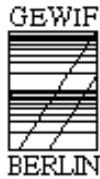

**Wissenschaft und Innovation:
Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2014**

Herausgegeben von
Jörg Krüger, Heinrich Parthey und Rüdiger Wink

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Jörg Krüger
Heinrich Parthey
Rüdiger Wink (Hrsg.)

**Wissenschaft
und Innovation**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2014

Mit Beiträgen von:

*Gerhard Banse • Michael Hüther
Jörg Krüger • Jens Lambrecht
Heinrich Parthey • Mechthild Schrooten
Rüdiger Wink*

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch **2014**

Bibliographische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-86573-841-7

© 2015 Wissenschaftlicher Verlag Berlin
Olaf Gaudig & Peter Veit GbR
www.wvberlin.de
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung, auch einzelner Teile, ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Dies gilt insbesondere für fotomechanische Vervielfältigung, sowie Übernahme und Verarbeitung in EDV-Systemen.

Druck und Bindung: Schaltungsdienst Lange o.H.G.,
Berlin

Printed in Germany
€ 22,00

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	7
JÖRG KRÜGER & JENS LAMBRECHT	
<i>Industrie 4.0 „Chancen der vierten industriellen Revolution“</i>	9
MICHAEL HÜTHER	
<i>„Defizite in der Spitzentechnologie?“ Ein Evergreen ohne Wirkung?</i>	31
HEINRICH PARTHEY	
<i>Finanzierbarkeit der Wissenschaft durch Innovation in der Wirtschaft</i>	43
RÜDIGER WINK	
<i>Regionale wirtschaftliche Resilienz und die Finanzierung von Innovationen</i>	57
MECHTHILD SCHROOTEN	
<i>Innovationsfinanzierung über den Finanzmarkt - Deutschland im Wandel</i>	73
GERHARD BANSE	
<i>Neuere innovationstheoretische Ansätze</i>	87
<i>Autoren</i>	111
<i>Bibliographie Roland Wagner-Döbler. Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages</i>	113
<i>Publikationen der Mitglieder im Jahre 2013</i>	125
<i>Namensregister</i>	139
<i>Sachregister</i>	143

Vorwort

Anfänge einer neuen industriellen Entwicklung gehen von dem Modell sogenannter cyber-physischer Systeme aus, in denen Technologien des Internets (cyber) mit physischen Produktionsanlagen verbunden werden. Ziel ist eine maßgebliche Steigerung von Effizienz und Flexibilität der Produktion, vor allem eine Senkung der Preise von Produkten. In dem Maße wie neue Technik vor allem auf dem Weltmarkt nachgefragt ist, „wird doch der Erfinder ... einen so größeren Teil der erforderlich gewesen Ausgaben schon gedeckt haben, daß er eine viel größere Reduktion im Preis seines Produktes vornehmen kann.“¹

Das wird auch im 21. Jahrhundert so bleiben. Neuerdings ist aber mit einem Finanzsystem zu rechnen, für deren Entwicklung nicht unbedingt die finanzielle Unterstützung technischer Innovationen im Vordergrund steht, was die Diskussion um die Fähigkeit von Regionen und Ländern befördert hat, für ihre Wirtschaft exogene Schocks erfolgreich zu verarbeiten. Der entsprechende - anfangs nur naturwissenschaftlich verwendete - Begriff „Resilienz“ erfaßt mit „wirtschaftliche Resilienz“ die Verletzlichkeit und Anpassungsfähigkeit eines wirtschaftlichen Systems. Dabei handelt es sich um die Fähigkeit der Wirtschaft auch mit finanziellen Neuheiten umzugehen und gestattet Arten der Finanzierung von Innovationen zu unterscheiden und ihre Auswirkung auf die wirtschaftliche Resilienz zu untersuchen.

Die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung hat sich diesen Fragestellungen angenommen und sie im Rahmen ihrer Jahrestagung im Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin am 28. März 2014 unter dem Thema „Wissenschaft und Innovation“ analysiert und diskutiert. Dabei ist es gelungen, theoretische Überlegungen mit historischen und aktuellen Fakten zu verbinden. Die Ergebnisse dieser Tagung werden in diesem Jahrbuch der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung dem interessierten Leser vorgestellt.

Berlin und Leipzig, im November 2014
Jörg Krüger Heinrich Parthey Rüdiger Wink

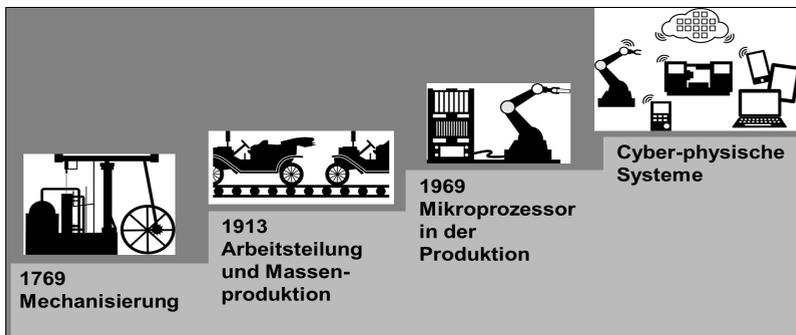
1 Babbage, Ch., Die Ökonomie der Maschine. Erw. u. red. Fassung auf der Grundlage der Übersetzung von G. Friedenberg aus dem Jahr 1833. Berlin: Kulturverlag Kadmos 1999, S. 266.

Industrie 4.0

„Chancen der vierten industriellen Revolution“

Unter dem Begriff „Industrie 4.0“ wird im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung in Deutschland aktuell die vierte industrielle Revolution proklamiert. In der Vergangenheit trugen die Mechanisierung im 18. Jahrhundert, die Arbeitsteilung und Massenproduktion zu Beginn des 20. Jahrhunderts und die Integration von Mikroprozessoren in der Produktion zum Ende der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts zu tiefgreifenden Veränderungen der Arbeitswelt bis hin zu einer Umgestaltung der sozialen Verhältnisse bei. Diese Entwicklung wird in Abbildung 1 veranschaulicht. Im Zentrum von Industrie 4.0 stehen die sogenannten „Cyber-physischen Systeme“. Hinter diesem Begriff verbergen sich im Rahmen von Industrie 4.0 eingebettete Systeme, welche selbstständig über das Internet miteinander kommunizieren. Die adressierten Technologien sind teilweise bereits seit Jahren Gegenstand von intensiven Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen und haben stellenweise bereits ihren Weg in die industrielle Praxis in den Bereichen der Produktion und Logistik gefunden. Ob in Industrie 4.0 tatsächlich ein Potential zur tiefgreifenden und dauerhaften Umgestaltung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse in Deutschland steckt oder ob sich hinter dem Begriff lediglich ein gezieltes Kommunikationsinstrument zur Beschleunigung des Forschungstransfers vorhandener Technologien verbirgt, soll Gegenstand des vorliegenden Beitrags sein. Dazu wird zunächst die Forschungsagenda näher vorgestellt. Darauf aufbauend erfolgt eine Auseinandersetzung mit den Begriffen der Cyber-physischen Systeme sowie der Smart Factory. Anschließend werden Anwenderpotentiale neuartiger Entwicklungen zu biologisch inspirierter Selbstorganisation in der Produktion sowie zur Cloud-basierten industriellen Steuerung vorgestellt. In einem weiteren Schritt wird ein Vergleich zwischen Industrie 4.0 und Computer Integrated Manufacturing unter Einbezug der jeweiligen gesellschaftlich-technischen Voraussetzungen sowie der öffentlichen Förderprogramme in der Bundesrepublik Deutschland gezogen. Die Formulierung eines Fazits fasst die wichtigsten Erkenntnisse zum Abschluss kurz zusammen.

Abbildung 1: *Industrielle Revolutionen bis hin zu den vernetzten Cyber-physischen Systemen der Industrie 4.0*



Forschungsagenda und Förderrahmen

Mit dem Zukunftsprojekt Industrie 4.0 in der Hightech-Strategie 2020 formuliert die Bundesregierung das Ziel, dass Deutschland als Anbieter und Anwender neuer und zukunftsweisender internetbasierter Technologien für die industrielle Produktion zum internationalen Vorreiter wird. Das zentrale Dokument zur Industrie 4.0 „Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems“¹ aus dem Jahr 2012 entstammt dem Industriearbeitskreis des Projektes agendaCPS unter Beteiligung unter anderen der Firma Bosch und der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech). Dieses Dokument bildete auch die Grundlage für die erste Förderperiode. Im April 2013 wurden passend zur zweiten großen Förderperiode des Bundesministerium für Bildung und Forschung Umsetzungsempfehlungen für Industrie 4.0 durch einen Arbeitskreis vorgelegt². Parallel zu den Förderprojekten wurden unter anderen durch den VDI/VDE zahlreiche regionale Industriearbeitskreise, beispielsweise zur IT-Sicherheit in der Industrie 4.0, initiiert.

Aufbauend auf einer Forderung der Handlungsempfehlungen des zentralen Arbeitskreises zu Industrie 4.0 gründeten die Wirtschaftsverbände VDI, BIT-

- 1 Geisberger, E. / Broy M. (Hrsg.), agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda CyberPhysical Systems, Serie acatech Studie. Berlin: Springer, 2012.
- 2 Kagermann, H. / Wahlster, W. / Helbig, J. (Hrsg.), Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Berlin: Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V, 2012.

