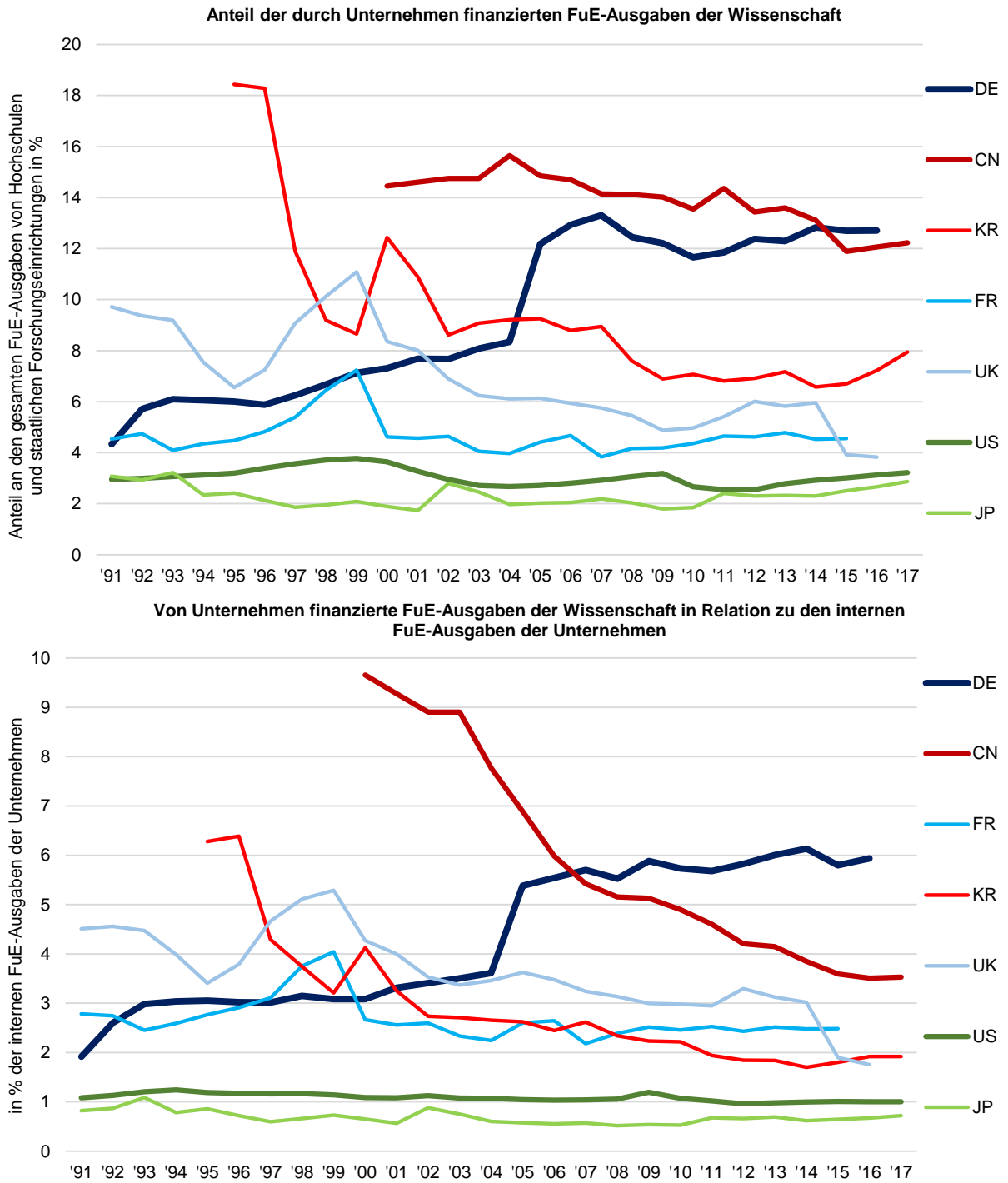
- Der Umstand, dass Deutschland bei den finanziellen Flüssen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gleichauf mit vielen Ländern liegt, deren Innovationssysteme als eher nicht so gut entwickelt gelten, provoziert die Frage, ob eine simple "je mehr, desto besser" Interpretation dieses Indikators richtig ist, um den Entwicklungsstand von Wissenschaft-Wirtschaft-Interaktionen zu beurteilen. Gleichzeitig befinden sich am unteren Ende der Rangliste zumindest beim Wirtschaftsfinanzierungsanteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft ebenfalls Länder mit eher nicht so gut entwickelten Innovationssystemen (Argentinien, Mexiko, Türkei). Bei dem auf die Unternehmens-FuE bezogenen Indikator liegen mit Japan und den USA auch Länder ganz am Ende der Rangfolge, deren Innovationssysteme oft als sehr effektiv eingestuft werden. Falls ein "je mehr, desto besser" für diesen Indikator nicht gelten sollte, müsste ein "optimaler" Wertebereich bestimmt werden, um den Entwicklungsstand der Wissenschaft-Wirtschaft-Interaktionen beurteilen zu können. Dabei müssten sicherlich viele Charakteristika des Unternehmens- und des Wissenschaftssektors sowie die politischen und institutionellen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.
- Für den Indikator Ko-Publikationen je FuE-Personal zeigt sich für die großen westlichen Volkswirtschaften sowie China ein ansteigender Trend, der im Bereich der Wissenschaft stärker ausgeprägt ist als in der Wirtschaft (Abbildung 5). In Deutschland nahm die Anzahl der Ko-Publikationen je FuE-Personal seit 2010 weniger stark zu als in den meisten anderen Vergleichsländern. Das Niveau dieses Indikators liegt in Deutschland unter den Werten von Großbritannien und Frankreich, aber über dem der asiatischen Vergleichsländer und der USA.
- Im breiteren Ländervergleich zeigen viele kleine und mittelgroße Länder höhere Ko-Publikationen je FuE-Personal (Abbildung 6). Dies gilt insbesondere für die Bezugsgröße des FuE-Personals in der Wirtschaft. Hier liegen mit Lettland, Estland und Südafrika Länder voran, deren Wirtschaftssektor üblicherweise als nicht besonders innovativ eingestuft wird. Bezogen auf das FuE-Personal in der Wissenschaft führen die Schweiz und Schweden die Rangliste an, also Länder, deren Wissenschaft meist als sehr wettbewerbsfähig bewertet wird.
- Bezüglich der Nutzung der Wissenschaft als Informationsquelle für Innovationsaktivitäten weist Deutschland im Vergleich mit europäischen Ländern einen relativ hohen Wert auf, sofern Hochschulen als Wissensquelle dienen (Abbildung 7). Für 3,5 % aller Unternehmen in Deutschland waren im Jahr 2016 Hochschulen eine Informationsquelle von hoher Bedeutung. Vor Deutschland liegen mit Österreich und der Schweiz zwei Länder mit sehr ähnlichen Hochschulsystemen. Der Anteil der Unternehmen, die öffentliche Forschungseinrichtungen als wichtige Informationsquelle für Innovationsaktivitäten nutzt, ist in Deutschland mit 1,3 % niedriger als für Hochschulen, er liegt gleichwohl im vorderen Drittel der europäischen Länder. Für die Nutzung wissenschaftlicher Publikationen zeigt sich