KOM und ZVEI unter Beteiligung eines breiten Unternehmenskonsortiums Ende 2012 die „Plattform Industrie 4.0“. Diese strebt die Fortführung und Weiterentwicklung der Industrie 4.0 an und gab am 05.07.2013 erstmals eine zentrale Definition des Begriffs Industrie 4.0 vor³.

Insgesamt wird für den gesamten Förderrahmen Industrie 4.0 von 2012 bis 2015 eine Fördersumme von bis zu 200 Millionen Euro bereitgestellt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert in einer speziellen Förderlinie „Forschung für die Produktion von morgen“ verschiedene Verbundprojekte zwischen den Jahren 2012 und 2016. Im Rahmen des Hauptprogramms „Intelligente Vernetzung in der Produktion - Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ werden über verschiedene Ausschreibungsphasen hinweg aktuell insgesamt 22 Projekte gefördert. Die Projektkonsortien setzen sich in der Regel aus verschiedenen akademischen Partnern, Instituten etablierter Forschungsinstitutionen wie Fraunhofer Gesellschaft, DLR, Max-Planck-Gesellschaft oder DFKI sowie Firmenpartnern mit Fokus auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zusammen. Neben dem Hauptprogramm erfolgten im Rahmen des bereits 2011 initiierten Förderprogramms „IKT 2020 Forschung und Innovation“ die Ausschreibung „Virtuelle Techniken für die Fabrik der Zukunft - Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ (Ausschreibungsende Juni 2013) sowie „Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie“ mit Ausschreibungsende im Januar 2014. Neben dem breiten Programm des Bundesministerium für Bildung und Forschung erfolgt eine Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft im Rahmen des Programms „Autonomik für Industrie 4.0“. Dieses beinhaltet insgesamt 17 Verbundprojekte mit einer Laufzeit von 2013 bis 2016. Anfang 2014 erschien zudem eine Ausschreibung zur IT-Sicherheit für Industrie 4.0. Weitere Ausschreibungen von Bundesministerium für Wirtschaft und Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen von Industrie 4.0 sind zu erwarten.

Im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 wird zudem das lokale Spitzencluster „Intelligente technische Systeme OstwestfalenLippe (its OWL)“ seit Januar 2012 über fünf Jahre mit insgesamt 100 Millionen Euro und 45 Einzelprojekten über das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Das Spitzencluster wird dem Rahmen von Industrie 4.0 zugeordnet. Weiterführend widmet sich das Projekt des Bundesministerium für Bildung und Forschung RES-COM der ressourcenschonenden Produktion durch Technologien der Industrie 4.0.

Neben den nationalen Förderprogrammen bestehen aktuell verstärkte Bestrebungen einzelner Bundesländer zur Unterstützung der lokalen Umsetzung von

3 <http://www.plattform-i40.de/blog/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist> - 11.04.2014.

Technologien der Industrie 4.0. Beispielsweise werden aktuell in der Machbarkeitsstudie „Moderne Industrie/Industrie 4.0 in Brandenburg“ Handlungsempfehlungen für die Lokalpolitik erstellt. Diese Maßnahmen sollen auf Basis einer Ausgangsanalyse zur Entwicklung einer maßgeschneiderten Umsetzungsstrategie und zur Erstellung lokaler Förderprogramme, beispielsweise finanziert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), dienen.

Cyber-physische Systeme als technologische Grundlage

Cyber-physische Systeme (CPS) bezeichnen einen komplexen Verbund aus Hard- und Software in Verbindung von realer und virtueller Welt. Eine eindeutige Definition, beispielsweise durch eine nationale oder internationale Norm, besteht nicht⁴. Während der Begriff in der deutschen Fachliteratur erst seit der jüngsten Forschungsagenda CPS bekannt ist, wird er in der englischen Fachliteratur bereits seit den 80er Jahren verwendet. Verschiedene Beispiele für eine Begriffsdefinition finden sich in der englischen Fachliteratur, zum Beispiel bei Edward A. Lee⁵. Die Forschungsagenda CPS definiert den Begriff der CPS abweichend folgendermaßen⁶:

„Cyber-Physical Systems sind gekennzeichnet durch eine Verknüpfung von realen (physischen) Objekten und Prozessen mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze.“

Seit 2010 besteht eine jährliche internationale Konferenz zum Thema CPS: „ACM/IEEE International Conference on Cyber-physical Systems“. Die Konferenz ist Teil der sogenannten „CPS-Week“, welche neben der Konferenz mehrere Workshops und Ausstellungen beinhaltet. Die Konferenz geht auf eine Vielzahl von US-amerikanischen Workshops zum Thema CPS zurück, welche bis in das Jahr 2003 zurückreichen.

Im Bereich der Automatisierungstechnik und in der industriellen Informati-onstechnik finden sich derartige Systeme seit Beginn der Rechnerintegration in den 70er Jahren. In Abgrenzung zu den heutzutage vielfältig eingesetzten Embed-

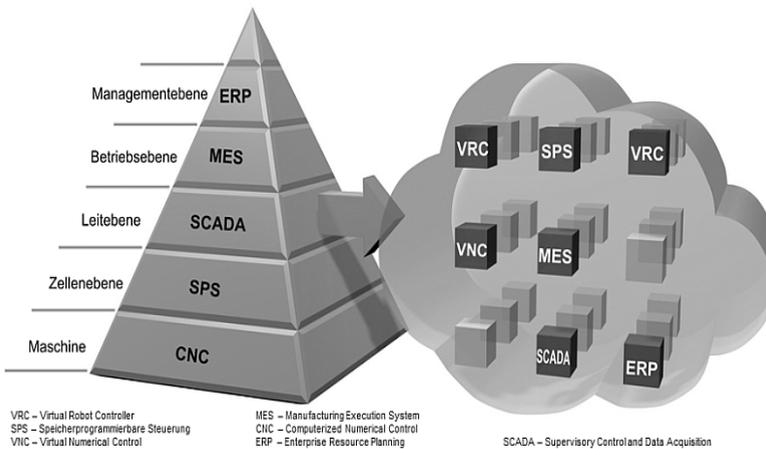
4 VDI/VDE Gesellschaft. Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation: Thesen und Handlungsfelder.(2013) Online verfügbar unter: http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf - 11.04.2014.

5 Lee, E. A. / Seshia, S. A., Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach. Morrisville and NC: LeeSeshia.org, 2011.

6 Geisberger, E. / Broy, M. (Hrsg), agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda CyberPhysical Systems, Serie acatech Studie. Berlin: Springer, 2012.

ded Systems stellt die aktuelle Forschungsagenda CPS nicht mehr den Verbund von Hard- und Software, sondern vielmehr eine Intensivierung lokaler bis globaler Vernetzung derartiger Systeme in den Fokus. CPS umschreiben demgemäß eine Verschmelzung einzelner Komponenten und Module zu einer durchgängigen Systemumgebung. Dabei wird eine autonome Funktion der heterogenen und teils hochkomplexen Einzelemente des Gesamtsystems angestrebt. Im Gegensatz zur hierarchischen Organisation der Automatisierungstechnik wird eine Auflösung der klassischen Kommunikationsstrukturen hin zu einer dezentralen Organisation angestrebt (siehe Abbildung 2). Die dezentrale Ausrichtung ermöglicht einerseits eine Erhöhung der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bis zur Selbstmodifikation. Diese Adaptionsfähigkeit entspricht den steigenden Anforderungen an die Produktionstechnik im globalen Wettbewerb. Andererseits kann eine dezentrale Erfassung und Bereitstellung von entwurfs-, produktions- oder betriebsrelevanten Daten einer Optimierung von Prozessführungen und Prozesssicherheit dienen⁷.

Abbildung 2: *Klassische Automatisierungspyramide (links) und Cloud-basierte Automation (rechts)*



7 VDI/VDE Gesellschaft, Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation: Thesen und Handlungsfelder (2013). Online verfügbar unter: http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf - 11.04.2014.

Durch Vernetzung auf dem Weg zur Smart Factory

Die Smart Factory umschreibt als Begriff die Vision einer intelligenten Fabrik. Konkret wird im Rahmen von Industrie 4.0 eine Anwendung der Cyber-physischen Systeme auf intelligente Komponenten in der Produktion angestrebt. Konkret bedeutet dies, dass Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel Daten miteinander austauschen. Einzelne Komponenten lassen sich nach dem Prinzip „Plug and Play“ aufgabenbezogen flexibel miteinander kombinieren. Auch das zu fertigende Produkt wird intelligent, indem jedes Produkt eindeutig identifizierbar und jederzeit lokalisierbar ist.

In diesem Zusammenhang übernehmen sogenannte Smart Grids, beispielsweise in Form von drahtlosen Sensornetzwerken oder der bedarfsgerechten Erzeugung und Verteilung von Energie, eine entscheidende Rolle für die Bereitstellung einer intelligenten Infrastruktur der kommunikativen Vernetzung.

Das smarte Produktionsnetzwerk wird darüber hinaus horizontal mit betriebswirtschaftlichen Prozessen innerhalb der Unternehmen verbunden. Ferner wird eine Erweiterung der Betrachtung auf die Logistik und eine erweiterte vertikale Integration von Zulieferern und Kunden angestrebt. Als Ziel dieses ganzheitlichen Ansatzes werden allgemein eine Erhöhung der Flexibilität, der Produktivität sowie eine Qualitätssteigerung angestrebt. Demnach kann die Smart Factory individuelle Kundenwünsche berücksichtigen; selbst geringe Losgrößen lassen sich rentabel produzieren. Geschäfts- und Engineering-Entscheidungen lassen sich mithilfe von Transparenz und den passenden Daten optimal treffen⁸.

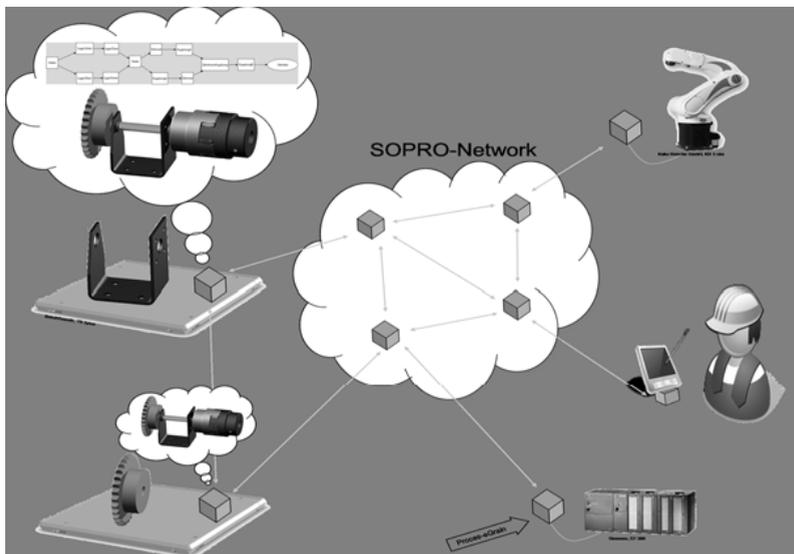
Selbstorganisation und intelligente Produktionsmittel – Biologisch inspirierte Organisation für die Produktion

Das Prinzip der Selbstorganisation ist die Imitation von Organisationsstrukturen, welche im Tierreich, unter anderem bei Ameisenvölkern auftreten. Diese koordinieren ihre Aktivitäten zum räumlichen Erreichen eines Ziels anhand von Geruchsspuren auf bekannten Pfaden. Demnach ist keine zentrale Vorgabe zur Identifikation des kürzesten Weges notwendig. Verschiedene Pfadpunkte können als Knoten angesehen werden, sodass mögliche Pfade parallele Verbindungslinien darstellen.

8 Kagermann, H. / Wahlster, W. / Helbig, J. (Hrsg.), Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Berlin: Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V, 2012.

Abstrahiert man diese Problemstellung der Zielfindung auf die industrielle Steuerungstechnik, ergeben sich mögliche Pfade zum Ziel, zum Beispiel durch eine Kombination von verschiedenen Komponenten oder Fertigungsschritten⁹. Demnach steht die Selbstorganisation allgemein für eine dezentrale Steuerung von Prozessen. Diese ist in der Lage, ohne zentrale Steuerungen Anpassungen an geänderte Umgebungsbedingungen vorzunehmen. Die Vermeidung von langen Kommunikationswegen, welche ggf. in hoher Rechenzeit resultieren, wird durch dieses Organisationsprinzip vermieden. Dabei kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass global ein „kürzester Weg“ identifiziert wird. Der Hauptvorteil dieser Organisationsstruktur liegt in der schnellen Reaktionszeit des Gesamtsystems auf Veränderungen sowie in der Flexibilität und Austauschbarkeit einzelner Elemente. Ein intelligentes Verhalten resultiert erst aus dem Zusammenwirken von Einzelkomponenten. Abbildung 3 veranschaulicht die Vision des wissenschaftlichen Vorprojektes SOPRO zur Produktion mit verteilter Intelligenz zur dezentralen, kooperativen Steuerung und Organisation von Produktionsmitteln.

Abbildung 3: *Produktion mit verteilter Intelligenz – dezentrale Intelligenz - kooperative Steuerung und Organisation*



9 Chemnitz, M. / Krüger, J. / Patzlaff, M. / Tuguldur, E.-O., SOPRO - Advancements in the self-organising production, – In: Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference on, 2010, S. 1–4.

Zur Steuerung von Netzwerken, bestehend aus einzelnen Teilnehmern, die autark Entscheidungen treffen und gegebenenfalls miteinander kooperieren, werden sogenannte „Multi-Agenten-Systeme“ eingesetzt. Diese vermögen, Probleme durch Interaktion zu lösen. Somit kann eine Problemlösung durch selbständigen Austausch von Informationen der betroffenen Agenten erfolgen. Zu diesem Zweck ist ein internes Modell der Welt, bestehend aus Arbeitsplänen und Prioritäten sowie Zielen und Regeln zur Steuerung von Verhalten anzulegen. Ein klassisches Einsatzgebiet dieser Software-Systeme ist der Roboter-Fußball, bei dem die einzelnen Spieler bzw. Agenten auf Umgebungseinflüsse reagieren und kooperativ ein Mannschaftsziel erreichen. Für Multi-Agenten-Systeme in der Produktion können die einzelnen Agenten folgendermaßen charakterisiert werden¹⁰:

- autonom (Unabhängigkeit von Benutzerzugriffen),
- kommunikativ bzw. sozial (kommuniziert mit anderen Agenten),
- reaktiv (reagiert auf Änderungen der Umgebung) und
- adaptiv (ändert seine Parameter aufgrund von Zustandsbedingungen).

In der künstlichen Intelligenz bestehen für Multi-Agenten-Systeme weiterführende Eigenschaften hinsichtlich Kognition, d. h. Wahrnehmung und Lernfähigkeit sowie dem Treffen von Entscheidungen aus eigener Initiative. Die Eigenschaften werden in der Produktion aufgrund der schwer abzuschätzenden Auswirkungen, speziell beim explorativen Lernen, aktuell zumeist noch ausgespart.

In der Produktionsumgebung übernehmen Produktionsmittel die Rolle von Agenten. Aus Sicht eines Werkstücks im Produktionsablauf verhandelt dies gemäß seinem Arbeitsplan mit potentiellen Arbeitsplätzen über seine Bearbeitung bzw. sucht ein Transportmittel, um zur nächsten Bearbeitungsstation zu gelangen. Diese Form der direkten Kommunikation erfolgt über lokale Ad-hoc Verbindungen. Die Auswahl von Arbeitsplatz bzw. Transportmittel wird dabei gemäß Umweltmodell, Zielen und Regeln mithilfe von Marktmechanismen unter Betrachtung von Angebot und Nachfrage bestimmt¹¹. Der genaue Ablauf der Verhandlungen soll möglichst optimal hinsichtlich der übergeordneten Ziele erfolgen. Zu diesem Zweck werden zumeist Methoden der multikriteriellen Optimierung und der künstlichen Intelligenz eingesetzt. Die Anpassung und Evaluation derartiger Methoden auf den Bereich der Produktionstechnik ist momentan noch Gegenstand intensiver Forschungsaktivitäten. Der Mensch kann in diesem

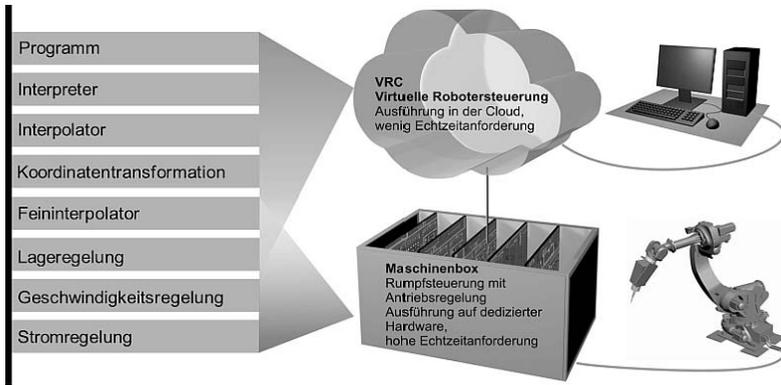
10 Uhlmann, E. / Hohwieler, E. / Kraft, M., Selbstorganisierende Produktion: Agenten intelligenter Objekte koordinieren und steuern den Produktionsablauf, – In: *Industriemanagement*, Nr. 29, S. 57–61, 2013.

11 Chemnitz, M. / Krüger, J., Hybride Technologien für die flexible Montage, – In: *ABS Aachen-Berlin-Stuttgart 2009 – Hybride Technologien in der Produktion*. VDI Verlag, 2010, Vol. 675, S. 1–8.

Sinne ebenfalls als Agent betrachtet werden. Zudem lassen sich manuelle Arbeitsplätze mit Sensorik und Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Kommunikation mit anderen Agenten ausstatten. In diesem Sinne können dem Werker Aufgaben zugeteilt werden, und dieser kann selbständig mit weiteren Produktionsmitteln verhandeln und Entscheidungen treffen.