derselbe Unternehmensanteil wie für Hochschulen (3,5 %). Hier liegt allerdings eine größere Zahl anderer Länder vor Deutschland.

- Der Anteil der Unternehmen, die mit Hochschulen gemeinsam FuE- oder andere Innovationsprojekte durchführen, ist in Deutschland mit 6,3 % höher als im Mittel der europäischen und einiger außereuropäischer Länder (Abbildung 8). Allerdings weisen einige Vergleichsländer erheblich höhere Werte auf, darunter Finnland, Großbritannien, Österreich, Griechenland und Belgien. Beim Anteil der mit öffentlichen Forschungseinrichtungen kooperierenden Unternehmen liegt Deutschland mit einem Wert von 4,8 % im europäischen Mittelfeld. An der Spitze befinden sich Finnland, Großbritannien, Griechenland, Island und Österreich. Frankreich weist bei diesem Indikator - im Unterschied zu den anderen unternehmensbezogenen Indikatoren - einen höheren Wert als Deutschland auf.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die gängigen Maße zu Wissenschaft-Wirtschaft-Interaktionen überwiegend auf ein vergleichsweise hohes Niveau des Wissensaustausches hindeuten. Bei der Finanzierung von FuE der Wissenschaft durch die Wirtschaft werfen die im Vergleich zu ähnlich strukturierten Wirtschafts- und Wissenschaftssystemen besonders hohen Werte sogar die Frage auf, ob das hohe Interaktionsniveau möglicherweise andere Formen des Wissensaustausches und andere Aufgaben der Wissenschaftseinrichtungen verdrängt. Um dies beurteilen zu können, sind weitere Indikatoren und Kontextanalysen notwendig, um ein Gesamtbild der Interaktionen zwischen den beiden Sektoren zeichnen und die Rolle der Interaktionen für die Innovationsperformance der Wirtschaft und die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems untersuchen zu können.

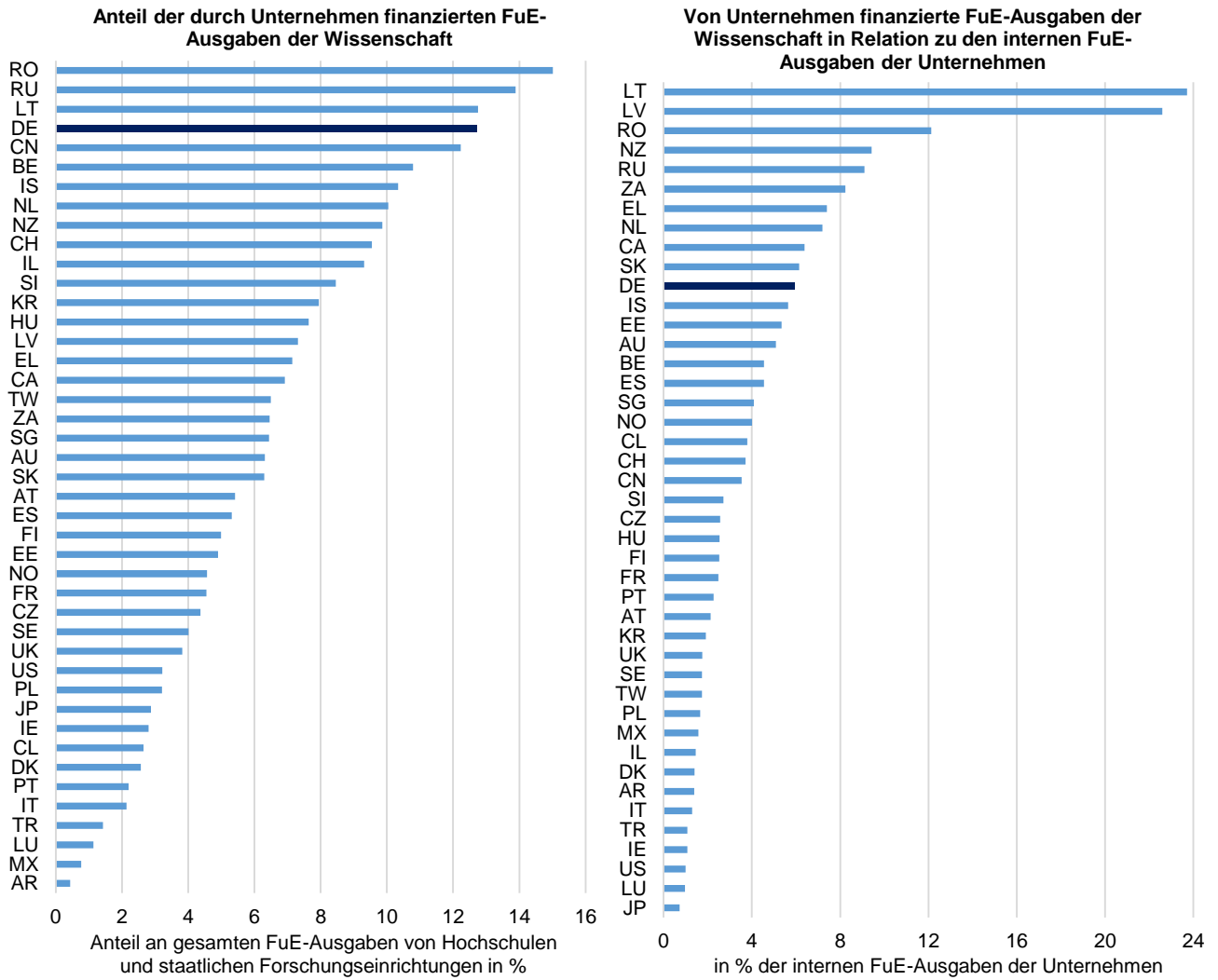
Abbildung 3: Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft 1992-2017 in ausgewählten Ländern