Industrielle Steuerung aus der Cloud: Referenzprojekt pICASSO

Im Folgenden wird beispielhaft für das Programm „Intelligente Vernetzung in der Produktion – Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ des Bundesministerium für Bildung und Forschung das Projekt pICASSO vorgestellt. Das Projekt pICASSO strebt die Bereitstellung von skalierbaren Steuerungsplattformen für Cyber-physische Systeme in der industriellen Produktion an. Auf Basis von Cloud-basierten Steuerungsplattformen soll eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Informationen für verschiedene Cyber-physische Systeme anhand einer einheitlichen Datenbasis erfolgen. Am Beispiel von Industrieroboter- und Werkzeugmaschinensteuerungen soll aufgezeigt werden, dass die bisher monolithisch angelegte Steuerungsarchitektur zu einem großen Teil in die Cloud verlagert werden kann. Hierdurch werden eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Rechenleistung und eine flexible Nutzung von einzelnen Steuerungsfunktionen ermöglicht. Zudem kann für verschiedene Anwendungen ein gemeinsamer Ressourcenpool (Rechenleistung, Speicher, Algorithmen, Daten) angestrebt werden. Durch „Virtualisierung“ der Steuerung wird diese weitestgehend hardwareunabhängig. Vorteile bezüglich der aktuellen Struktur liegen vor allem in einem einfachen Austausch von Komponenten sowie in einer Vereinfachung und Möglichkeit der Standardisierung der komplexen Schnittstellen- und Vernetzungsstruktur im produktionstechnischen Umfeld. Auf dieser Basis wird eine Vereinheitlichung der heterogenen Kommunikationsstruktur von der Feldebene bis zur Fabriksteuerung über das TCP/IP-Protokoll denkbar. Im Rahmen der Projektdurchführung gilt es zu evaluieren, welche Steuerungsfunktionen in Übereinstimmung mit den strengen Anforderungen der Produktionstechnik in Richtung Echtzeitfähigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit ausgelagert werden können und welche Funktionen in einer reduzierten Maschinenbox vor Ort bereitgestellt werden (siehe Abbildung 4). In diesem Zusammenhang ist die Nutzung von Cloud-Strukturen zunächst auf Private-Clouds im firmeninternen Intranet zu beschränken. Auf Basis dieser neuartigen Steuerungsstruktur sollen Mehrwertdienste zur Effizienzsteigerung, beispielsweise in Form von innovativen Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Ein- und Ausgabe, entwickelt werden.

Abbildung 4: *Struktur einer cloud-basierten Industrierobotersteuerung*

Flexible Bereitstellung von Steuerungsfunktionen

Die flexible Bereitstellung von Steuerungsfunktionen entspricht den steigenden Anforderungen einer wandlungsfähigen Produktionsumgebung. Die Hauptvorteile einer Bereitstellung von Steuerungsfunktionen über die Cloud liegen zum einen in einer bedarfsgerechten Skalierung des Leistungsumfanges. Somit kann die konsequente Überdimensionierung der Hardware in bestehenden Systemen vermieden werden. Im Fall neuer Anforderungen lässt sich der Leistungsumfang der Steuerung anpassen, ohne dass ein kostenintensiver Austausch der Steuerungshardware erforderlich wird. Zum anderen wird durch Virtualisierung von Steuerungskomponenten der Platzbedarf für die Steuerung in der Produktionsumgebung massiv verringert. Die strikte Trennung von Hard- und Software ermöglicht eine flexiblere Umgestaltung der Produktionsumgebung sowie eine längere Verfügbarkeit der Steuerungsplattform.

App-Konzept und Mehrwertdienste – Basis für Innovation und neue Märkte

Neben der bedarfsgerechten Bereitstellung von Hardwareleistung ermöglicht die Cloud-Struktur selbiges für das effiziente Aufspielen von Algorithmen (App-Konzept). Darüber hinaus lassen sich Zusatzanwendungen zur Steigerung der Produktivität, zur Unterstützung des Bedieners oder zur Aufnahme von Produktionsdaten einfach über Softwareschnittstellen der Cloud in das Steuerungssystem integrieren.

stem integrieren. Die Steuerungsprovider können somit das Spektrum an angebotenen Softwarefunktionen durch den Distributionskanal der Cloud erweitern und bestimmte Algorithmen dem Kunden mit minimalem Aufwand zuführen.

Die Cloud-Struktur vereinfacht aufbauend auf dem App-Konzept die Anbindung weiterreichender Dienste (Mehrwertdienste) durch die Bereitstellung geeigneter Kommunikationsmechanismen. In diesem Sinne entstehen auf Basis flexibler Schnittstellen neue Märkte für Mehrwertdienste zur Effizienzsteigerung. Mögliche Anwendungsbereiche liegen im Bereich der Produktion unter anderem: in der Anbindung realitätsnaher Simulation, Monitoring- und Wartungsanwendungen, Optimierungsmethoden sowie die Bereitstellung optimierter Mensch-Maschine-Systeme.

Voraussetzung für vereinfachte, sichere Umsetzbarkeit von Zusatzfunktionen in Form von digitalen Dienstleistungen durch die Hersteller von Industrierobotern und Werkzeugmaschinen sowie durch Drittanbieter und Anwender sind die externen Schnittstellen der Cloud-basierten Steuerung. Im Projekt pICASSO sind diesbezüglich angedacht:

- Erweiterung der Private Cloud zur Community-Cloud, so dass in einem gesicherten Rahmen eine Verbindung zu den Steuerungen aufgebaut werden kann, um beispielsweise eine Offline-Roboterprogrammierung über einen externen Service als Mehrwertdienst zu integrieren.
- Bereitstellung von Mehrwertdiensten als App, die für definierte Aufgaben wie beispielsweise eine Inspektion oder Instandhaltungsmaßnahme eine definierte Funktionalität (zum Beispiel Beschreibung eines Inspektionsablaufes) mit Anbindung an die Steuerungsdaten und -funktionen in der Cloud erlaubt.

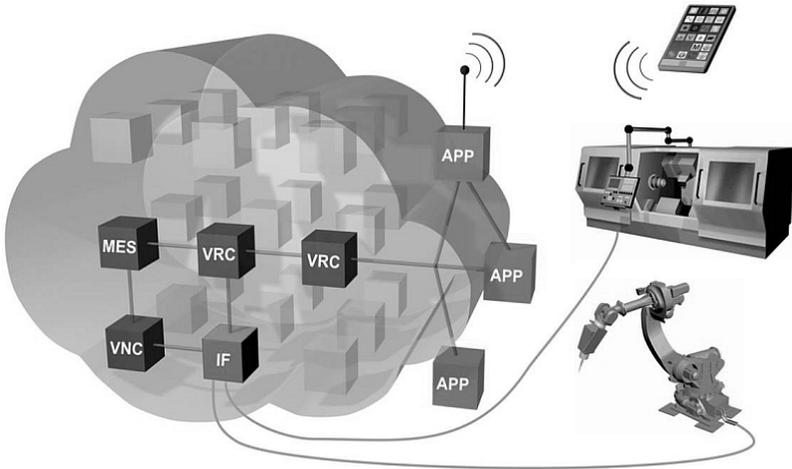
Damit die Mehrwertdienste direkt auf die Cloud-basierte Steuerungsstruktur aufsetzen können, werden im Projekt pICASSO einheitliche Schnittstellen zur mobilen und stationären Nutzung mit adäquatem Umfang definiert, welche als Muster für diesbezügliche Normungen dienen sollen.

Abbildung 5 visualisiert die Anbindung von Mehrwertdiensten in Form von Apps. Im Projekt werden verschiedene Klassen potentieller Mehrwertdienste identifiziert und in Einzelanwendungen prototypisch umgesetzt. Die Schnittstellen werden so gestaltet, dass eine Erfassung von Prozessdaten ermöglicht wird, welche das Potenzial für tiefergehende Analysen zum Beispiel mit Methoden des Data-Mining bieten. Hierdurch werden Potentiale für zukünftige Mehrwertdienste aus dem Bereich Big Data geschaffen, die in Verbindung mit künftigen Enterprise-Resource-Planning Systems (ERP-Systemen) eine Analyse in Echtzeit ermöglichen. Im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstellen werden beispiel-

haft neuartige auf Gesten basierende Programmiermethoden evaluiert, welche eine vereinfachte aufgabenorientierte Programmierung von Robotern zulassen. Hierdurch wird einem breiteren Personenkreis die Programmierung von Industrierobotern ermöglicht.

Für die Hersteller von Werkzeugmaschinen und Industrierobotern, welche potentiell Anbieter der Cloud-Struktur und deren Schnittstellen sind, ergeben sich zunächst Leistungsvorteile gegenüber Konkurrenten. Zudem besteht von Seiten der Hersteller Interesse daran, offene Standards zu schaffen, sodass Drittanbieter auf den eigenen Funktionen aufsetzen, um den Kunden weitere Vorteile in Form von Mehrwertdiensten zur Effizienzsteigerung zu bieten. Entsprechend ist neben einer Durchdringung bestehender Märkte eine Erschließung von Märkten gegeben, in denen eine Anwendung von Werkzeugmaschinen oder Industrierobotern bisher aufgrund fehlender technisch/wirtschaftlicher Lösungen nicht möglich war.

Abbildung 5: *Flexible Anbindung von Mehrwertdiensten (Apps) in die cloud-basierte Steuerungsstruktur*



Die Analogie zum Computer Integrated Manufacturing (CIM)

Der Einzug der Computer in die Produktion im Rahmen der dritten industriellen Revolution stellte die Basis für eine breite Automatisierung der Produktion

dar. Von der Euphorie der neuen Technik getrieben, entstand der gesellschaftliche Traum der menschenleeren Fabrik. Mit der Automatisierung wurde neben einer Steigerung der Produktivität auch die Entbindung des Menschen aus der Produktion angestrebt. Mehr Wohlstand und Freizeit wurden prognostiziert. Ferner galten Roboter und künstliche Intelligenz als Hoffnung für maximal-flexible Systeme, welche es vermögen, dass sich technische Systeme beliebigen Umgebungssituationen ohne Eingriff des Menschen anpassen.

Von der Vollautomatisierung zu humanzentrierter Automatisierung

Zu Beginn der 80er Jahre ging der Trend gestützt vom Voranschreiten der IT-Technologie zur Hochautomatisierung.¹² Einzelne Automobilhersteller erprobten vollautomatisierte Produktionshallen. Mit dem Anstieg des Automatisierungsgrades sank jedoch die Flexibilität des Systems, der Trend zur Vollautomatisierung offenbarte ein kostenträchtiges Overengineering. Die sogenannte „Halle 54“ von Volkswagen stand Anfang der 80er Jahre prototypisch für den Misserfolg der Vollautomatisierung. Es musste festgestellt werden, dass die Vollautomatisierung aufgrund ihrer technischen Komplexität nicht mit der erforderlichen Flexibilität der Produktion im Automobilbau hinsichtlich Variantenvielfalt und Verfügbarkeit vereinbar war. Diese Erkenntnisse setzen sich bis zum heutigen Tage fort, sodass starre Automatisierungslösungen in der akademischen Beurteilung mit folgenden negativen Eigenschaften belegt werden:

- kostenintensiv,
- hohe Anlaufzeiten,
- unflexibel,
- mangelnde Wiederverwendbarkeit.

Andererseits lassen sich durch starre Automatisierungssysteme mit einem hohen Grad der Spezialisierung auf eine bestimmte Aufgabe geringe Taktzeiten erreichen. Dies beschränkt jedoch den wirtschaftlichen Einsatz auf hohe Stückzahlen in der variantenarmen Massenfertigung. Bis heute ist seit Mitte der 90er in westlichen Hochlohnländern durchaus ein Rückgang des Automatisierungsgrades des produzierenden Gewerbes zum Vorteil der Befriedigung des kundengetriebenen Bedarfs festzustellen. Randbedingungen moderner Produktion sind demgemäß zumeist:

12 Lay, G. / Schirrmeister, E. / Wiendahl, H.-P. / Röhrig, M., Zurück zu neuen Ufern. Rücknahme des Automatisierungsniveaus in deutschen Unternehmen, – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : 96 (2001) 7/8, S. 399 –405.

- schwankender Mengenbedarf,
- Variantenvielfalt und breites Produktspektrum,
- hohe Liefertreue sowie
- kürzere Produkt- und Produktionslebenszyklen.

Aus diesen Erkenntnissen folgte in den 90er Jahren die Abkehr vom Paradigma der Vollautomatisierung hin zur „Lean Production“, d.h. der schlanken Produktion im Sinne einer Vermeidung von Verschwendung, Synchronisation von produktionstechnischen Abläufen und zunehmender Kundenorientierung.¹³

Aktuelle Trends gehen zur „humanzentrierten Automatisierung“ bzw. balanced automation, die den Menschen als festen Bestandteil der Produktion versteht und versucht, diesen hinsichtlich seiner sensomotorischen Fähigkeiten und seines Vermögens zur Kognition sowie Abstraktion gezielt zu integrieren und zu unterstützen. In diesem Sinne ist seit mehreren Jahren ein Trend der Automatisierungstechnik zur Erschaffung von Assistenzsystemen festzustellen. Diese erstrecken sich von der Steuerung von Kraftfahrzeugen über die Unterstützung von manuellen Montagetätigkeiten bis hin zur Bedienung von komplexen Maschinen. Ergebnisse sind eine Effizienzsteigerung und die gleichzeitige Begegnung gesellschaftlicher Probleme wie dem Fachkräftemangel und der alternden Gesellschaft.

Das Förderprogramm zu CIM

Im Zuge des Einzugs der Computer in die Produktion kamen in Kombination zum Computer als Steuerungsgerät Softwarelösungen für die Unterstützung der Produktion auf. Die CAx-Systeme stellen heute etablierte Softwarelösungen für die Konstruktion (computer aided design - CAD), Arbeitsplanung (computer aided process planning - CAP) sowie für die Unterstützung der Programmierung von Werkzeugmaschinen und Industrierobotern (computer aided manufacturing -CAM) dar. Das aufkommende Potential dieser Softwarelösungen wurde durch die deutsche Politik relativ spät erkannt. Durch das Programm „Fertigungstechnik“ wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie in den Jahren 1988–1992 ein breites öffentliches Förderprogramm bereitgestellt, indem grundlegend drei Ziele verfolgt wurden¹⁴:

- zukunftsorientierte Strukturverbesserung durch die Einführung von CIM,

13 Klocke, F. / Pritschow, G., Autonome Produktion, Serie Engineering online library. Berlin - Heidelberg: Springer 2003.

14 Cyranek, G., CIM – Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation. Verlag der Fachvereine, 1993.

- Durchführung von Forschung und Entwicklung im Vorfeld der Normung von CIM-Schnittstellen und deren Einbringen in die internationale Normungsarbeit,
- Aufbau und Betrieb eines Netzes von CIM-Technologiezentren, um Fachwissen und Erfahrungen breit und beschleunigt in die industrielle Anwendung zu bringen.

Deutschlandweit entstanden 21 CIM-Technologiezentren an Forschungsinstituten zur Entwicklung und zur Integration von CAX-Systemen im Mittelstand.¹⁵ In Demonstrationszentren sollte es deutschen Anbietern ermöglicht werden, die Vorzüge ihrer Produkte zur Schau zu stellen. Als Anbieter von CAX-Systemen konkurrierten mittelständische Anbieter aus Deutschland mit internationalen Größen wie IBM, HP und DEC. Der Firma Siemens kam eine Sonderstellung zu, da diese in der Lage war, ein breites Spektrum von Hard- und Softwarekomponenten für die Logistik, Automatisierungstechnik und Konstruktion anzubieten. Letztendlich konnten sich jedoch in diesem Bereich amerikanische Hersteller durchsetzen, die über langjährige Erfahrungen und vorhandene Technologien im Hard- und Softwarebereich verfügten. Dementsprechend waren diese Anbieter in der Lage, zu ihren CAX-Systemen maßgeschneiderte Hardwarelösungen, beispielsweise in Form von Workstations, anzubieten.

Gründe für das scheinbar wirkungslose Verpuffen des Förderprogramms werden in der mangelnden Leistungsfähigkeit deutscher CAX-Systeme und im Fehlen von durchgängigen Lösungen für die Integration gesehen. Diese Defizite suchen ihre Gründe in einer unzureichenden Verständigung zwischen Politik, Industrieunternehmen und Forschung.¹⁶ Die Etablierung deutscher Hersteller war politisch gewollt. Dabei wurde nicht beachtet, dass durch eine temporäre Förderung von Unternehmen, welche quasi bei „Null“ anfangen, nicht automatisch international konkurrenzfähige Unternehmen entstehen. Folglich waren die deutschen Produkte nicht konkurrenzfähig. Als Konsequenz existiert heutzutage mit Siemens NX die einzige deutsche CAD/CAM-Software mit nennenswerter Verbreitung. Bei dieser Software handelt es sich um einen im Jahr 2007 getätigten Zukauf der amerikanischen Software-Firma UGS Corporation.

15 Scheer, A.-W.. Industrie 4.0 = CIM reloaded? Hoffentlich nicht! Online verfügbar unter: <http://www.august-wilhelm-scheer.com/2013/03/11/industrie-4-0-cim-reloaded-hoffentlich-nicht/> - 11.04.2014.

16 Scheer, A.-W., Industrie 4.0: Alter Wein in neuen Schläuchen? Online verfügbar unter: <http://www.august-wilhelm-scheer.com/2012/02/08/industrie-4-0-alter-wein-in-neuen-schlauchen/> - 11.04.2014.

Die Bestrebungen zur Normung von Softwareschnittstellen im CAx-Bereich können nahezu komplett als gescheitert angesehen werden. Zwar wurden nationale und internationale Normen durch breite Gremien von Forschungsinstituten und industriellen Anwendern im Rahmen von CIM geschaffen, doch fanden diese keinerlei industrielle Verbreitung. Viele Normen wurden mittlerweile zurückgezogen. Vor allem die großen amerikanischen Hersteller waren an den Prozessen der Normung nicht beteiligt und aus produktpolitischen Gründen nicht an einer Normung interessiert. Der Anwender von modernen CAM- und CAD-Systemen muss noch heute zwischen einer großen Anzahl verschiedener Datenformate wählen, welche untereinander nur bedingt kompatibel sind und sich ohne Informationsverlust nicht umwandeln lassen.

Letztendlich kann festgestellt werden, dass sich die CIM-Technologien durchgesetzt haben und beispielsweise in Form von CAD-Systemen auch die Arbeit von deutschen Firmen im produktionstechnischen Umfeld erheblich effizienter und effektiver gestalten. Allerdings ist durch die unzureichende Standardisierung großes Potential für erweiternde Innovationen im Bereich der Software und Effizienzvorteilen auf Seiten der Anwender ungenutzt geblieben. Drittanbietern wurde der Zugang zu Daten der etablierten Systeme erschwert oder unmöglich gemacht. Ein Zusammenwachsen und eine Weiterentwicklung von Technologien wurden gegen das Interesse der Anwender durch die großen Hersteller verhindert.

(Un-)Gleichheit der Voraussetzungen

Die Frage, ob sich diese Fehlentwicklungen in Industrie 4.0 wiederholen, führt zunächst zu der Frage, ob sich die grundlegende Einstellung der Hersteller hinsichtlich vereinheitlichter Softwareschnittstellen geändert hat. Da gerade der Maschinenbau und die Produktionstechnik in interdisziplinären Fachkreisen als eher konservativ gelten, kann nicht unbedingt davon ausgegangen werden, dass die Hersteller freiwillig auf ihre proprietären Lösungen verzichten werden. Andererseits erfolgt im Rahmen von Industrie 4.0 eine zunehmende Verknüpfung von klassischem Maschinenbau und industrieller IT sowie der Kultur des Internets. Das Internet und die IT-Branche haben in den letzten Jahren einige Beispiele für positive Entwicklungen gezeigt, die das Potential tragen, die gesellschaftlich-technische Wertvorstellung auch im Hinblick auf industrielle Anwendungen zu verändern, bspw. Open-Source-Software, CrowdFunding, Open Innovation und die „Maker-Szene mit 3D-Druck.