In den meisten Ländern kommt es immer wieder zu Brüchen in der Zeitreihe aufgrund von Änderungen in den Erhebungsmethoden und der zugrundeliegenden Definitionen, so z.B. in Deutschland zwischen 2004 und 2005 aufgrund einer geänderten Erfassung der von Unternehmen finanzierten FuE-Ausgaben im Bereich der öffentlichen Forschungseinrichtungen.

Quelle: OECD, MSTI 2/2018. Berechnungen des ZEW.

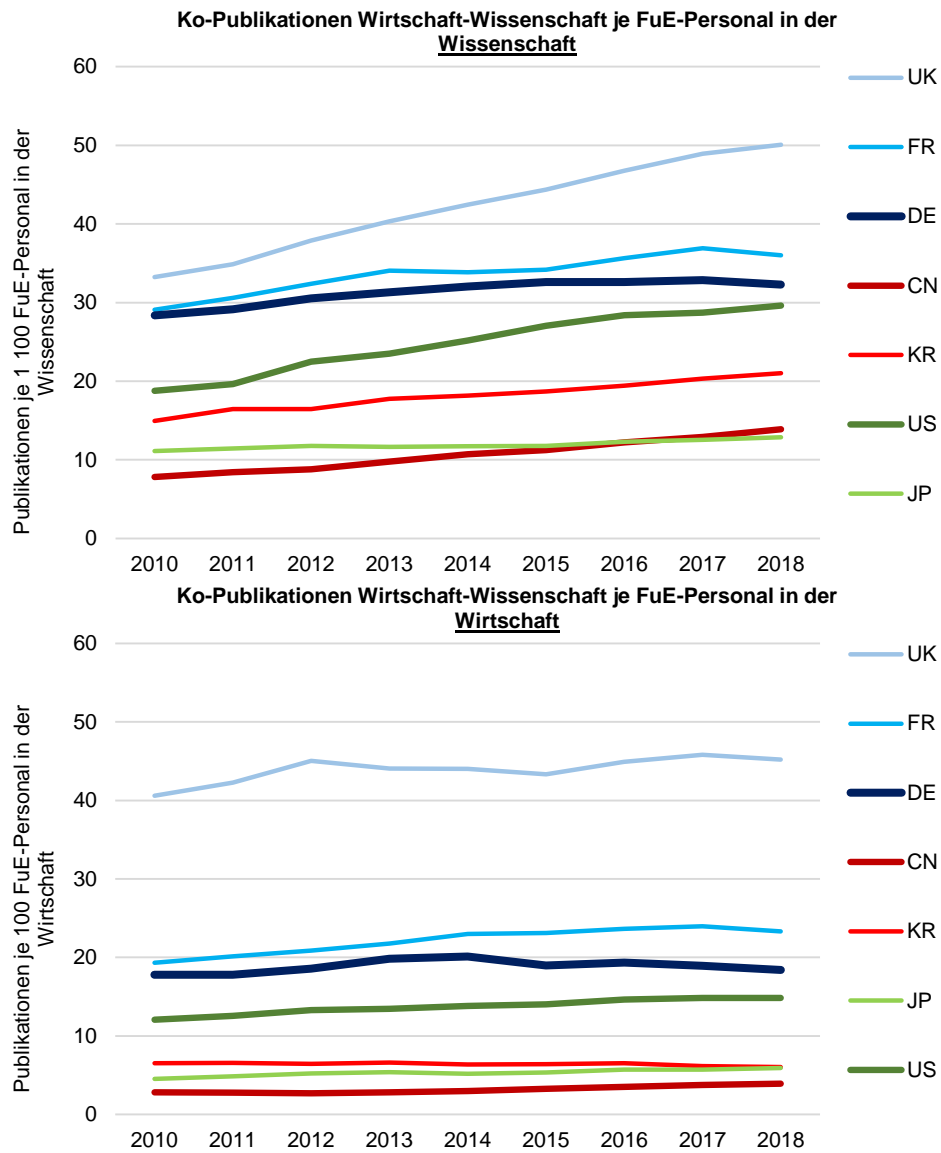
Abbildung 4: Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft 2017* nach Ländern



* oder jüngstes verfügbares Jahr.

Quelle: OECD, MSTI 2/2018. Berechnungen des ZEW.