Konkreter Druck auf die Hersteller kann nur durch „mutige“ Konkurrenten oder Neugründungen erfolgen. Der Mehrwert für die Kunden liegt auf der

Hand, sodass zu erwarten ist, dass sich ein Sogeffekt ergibt und die Konkurrenten als „Follower“ mitziehen müssen. In der industriellen Kommunikationstechnik gibt es seit einigen Jahren einen Trend zur Nutzung offener Standards. Als Beispiel dienen CANopen, welches im Rahmen eines öffentlichen Förderprojektes durch deutsche Mittelständler entwickelt wurde, und OPC UA. Gerade OPC UA kommt auf Basis seiner vereinheitlichten Struktur, der Übertragbarkeit auf beliebige Betriebssysteme sowie der Fähigkeit, Geräte und Maschinen von verschiedenen Herstellern treiberunabhängig zu vernetzen, eine Vorreiterrolle im Rahmen von Industrie 4.0 zu. Zudem ist dieses Protokoll mittlerweile für nicht-echtzeitkritische Kommunikation unter Komponenten verschiedener Hersteller ein Quasi-Standard in der Industrie.

Weiterführend ist in Industrie 4.0 im Vergleich zu CIM die heterogene Struktur der Förderprojekte positiv zu erachten. Gemeinsam mit der akademischen und angewandten Forschung sind sowohl Anwender als auch Hersteller aus der Produktionstechnik beteiligt.

Aktuelle Entwicklungen

Nach verhaltenem Anlauf und anfänglichem Desinteresse des produzierenden Gewerbes¹⁷ nach Ausruf der vierten industriellen Revolution im Herbst 2012 ist Industrie 4.0 zurzeit in aller Munde. Aktuell besteht der Eindruck eines breiten Aktionismus hinsichtlich Industrie 4.0. Industrie 4.0 war 2014 zum wiederholten Mal Leitthema der weltweit wichtigsten Industriemesse Hannover-Messe sowie der Informationstechnik-Messe CeBIT. Zudem ist das Thema omnipräsent auf Fachmessen der Automatisierungstechnik und Mechatronik wie etwa der Automatica. Annähernd jede Firma, welche in der industriellen IKT zu verorten ist, sieht sich als originären Wegbereiter von Industrie 4.0, sodass mitunter von einem gewissen „Hype“ gesprochen werden kann. Industrie 4.0 ist mittlerweile in allen bedeutenden Medien und Industriekreisen akzeptiert.^{18 19 20} Die

17 Spinnarke, S., Kein Interesse an Automation. 2023. Online verfügbar unter: <http://www.produktion.de/automatisierung/kein-interesse-an-automation/> - 11.04.2014.

18 BITKOM. (2014) Presse information -Industrie 4.0 hat deutlich an Fahrt aufgenommen. Online verfügbar unter:http://www.bitkom.org/files/documentnts/BITKOM_Presseinfo_4.0_11_03_2014.pdf 11.04.2014

19 Hartbrich, I., Industrie 4.0 - In der zukunftsfabrik. - In: DIE ZEIT. Nr. 05/2011 - 11.04.2014.

20 Schreier, J., Industrie 4.0 kommt immer mehr in Schwung. (2014). Online verfügbar unter: http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/automatisierung/fertigungsautomatisierung_prozessautomatisierung/articles/437603/ -11.04.2014.

Potentiale für die deutsche Wirtschaft gelten als unumstritten, jedoch wird der deutschen Industrie Nachholbedarf in der IT-Infrastruktur sowie allgemein in der Bereitschaft zur Digitalisierung angemahnt.²¹ Zudem wird die mangelnde Rolle der deutschen Industrie im Bereich der Embedded Systems als sehr kritisch angesehen. Zur nachhaltigen Etablierung von Industrie 4.0 über den aktuellen Hype hinaus fehlen derzeit plakative Anwendungen mit konkretem Wertschöpfungscharakter. Vielen Anwendern und potentiellen Dienstleistern fehlt es aufgrund unzureichender Softwarelösungen und unklarer Standards ;gn einem durchgängigen Geschäftsmodell für industrielle Anwendungen Cyber-physischer Systeme und des Internets der Dinge.²² Unterstützt wird der allgemein euphorische Trend durch teilweise unreflektierte Berichterstattungen in populärwissenschaftlichen Publikationen sowie in der Tagespresse, in denen teilweise pauschal Effizienzsteigerungen von 30-50 Prozent prognostiziert werden. Unterdessen entstehen kontinuierlich neue Fachausschüsse, Industrieforen, Arbeitskreise sowie Kolloquien von Branchen- und Berufsverbänden wie BITKÖM, VDI/VDE, VDMA und SIBB. Positiv zu betrachten sind Industriegremien, welche die IT Sicherheit und die Standardisierung adressieren. Auch namhafte Zeitungsverlage beteiligen sich und veranstalten fachbezogene Konferenzen, beispielsweise zur sicheren Industriegesellschaft, oder liefern Sonderthemen in speziellen Beilagen.

Derweil diskutierten Gewerkschaften und zugehörige Stiftungen intensiv über die Rolle des Menschen in der Arbeitswelt der Industrie 4.0 und sehen durchaus Potential zur Verbesserung der Arbeits- und Beschäftigungsbedingungen in der Selbstorganisation, sehen jedoch zur Umsetzung noch große Defizite in der Qualifizierung der Arbeitnehmer.²³ Die positive Grundeinstellung der Arbeitnehmervertretung resultiert auch aus einer intensiven Beteiligung der Gewerkschaften an der offiziellen Gestaltung von Industrie 4.0. So wirkte der Deutsche Gewerkschaftsbund maßgeblich an der Gestaltung der Umsetzungsempfehlungen mit.²⁴

21 Koenen., J., Industrie 4.0 - Streit über das Tempo der Digitalisierung. 2014. Verfügbar unter: Online <http://www.handelsblatt.com/technologie/it-tk/cebit2014/industrie-4.0.streit-ueber-das-tempo-der-digitalisierung/9604448.html> - 11.04.2014.

22 Keller K. C. / Weber, R., Industrie 4.0 - was bleibt, wenn der Kampfschreiberhahl ist? 2014. Online verfügbar unter: <http://maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/manaageementundit/articles/435210index2.html>unter: 11.04.2014.

23 Hans-Böckler-Stiftung. Industrie 4.0 - Arbeit in der Cloud. 2013. Online verfügbar unter <http://media-boeckler.de/Site/A/online-archiv/12706> - 11.04.2014.

24 Kagermann, H. / Wahlster, W. / Helbig, J. (Hrsg.), Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Berlin: Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V, 2012.

Aus Sicht des Marketings ist der Begriff Industrie 4.0 geschickt gewählt, da durch die Begrifflichkeit gleichermaßen eine moderne Nutzung des Internets wie eine industrielle Revolution mit deutscher Prägung formuliert wird. Das internationale Presseecho auf „Industry 4.0“ ist noch sehr verhalten, obwohl eine internationale Prägung des Begriffs angestrebt wird. Alle Kern-Dokumente zu Industrie 4.0 sind auch in einer englischen Version frei im Netz verfügbar. Einzelne Berichterstattungen finden sich in der internationalen Fachpresse.²⁵²⁵²⁶ Die Formulierung einer neuen industriellen Revolution wird jedoch international nur sporadisch aufgenommen. Gründe dafür liegen unter anderen darin, dass im Ausland ähnliche Forschungsprogramme und Verbände aus F&E und Industrie bestehen. So verfolgt in den USA die Non-Profit Organisation Smart Manufacturing Leadership Coalition ähnliche nationale Ziele wie die High-Tech-Strategie der Bundesregierung in Deutschland.

Fazit - Enormes Potential mit Hindernissen

Geht man der Frage nach, ob es sich bei Industrie 4.0 um eine tatsächliche industrielle Revolution handelt, ist diese alleinig aus technischer Sicht nicht zu beantworten. Die technischen Grundlagen für die Industrie 4.0 sind seit vielen Jahren gegeben. Es mangelt jedoch bis jetzt in der Industrie an konkreten Umsetzungen, da ein konkreter Mehrwert aufgrund fehlender Anwendungen nicht erkennbar war. Das Fehlen von Anwendungen geht dabei auch stark auf ein Fehlen von Schnittstellen und mangelnde Standardisierung zurück. Gründe hierfür liegen unter anderen in einer zumeist konservativen Produktstrategie der etablierten Hersteller von Produktionsmitteln. In diesem Zusammenhang hat Industrie 4.0 etablierte Hersteller bezüglich des eigenen Nutzens von der Bereitstellung offener Schnittstellen zu überzeugen. Ein weiterer offener Punkt der deutschen Industrie, welcher mit Industrie 4.0 in den Fokus rückt, ist die IT Sicherheit, welche teilweise in der Vergangenheit von deutschen Firmen stark vernachlässigt wurde. Die dritte Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 ist der Breitbandausbau in Deutschland. Dieser kann zum aktuellen Zeitpunkt als unzureichend angesehen werden. Insofern divergieren infrastrukturelle Voraussetzungen der IKT Systeme und Anforderungen von Industrie 4.0.