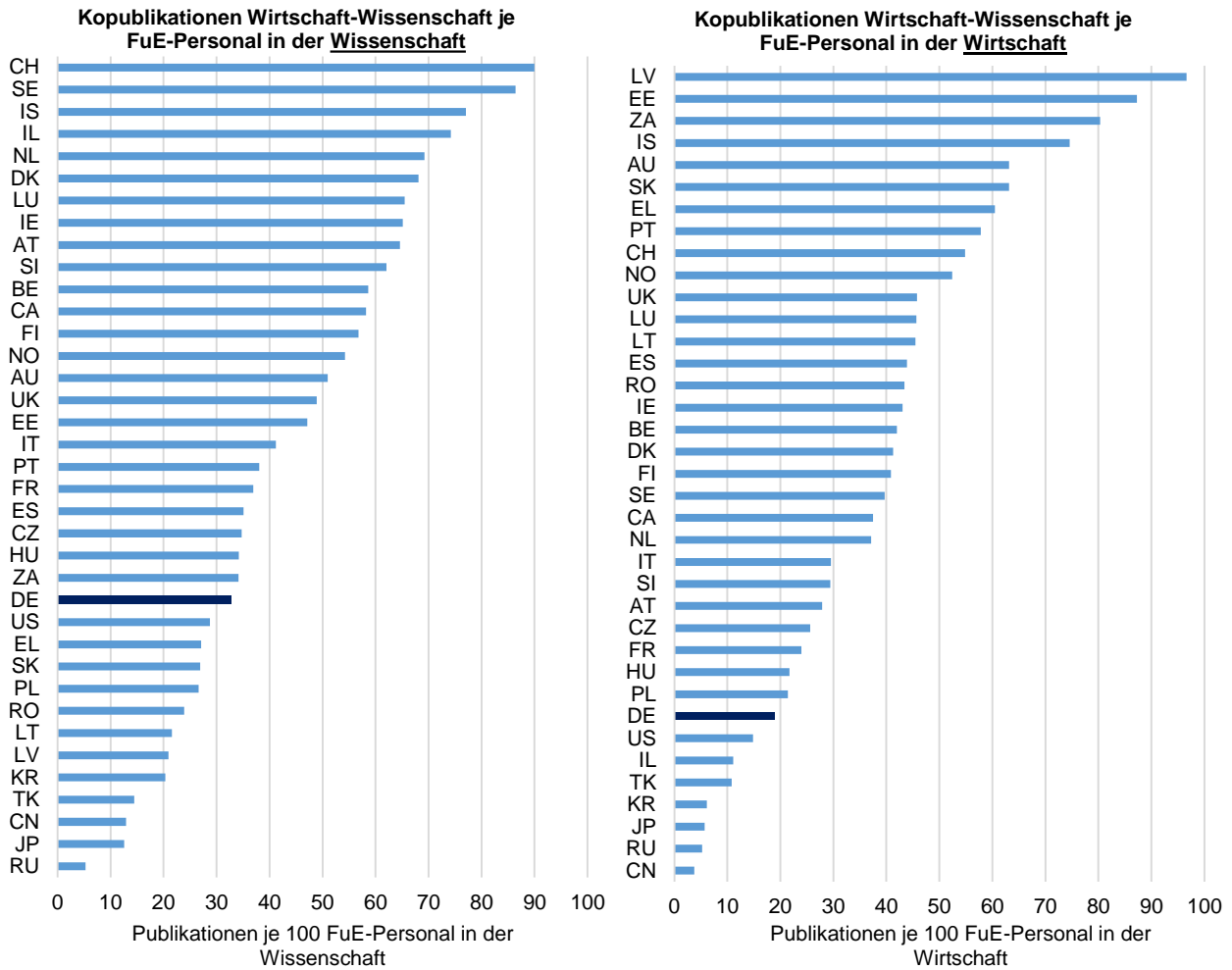
Abbildung 5: Ko-Publikationen von Autoren aus Wissenschaft und Wirtschaft 2010-2018 in ausgewählten Ländern



Anzahl FuE-Personal für einzelne Länder und Jahre geschätzt.

Quelle: European Innovation Scoreboard 2019 / ScienceMetrics; OECD, MSTI 2/2018. Berechnungen des ZEW.

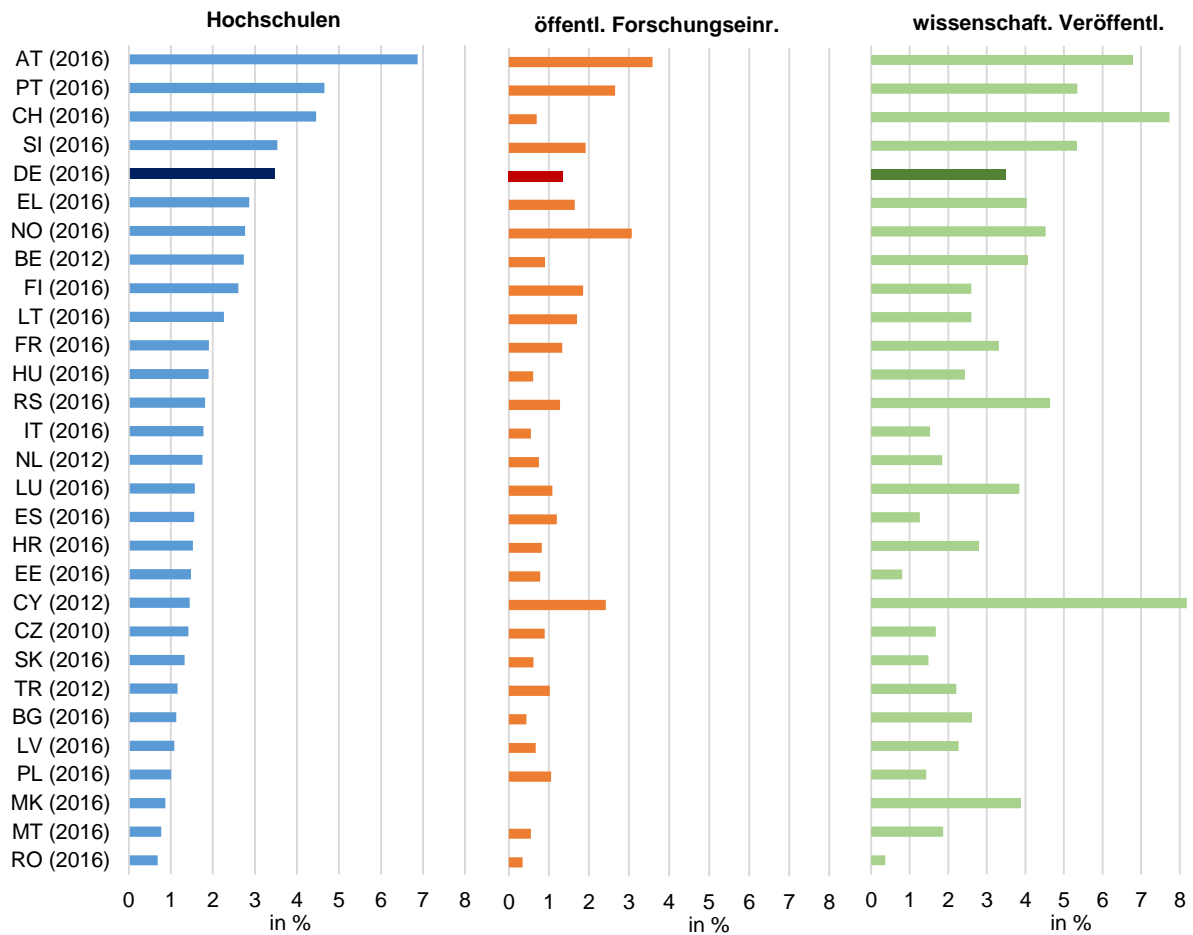
Abbildung 6: Ko-Publikationen von Autoren aus Wissenschaft und Wirtschaft 2017 nach Ländern



Anzahl FuE-Personal für einzelne Länder und Jahre geschätzt.

Quelle: European Innovation Scoreboard 2019 / ScienceMetrics; OECD, MSTI 2/2018. Berechnungen des ZEW.

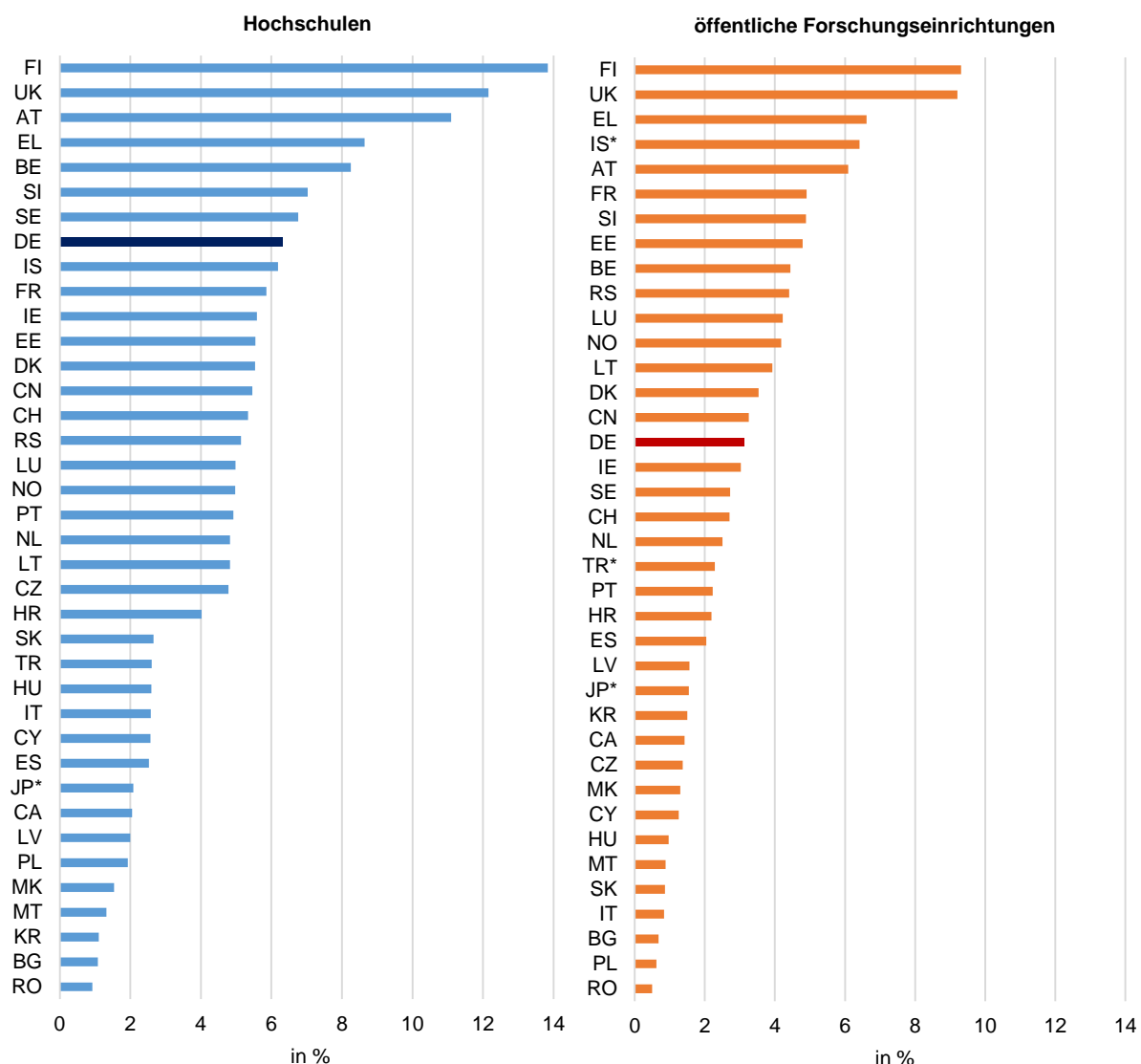
Abbildung 7: Wissenschaft als Informationsquelle von hoher Bedeutung für Innovationsaktivitäten in Unternehmen (2016 oder jüngst verfügbares Jahr)



Anteil an allen Unternehmen mit 10 oder mehr Beschäftigten in Industrie und ausgewählten Dienstleistungen (WZ 5-39, 46, 49-53, 58-66, 71-73).

Quelle: Eurostat, Community Innovation Survey. - Berechnungen des ZEW.

Abbildung 8: Gemeinsame FuE-/Innovationsprojekte mit Wissenschaftseinrichtungen in Unternehmen (2016)



Anteil an allen Unternehmen mit 10 oder mehr Beschäftigten in Industrie und ausgewählten Dienstleistungen (WZ 5-39, 46, 49-53, 58-66, 71-73).

* Angaben beziehen sich auf 2014.

Quelle: Eurostat, Community Innovation Survey. NBSC, NISTEP, STATCAN, STEPI, nationale Innovationserhebungen.- Berechnungen des ZEW.