25 Mintchell, G., The Future of Manufacturing: Industry 4.0. (2013). Online verfügbar unter: <http://automationworld.com/industrie.business/future-manufacturing-industrie-40>

11.04.2014

26 Handelszeitung. (2013) Industrie 4.0 auf dem Vormarsch. Online verfügbar unter: <http://handelszeitung.ch/unternehmen/Industrie.40-auf-dem-Vormarsch-501330> - 11.04.2014

Werden auf den Ebenen des Breitbandausbaus, der IT Sicherheit und der Standardisierung von Schnittstellen keine adäquaten Lösungen gefunden, welche von der Industrie, vorrangig der Hersteller von Produktionsmitteln, angenommen werden und den Bedürfnissen der Anwender entsprechen, kann Industrie 4.0 als gescheitert betrachtet werden, da viele Anwendungen ihre wirtschaftlich-technische Basis verlieren. Die adressierten Technologien von Industrie 4.0 sind demgemäß weder neu, noch kann sich Deutschland als Vorreiter bei der Erforschung und mäß Entwicklung von konkreten Anwendungen von CPS betrachten. Diese Rolle steht aufgrund der frühzeitigeren und intensiveren Förderung eindeutig den USA zu. Unabhängig von den deutschen Bestrebungen unter dem Titel „Industrie 4.0“ wird an flexiblen und individualisierbaren Produktionsnetzwerken in den USA und in Asien intensiv und praxisnah geforscht. Davon abgesehen, bestehen bei der konkreten industriellen Applikation von vernetzten CPS in den USA durchaus noch Defizite²⁷.

Das Potential von Industrie 4.0 liegt für die deutsche Industrie mit ihrem hohen Anteil an Wertschöpfung in der Schaffung von weiterem Mehrwert, in dem es einen Rahmen zur Kombination vorhandener Technologien aufzeigt. Dies ermöglicht prinzipiell die Schaffung:

- neuer Internet-basierter Geschäftsmodelle sowie
- neuer Dienstleistungen und Dienste, die auf der zunehmenden Vernetzung von Produktionsmitteln und Produkten beruhen.

Die Stärke des Effektes sowie die Nachhaltigkeit der Förderung von Industrie 4.0 sind nur schwer absehbar. Innovationen im Bereich von Schrittmachertechnologien, die über den derzeitigen Stand der Technik in Wissenschaft und Forschung hinausgehen, sind zunächst durch konzentrierte Förderung der Integration vorhandener Technologien in Produkte und Prozesse nicht zu erwarten. Vielmehr kann eine Ausweitung des Anwenderkreises der Technologien durch anwendungsnahe Projekte mit industriell besetzten Konsortien von KMU über Großkonzerne erreicht werden. Können diese Firmen im Rahmen der aktuellen Projektdurchführungen davon überzeugt werden, ihre Produkte hinsichtlich der neuen Technologien sowie einheitlichen Standards in Verbindung mit einem durchgängigen Konzept für die IT Sicherheit auszustatten, kann dies eine branchenübergreifende Sogwirkung zur industriellen Durchsetzung entfalten. Es fehlt zurzeit an praktischen Lösungen und empirischer Erfahrung im Bereich der Selbstorganisation von Produktionsnetzwerken. Deshalb sind hier praxisnahe Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu begrüßen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Industrie 4.0 eher als eine Revolution der kleinen

27 Weis, H., Industrie 4.0 - ein deutscher Begriff. - In: VDI Nachrichten, Vol. 5, 2014.

Schritte zur Erschließung von neuem Wertschöpfungspotential, d. h. eine Evolution mit Hindernissen, als eine „wirkliche Revolution“ bezeichnet werden kann.

„Defizite in der Spitzentechnologie?“ Ein Evergreen ohne Wirkung?¹

Bei der Spitzentechnologie in Deutschland wird häufig ein Defizit beklagt. „Bei den Gütern der Spitzentechnologie ist die Wettbewerbsposition der Bundesrepublik schwach; hier übersteigt der Import den Export.“² Diese Beschwerde ist gut zwanzig Jahre alt und wird in regelmäßigen Abständen neu artikuliert. Angesichts der tatsächlichen Wettbewerbsposition der deutschen Unternehmen ist diese Klage jedoch nicht(mehr) überzeugend. Tatsächlich erweist sich das deutsche Geschäftsmodell – industriebasiert, dienstleistungsergänzt und exportorientiert – nicht nur als unverändert erfolgreich, sondern wird in den letzten Jahren auch wieder international gewürdigt.

Wodurch erklärt sich der deutsche Erfolg? Die Antwort bedarf einer genaueren Betrachtung des deutschen Geschäftsmodells, für das nicht primär die Menge an eigener Spitzenforschung wichtig ist, sondern vielmehr die Systemintegration von Spitzentechnologie in Produkte. Die Exportstärke der deutschen Industrie im Bereich von Produkten der hochwertigen Technologie belegt auch die erfolgreiche Integration von Spitzentechnologie. Die vermeintlichen Defizite Deutschlands im Bereich der Spitzentechnologie hingegen erweisen sich bei näherer Betrachtung als ein Artefakt der Messung von Spitzentechnologie.

Zur Abgrenzung von „Spitzentechnologie“

Der Begriff Spitzentechnologie geht in der gebräuchlichen Definition auf die durchschnittlichen Aufwendungen einer Branche für Forschung und Entwicklung gemessen an der Wertschöpfung zurück. Die OECD grenzt das Segment der Spitzentechnologie auf Branchenebene und innerhalb von vier Kategorien ab. Zur Spitzentechnologie werden dabei geschlossen all jene Branchen gezählt, deren durchschnittliche FuE-Intensität bei mindestens 5 Prozent liegt.³ Hierunter

1 Für wichtige Zuarbeit danke ich Herrn Dr. Oliver Koppel, Senior Economist im Bereich Humankapital und Innovation im Institut der deutschen Wirtschaft Köln.

2 SVR – Sachverständigenrat, Arbeitsplätze im Wettbewerb – Jahresgutachten 1988/89 des Sachverständigenrates zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Berlin: S. 105.

fallen beispielsweise die Branchen Luft- und Raumfahrt sowie die Pharmazeutische Industrie, während Branchen wie der Maschinenbau, die Fahrzeugindustrie oder die Elektroindustrie in die Kategorie Medium-High-Tech fallen, da ihre FuE-Intensität „nur“ zwischen 2 und weniger als 5 Prozent liegt. In den weiteren Kategorien Medium-Low-Tech (zwischen 0,5 und 2 Prozent) sowie Low-Tech (weniger als 0,5 Prozent) finden sich vergleichsweise kapitalintensive und forschungsschwache Branchen mit niedrigem Personalkostenanteil.

Tabelle 1: *Branchenabgrenzung von Technologieklassen gemäß der FuE-Intensität (Quelle: OECD-Organization for Economic Co-Operation and Development Science, Technology and Industry Scoreboard 2013. Paris 2013).*

<i>Spitzentechnologie (High Technology)</i>	> 5 %
<i>Hochwertige Technologie (Medium-high Technology)</i>	2 - 5 %
<i>Industrie mit niedriger FuE-Intensität (Medium-low Technology)</i>	0,5 - 2 %
<i>Industrie mit sehr niedriger FuE-Intensität (Low Technology)</i>	< 0,5 %

Legler und Frietsch schlagen für Deutschland eine leicht abweichende Abgrenzung vor und setzen die Grenzen für Spitzentechnologie bei einer FuE-Intensität von mehr als 7 Prozent, für Hochwertige Technologie zwischen 2,5 und 7 Prozent und für das Aggregat einer Industrie mit niedriger FuE-Intensität bei unter 2,5 Prozent.⁴ Diese Abgrenzung findet in vielen deutschen Studien zum Innovationssystem Anwendung.

Deutschland ist keine Spitzentechnologienation – na und?

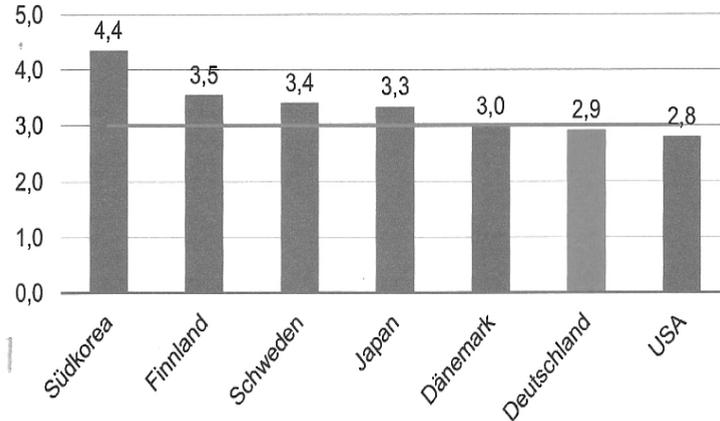
Aktuell investiert Deutschland rund 2,9 Prozent seiner Wirtschaftsleistung in Forschung und Entwicklung⁵ und hat die USA bei diesem Indikator erstmals überholt. Im internationalen Vergleich liegt das Land, das seine FuE-Quote in den letzten zehn Jahren kontinuierlich gesteigert hat, damit im oberen Fünftel der Industrienationen, jedoch noch hinter vielen asiatischen und skandinavischen Technologienationen (Abbildung 1)..

3 OECD – Organization for Economic Co-Operation and Development, Science, Technology and Industry Scoreboard 2013. Paris: 2013.

4 Legler, H. / Frietsch, R., Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft – forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen, Studien zum deutschen Innovationssystem 22-2007. Berlin: 2006.