5 Verwendete Literatur

- Acworth, Edward B. 2008. "University-Industry Engagement: The Formation of the Knowledge Integration Community (KIC) Model at the Cambridge-MIT Institute." *Research Policy* 37 (8): 1241–1254.
- Ahrweile, Petra, Andreas Pyka, and Nigel Gilbert. 2011. "A New Model for University-Industry Links in Knowledge-Based Economies." *Journal of Product Innovation Management* 28 (2): 218–235.
- Ajay Agrawal, and Iain M. Cockburn. 2002. "University Research, Industrial R&D, and the Anchor Tenant Hypothesis." NBER Working Papers 9212, National Bureau of Economic Research.
- Ankrah, Samuel, and Omar AL-Tabbaa. 2015. "Universities-Industry Collaboration: A Systematic Review." *Scandinavian Journal of Management* 31 (3): 387–408.
- Anselin, Luc, Attila Varga, and Zoltan Acs. 1997. "Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations." *Journal of Urban Economics* 42 (3): 422–448.
- Arvanitis, Spyros, Ursina Kubli, and Martin Woerter. 2008. "University-Industry Knowledge and Technology Transfer in Switzerland: What University Scientists Think about Cooperation with Private Enterprises." *Research Policy* 37 (10): 1865–1883.
- Audretsch, David B., and Maryann P. Feldman. 1996. "R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production." *American Economic Review* 86 (3): 630–640.
- Audretsch, David B., Erik E. Lehmann, and Susanne Warning. 1996. "University Spillovers and New Firm Location." *Diskussionspapiere der DFG- Forschergruppe No. 3468269275*.
- Audretsch, David B., and Erik E. Lehmann. 2005. "Does the Knowledge Spillover Theory of Entrepreneurship Hold for Regions?" *Research Policy* 34 (8): 1191–1202.
- Audretsch, David B., Erik E. Lehmann, and Susanne Warning. 2004. "University Spillovers: Does the Kind of Science Matter?" *Industry and Innovation* 11 (3): 193–205.
- Baba, Yasunori, Naohiro Shichijo, and Silvia Rita Sedita. 2009. "How Do Collaborations with Universities Affect Firms' Innovative Performance? The Role of 'Pasteur Scientists' in the Advanced Materials Field." *Research Policy* 38 (5): 756–764.
- Bekkers, Rudi, and Isabel Maria Bodas Freitas. 2008. "Analysing Knowledge Transfer Channels between Universities and Industry: To What Degree Do Sectors Also Matter?" *Research Policy* 37 (10): 1837–1853.
- Bhattacharya, Sujit, and Praveen Arora. 2007. "Industrial Linkages in Indian Universities: What They Reveal and What They Imply?" *Scientometrics* 70 (2): 277–300.
- Bishop, Kate, Pablo D'Este, and Andy Neely. 2011. "Gaining from Interactions with Universities: Multiple Methods for Nurturing Absorptive Capacity." *Research Policy* 40 (1): 30–40.

- Boardman, P. Craig. 2009. "Government Centrality to University-Industry Interactions: University Research Centers and the Industry Involvement of Academic Researchers." *Research Policy* 38 (10): 1505–1516.
- Bodas Freitas, Isabel Maria, Rosane Argou Marques, and Evando Mirra De Paula E. Silva. 2013. "University-Industry Collaboration and Innovation in Emergent and Mature Industries in New Industrialized Countries." *Research Policy* 42 (2): 443–453.
- Bölling, Matilda, and Yvonne Eriksson. 2016. "Collaboration with Society: The Future Role of Universities? Identifying Challenges for Evaluation." *Research Evaluation* 25 (2): 209–218.
- Bonaccorsi, Andrea, and Andres Piccaluga. 1994. "A theoretical framework for the evaluation of university–industry relationships." *R&D Management* 24 (2): 229–247.
- Bozeman, Barry. 2000. "Technology transfer and public policy: a review of research and theory." *Research Policy* 29 (4-5): 627–655.
- Bramwell, Allison, and David A. Wolfe. 2008. "Universities and Regional Economic Development: The Entrepreneurial University of Waterloo." *Research Policy* 37 (8): 1175–1187.
- Broström, Anders. 2010. "Working with Distant Researchers - Distance and Content in University-Industry Interaction." *Research Policy* 39 (10): 1311–1320.
- Bruneel, Johan, Pablo D'Este, and Ammon Salter. 2010. "Investigating the Factors That Diminish the Barriers to University-Industry Collaboration." *Research Policy* 39 (7): 858–868.
- Caldera, Aida, and Olivier Debande. 2010. "Performance of Spanish Universities in Technology Transfer: An Empirical Analysis." *Research Policy* 39 (9): 1160–1173.
- Carayol, Nicolas. 2003. "Objectives, agreements and matching in science–industry collaborations: reassembling the pieces of the puzzle." *Research Policy* 32 (6): 887–908.
- Casper, Steven. 2013. "The Spill-over Theory Reversed: The Impact of Regional Economies on the Commercialization of University Science." *Research Policy* 42 (8): 1313–1324.
- Chen, Jong Rong, Kamhon Kan, and I. Hsuan Tung. 2016. "Scientific Linkages and Firm Productivity: Panel Data Evidence from Taiwanese Electronics Firms." *Research Policy* 45 (7): 1449–1459.
- Choudhry, Vidita, and Todd A. Ponzio. 2019. "Modernizing Federal Technology Transfer Metrics." *Journal of Technology Transfer*, no. 0123456789.
- Cowan, Robin, and Natalia Zinovyeva. 2013. "University Effects on Regional Innovation." *Research Policy* 42 (3): 788–800.
- Debackere, Koenraad, and Reinhilde Veugelers. 2005. "The Role of Academic Technology Transfer Organizations in Improving Industry Science Links." *Research Policy* 34 (3): 321–342.
- De Fuentes, Claudia, and Gabriela Dutrénit. 2012. "Best channels of academia–industry interaction for long-term benefit." *Research Policy* 41 (9): 1666–3168242.

- D'Este, Pablo, and Markus Perkmann. 2011. "Why do academics engage with industry? The entrepreneurial university and individual motivations." *Journal of Technology Transfer* 36 (3): 316–339.
- Díez-Vial, Isabel, and Ángeles Montoro-Sánchez. 2016. "How Knowledge Links with Universities May Foster Innovation: The Case of a Science Park." *Technovation* 50–51: 41–52.
- Dornbusch, Friedrich, and Peter Neuhäusler. 2015. "Composition of Inventor Teams and Technological Progress - The Role of Collaboration between Academia and Industry." *Research Policy* 44 (7): 1360–1375.
- Eom, Boo-Young, and Keun Lee. 2010. "Determinants of industry–academy linkages and, their impact on firm performance: The case of Korea as a latecomer in knowledge industrialization." *Research Policy* 39 (5): 625–639.
- Feldman, Maryann P., Irwin Feller, Janet L. Bercovitz, and Richard M. Burton. 2002. "University Technology Transfer and the System of Innovation." In: Feldman, Maryann P., and Nadine Massard (eds.). "Institutions and Systems in the Geography of Innovation." *Economics of Science, Technology and Innovation book series* (25). Springer, Boston, MA
- Finne, Håkon, Adrian Day, Andrea Piccaluga, André Spithoven, Patricia Walter, and Dorien Wellen. 2011. "A Composite Indicator for Knowledge Transfer." Report from the European Commission's Expert Group on knowledge transfer indicators.
- Foray, Dominique. 1997. "Generation and distribution of technological knowledge: incentives, norms and institutions." In: Charles Edquist (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter, London: 65–85.
- Goldstein, Harvey A., and Catherine S. Renault. 2004. "Contributions of Universities to Regional Economic Development: A Quasi-Experimental Approach." *Regional Studies* 38 (7): 733–746.
- Guerrero, Maribel, James A. Cunningham, and David Urbano. 2015. "Economic Impact of Entrepreneurial Universities' Activities: An Exploratory Study of the United Kingdom." *Research Policy* 44 (3): 748–764.
- Guerzoni, Marco, T. Taylor Aldridge, David B. Audretsch, and Sameeksha Desai. 2017. "A New Industry Creation and Originality: Insight from the Funding Sources of University Patents." *Universities and the Entrepreneurial Ecosystem* 43 (10): 199–208.
- Hagedoorn, John, Albert N Link, and Nicholas S Vonortas. 2000. "Research partnerships." *Research Policy* 29 (4–5): 567–586.
- Hewitt-Dundas, Nola. 2012. "Research Intensity and Knowledge Transfer Activity in UK Universities." *Research Policy* 41 (2): 262–275.
- Hong, Wei. 2008. "Decline of the Center: The Decentralizing Process of Knowledge Transfer of Chinese Universities from 1985 to 2004." *Research Policy* 37 (4): 580–595.
- Hong, Wei, and Yu Sung Su. 2013. "The Effect of Institutional Proximity in Non-Local University-Industry Collaborations: An Analysis Based on Chinese Patent Data." *Research Policy* 42 (2): 454–464.

- Jaffe, Adam B. 1989. "The real effects of academic research." *American Economic Review* 79: 957–970.
- Jaffe, Adam B., Manuel Trajtenberg, and Rebecca Henderson. 1993. "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations." *The Quarterly Journal of Economics* 108 (3): 577–598.
- Jensen, Richard, Jerry Thursby, and Marie C. Thursby. 2010. "University-Industry Spillovers, Government Funding, and Industrial Consulting." *National Bureau of Economic Research Working Paper Series No. 15732*.
- Kafouros, Mario, Chengqi Wang, Panagiotis Piperopoulos, and Mingshen Zhang. 2015. "Academic Collaborations and Firm Innovation Performance in China: The Role of Region-Specific Institutions." *Research Policy* 44 (3): 803–817.
- Kantor, Shawn, and Alexander Whalley. 2014. "Knowledge Spillovers from Research Universities: Evidence from Endowment Value Shocks." *Review of Economics and Statistics* 96 (1): 171–188.
- Kodama, Toshihiro. 2008. "The Role of Intermediation and Absorptive Capacity in Facilitating University-Industry Linkages-An Empirical Study of TAMA in Japan." *Research Policy* 37 (8): 1224–1240.
- Langford, Cooper H., Jeremy Hall, Peter Josty, Stelvia Matos, and Astrid Jacobson. 2006. "Indicators and Outcomes of Canadian University Research: Proxies Becoming Goals?" *Research Policy* 35 (10): 1586–1598.
- Leten, Bart, Paolo Landoni, and Bart Van Looy. 2014. "Science or Graduates: How Do Firms Benefit from the Proximity of Universities?" *Research Policy* 43 (8): 1398–1412.
- Link, Albert N., and Donald S. Siegel. 2005. "University-Based Technology Initiatives: Quantitative and Qualitative Evidence." *Research Policy* 34 (3): 253–257.
- Lissoni, Francesco. 2010. "Academic Inventors as Brokers." *Research Policy* 39 (7): 843–857.
- Liu, Shimeng. 2015. "Spillovers from Universities: Evidence from the Land-Grant Program." *Journal of Urban Economics* 87: 25–41.
- Maietta, Ornella Wanda. 2015. "Determinants of University-Firm R&D Collaboration and Its Impact on Innovation: A Perspective from a Low-Tech Industry." *Research Policy* 44 (7): 1341–1359.
- Mansfield, Edwin. 1991. "Academic research and industrial innovation." *Research Policy* 20 (1): 1–12.
- Mansfield, Edwin. 1995. "Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing." *Review of Economics and Statistics* 77 (1): 55–65.
- Mansfield, Edwin, and Jeong-Yeon Lee. 1996. "The modern university: contribution to industrial innovation and recipient of industrial R&D support." *Research Policy* 25 (7): 1047–1058.
- Meyer-Krahmer, Frieder, and Ulrich Schmoch. 1998. "Science-based technologies: university–industry interactions in four fields." *Research Policy* 27: 835–851.

- Monjon, Stéphanie, and Patrick Waelbroeck. 2003. "Assessing Spillovers from Universities to Firms: Evidence from French Firm-Level Data." *International Journal of Industrial Organization* 21 (9): 1255–1270.
- Mowery, David C., and Arvids A. Ziedonis. 2015. "Markets versus Spillovers in Outflows of University Research." *Research Policy* 44 (1): 50–66.
- Muscio, Alessandro, Davide Quaglione, and Laura Ramaciotti. 2016. "The Effects of University Rules on Spinoff Creation: The Case of Academia in Italy." *Research Policy* 45 (7): 1386–1396.
- Nilsen, Vetle, and Giovanni Anelli. 2016. "Knowledge Transfer at CERN." *Technological Forecasting and Social Change* 112: 113–120.
- Nor Aziati, A. H., A. Nor Hazana, and Tee Yee Ping. 2014. "Knowledge Transfer of University-Industry Partnership in Malaysian Technical University: Preliminary Findings." *ISTMET 2014 - 1st International Symposium on Technology Management and Emerging Technologies, Proceedings*, no. Istmet: 205–211.
- Paunov, Caroline, Sandra Planes-Satorra, and Tadanori Moriguchi. 2017. "What Role for Social Sciences in Innovation? Re-Assessing How Scientific Disciplines Contribute To Different Industries." *OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers*, No. 45: 58.
- Perkmann, Markus, and Kathryn Walsh. 2007. "University–industry relationships and open innovation: Towards a research agenda," *International Journal of Management Reviews* 9 (4): 259–280.
- Perkmann, Markus, and Kathryn Walsh. 2008. "Engaging the scholar: three types of academic consulting and their impact on universities and industry," *Research Policy* 37 (10): 1884–1891.
- Perkmann, Markus, Zella King, and Stephen Pavelin. 2011. "Engaging Excellence? Effects of Faculty Quality on University Engagement with Industry." *Research Policy* 40 (4): 539–552.
- Perkmann, Markus, Valentina Tartari, Maureen McKelvey, Erkkko Autio, Anders Broström, Pablo D'Este, Riccardo Fini, et al. 2013. "Academic Engagement and Commercialisation: A Review of the Literature on University-Industry Relations." *Research Policy* 42 (2): 423–442.
- Petruzzelli, Antonio Messeni. 2011. "The Impact of Technological Relatedness, Prior Ties, and Geographical Distance on University-Industry Collaborations: A Joint-Patent Analysis." *Technovation* 31 (7): 309–319.
- Polt, Wolfgang, Helmut Gassler, Andreas Schibany, Christian Rammer, and Doris Schartinger. 2001. "Benchmarking industry—science relations: the role of framework conditions." *Science and Public Policy* 28 (4): 247–258.
- Rosell, Carlos, and Ajay Agrawal. 2009. "Have University Knowledge Flows Narrowed?. Evidence from Patent Data." *Research Policy* 38 (1): 1–13.
- Rosenberg, Nathan, and Richard R. Nelson. 1994. "American universities and technical advance in industry." *Research Policy* 23 (3): 323–348.

- Rossi, Federica, and Ainurul Rosli. 2014. "Indicators of University–Industry Knowledge Transfer Performance and Their Implications for Universities: Evidence from the United Kingdom." *Studies in Higher Education* 40 (10): 1970–1991.
- Scandura, Alessandra. 2016. "University–Industry Collaboration and Firms' R&D Effort." *Research Policy* 45 (9): 1907–1922.
- Schartinger, Doris, Christian Rammer, Manfred M. Fischer, and Josef Fröhlich. 2002. "Knowledge Interactions between Universities and Industry in Austria: Sectoral Patterns and Determinants." *Research Policy* 31 (3): 303–328.
- Schartinger, Doris, Andreas Schibany, and Helmut Gassler. 2001. "Interactive Relations between Universities and Firms: Empirical Evidence for Austria." *Journal of Technology Transfer* 26 (3): 255–268.
- Schmoch, Ulrich. 1999. "Interaction of universities and industrial enterprises in Germany and the United States—a comparison." *Industry and Innovation* 6 (1): 51–68.
- Schmoch, Ulrich. 2003. *Hochschulforschung und Industrieforschung. Perspektiven der Interaktion*. Campus, Frankfurt.
- Schmoch, Ulrich, Georg Licht, and Michael Reinhard (eds.). 2000. *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*. IRB Verlag, Stuttgart.
- Secundo, Giustina, Christle De Beer, and Giuseppina Passiante. 2016. "Measuring University Technology Transfer Efficiency: A Maturity Level Approach." *Measuring Business Excellence* 20 (3): 42–54.
- Siegel, Donald S., Paul Westhead, and Mike Wright. 2003. "Assessing the impact of university science parks on research productivity: exploratory firm-level evidence from the United Kingdom." *International Journal of Industrial Organization* 21(9): 1357–1369.
- Stephan, Paula. 1996. "The Economics of Science." *Journal of Economic Literature* 34 (3): 1199–1235.
- Tartari, Valentina, Markus Perkmann, and Ammon Salter. 2012. "In Good Company: The Influence of Peers on Industry Engagement by Academic Scientists." *Academy of Management 2012 Annual Meeting, AOM 2012* 43 (7): 675–680.
- Toole, Andrew A. 2012. "The Impact of Public Basic Research on Industrial Innovation: Evidence from the Pharmaceutical Industry." *Research Policy* 41 (1): 1–12.
- Vinig, Tsvi, and David Lips. 2015. "Measuring the Performance of University Technology Transfer Using Meta Data Approach: The Case of Dutch Universities." *Journal of Technology Transfer* 40 (6): 1034–1049.
- Wissenschaftsrat. 2007. *Empfehlungen zur Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft*. Drs. 7865-07. Oldenburg, Wissenschaftsrat.
- Wright, Mike, Bart Clarysse, Andy Lockett, and Mirjam Knockaert. 2008. "Mid-Range Universities' Linkages with Industry: Knowledge Types and the Role of Intermediaries." *Research Policy* 37 (8): 1205–1323.

- Youtie, Jan, and Philip Shapira. 2008. "Building an Innovation Hub: A Case Study of the Transformation of University Roles in Regional Technological and Economic Development." *Research Policy* 37 (8): 1188–1204.
- Yusuf, Shahid. 2008. "Intermediating Knowledge Exchange between Universities and Businesses." *Research Policy* 37 (8): 1167–1174.