5 OECD – Organization for Economic Co-Operation and Development, Main science and technology indicators. Paris: 2013.

Abbildung 1: *FuE-Quote im internationalen Vergleich. Gesamtwirtschaftliche Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in vH der Wirtschaftsleistung; Linie: EU27-Ziel*



Der Anteil der Spitzentechnologiebranchen an den Gesamtaufwendungen des Wirtschaftssektors für Forschung und Entwicklung liegt in Deutschland deutlich niedriger als im OECD-Mittel.⁶ So entfielen hierzulande im Jahr 2007 auf die Spitzentechnologiebranchen 28 Prozent der gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft, im Durchschnitt aller OECD-Länder lag dieser Anteil 12 Prozentpunkte höher. Darüber hinaus ist der entsprechende Anteil in Deutschland seit Anfang der 1990er Jahre rückläufig.

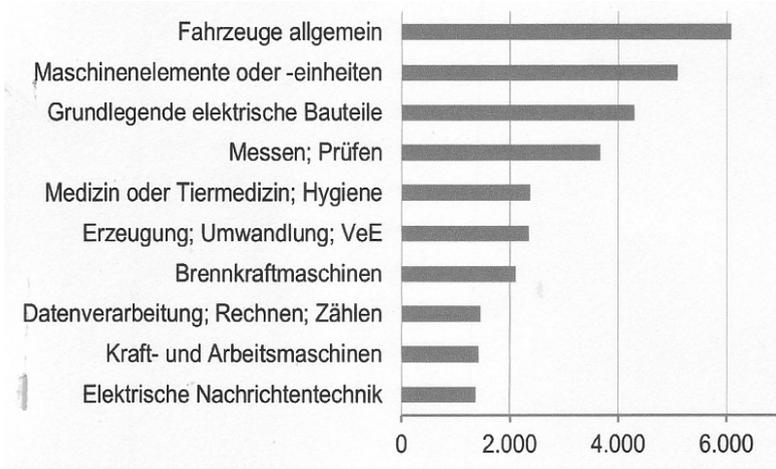
Die in Abbildung 2 ausgewiesene Patentstatistik scheint den Befund einer gewissen Spitzentechnologieschwäche auf den ersten Blick zu untermauern. Die Struktur der vom Deutschen Patent- und Markenamt erteilten Patente gibt einen gewissen Aufschluss darüber, welchen Technologieklassen und zugehörigen Innovationen am Innovationsstandort Deutschland aktuell besonders hohe Marktchancen zugetraut werden. Unter den zehn anmeldestärksten Technologieklassen finden sich im Unterschied zu den USA oder asiatischen Ländern⁷ keine Patente der Spitzentechnologieklassen wie die Biotechnologie, sondern solche Pa-

6 Rammer, C., Bedeutung von Spitzentechnologien, FuE-Intensität und nicht forschungsintensiven Industrien für Innovationen und Innovationsförderung in Deutschland, Dokumentation Nr. 11-01. Mannheim: 2011.

7 IPO – World Intellectual Property Organisation, World Intellectual Property Index 2010. Dateaktualisierung (Januar 2014). Genf: Schweiz.

rente, deren Kommerzialisierungspotenzial auf eine der Hochtechnologiebranchen aus der Metall- und Elektroindustrie oder der Chemie hinweist. Der Anteil der Spitzentechnologie unter den Patentanmeldungen mit Ursprungsland Deutschland liegt (im Zeitverlauf schwankend) bei rund 15 bis 20 Prozent und damit etwa zehn Prozentpunkte niedriger als in nahezu allen anderen relevanten Industrieländern wie Südkorea, Japan oder den USA.

Abbildung 2: *Patentstatistik kaum „Spitzentechnologie“. Anmeldungen 2012. Top-10 der anmeldestärksten Technologieklassen. (Quelle: Deutsches Patent- und Markenamt, Jahresbericht 2013; VeE: Verteilung elektrischer Energie)*



In regelmäßigen Abständen wird Deutschland auf Basis derartiger Vergleiche eine vermeintliche Schwäche im Forschungs- und Innovationsbereich und ein Rückstand auf die Konkurrenz der Spitzentechnologie-Länder attestiert. Im Folgenden soll erläutert werden, warum die Autoren diese Schlussfolgerung bestenfalls stark eingeschränkt teilen.

Zum einen ist die gesamtwirtschaftliche FuE-Quote nur bedingt aussagekräftig, da in Folge unterschiedlicher Wirtschaftsstrukturen Äpfel mit Birnen verglichen werden. So legt das deutsche Geschäftsmodell einen besonderen Schwerpunkt auf hochwertige Technologien wie den Maschinen- oder Fahrzeugbau, während Nationen wie Finnland oder Korea eine besondere Fokussierung im Bereich der Spitzentechnologiebranchen aufweisen. Vergleicht man die FuE-Quote einzelner Branchen miteinander, so befindet sich Deutschland oft in der weltwei-

ten Spitzengruppe. So liegt die deutsche FuE-Quote im Bereich Maschinenbau oder im Fahrzeugbau typischerweise mindestens so hoch und in der Regel höher als die entsprechenden FuE-Quoten der übrigen Länder. Während etwa die von deutschen Unternehmen dominierte europäische Automobilindustrie 5,1 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung investiert, sind es bei deren japanischen und US-amerikanischen Konkurrenten lediglich 4,3 beziehungsweise 3,7 Prozent.⁸ Diese FuE-Intensitäten sind auf Basis des Umsatzes gemessen und somit nicht mit jenen vergleichbar, die auf Basis der Wirtschaftsleistung gemessen werden. Der horizontale Vergleich bleibt hiervon jedoch unbenommen. Pointiert kann somit speziell für Deutschland festgehalten werden, dass dessen Unternehmen womöglich nicht alles erforschen, aber wenn sie etwas erforschen, dann tun sie es in der Regel nicht weniger gründlich als die internationale Konkurrenz.

Im internationalen Vergleich liegt die EU mit einer FuE-Quote von rund 2 Prozent gemessen an der Wirtschaftsleistung noch deutlich hinter ihrem selbst formulierten Ziel und den USA zurück. Gleichwohl spiegelt diese Tatsache letztlich nur das im Vergleich zu Europa unterschiedliche Spezialisierungsmuster der USA in Bezug auf Branchen und Technologiefelder wider, konkret einem höheren Anteil von Spitzentechnologie-Branchen. In einem horizontalen Vergleich zeigt sich dagegen, dass viele europäische Unternehmen in zahlreichen Technologiebranchen im Durchschnitt eine höhere Forschungsintensität als ihre US-amerikanischen Pendanten aufweisen. Generell wird der Beitrag der Spitzentechnologie zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung oftmals überschätzt und liegt selbst in Südkorea, dem Spitzenreiter bei diesem Indikator, bei nur rund 6 Prozent, in Deutschland sogar nur bei 2,6 Prozent.⁹

Darüber hinaus muss bei der Interpretation internationaler Patentvergleiche auch die zum Teil deutlich höhere Patentneigung vieler Spitzentechnologiebranchen berücksichtigt werden, die nicht automatisch als höhere Forschungsleistung interpretiert werden sollte. So wird im IT-Bereich pro Forschungs-Euro im Vergleich etwa zum Automobil- und Fahrzeugbau das Sechs- bis Siebenfache an Patenten angemeldet.¹⁰ Auch ist die Aussagekraft eines direkten Vergleichs der Patentdaten nur beschränkt und nur für solche Staaten sinnvoll, die über ein hin-

8 Europäische Kommission, EU R&D Scoreboard – The 2013 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Luxemburg: 2013, S. 45.

9 Rammer, C., Bedeutung von Spitzentechnologien, FuE-Intensität und nicht forschungsintensiven Industrien für Innovationen und Innovationsförderung in Deutschland, Dokumentation Nr. 11-01. Mannheim: 2011.

10 Meliciani, V., The relationship between R&D, investment and patents: a panel data analysis. In: Applied Economics. 32(2000)11, S. 1429 - 1437.

reichend homogenes Schutzsystem technischer Erfindungen verfügen. Beispielsweise existieren in den USA im Gegensatz zu Europa keine Gebrauchsmuster, so dass dort folglich auch solche Erfindungen zum Patent angemeldet werden, die hierzulande als Gebrauchsmuster angemeldet würden.¹¹

Defizite der Branchenperspektive von Spitzentechnologie

Die Abgrenzungsmethode von Technologieklassen auf Branchenebene erweist sich aus mehreren Gründen als nur bedingt sinnvoll. In erster Linie verhindert die typischerweise hohe Streuung der FuE-Intensität innerhalb einer Branche, dass mittels ihrer aussagekräftige Analysen und Aussagen getätigt werden können. So zeigt sich, dass selbst in den Spitzentechnologiebranchen Elektronik/Messtechnik/Optik sowie Pharma nur etwa jedes fünfte Unternehmen eine FuE-Intensität von mehr als 7 Prozent aufweisen¹² und somit nach der für Deutschland sinnvollen Abgrenzung¹³ auch tatsächlich zur Spitzentechnologie zählen. Darüber hinaus zeigt eine Studie am Beispiel Deutschlands, dass auch in so klassifizierten Low-Tech-Branchen die FuE-Intensität eines einzelnen Unternehmens sehr häufig nicht mit der technologischen Klassifizierung seiner Branche korrespondiert.¹⁴ Beispielhaft weist knapp jedes zehnte Unternehmen in der Textilindustrie eine FuE-Intensität von mindestens 7 Prozent auf und sollte daher sinnvollerweise zur Spitzentechnologie gezählt werden.

Wengleich die zugehörige Gesamtbranche der Textilindustrie im Durchschnitt in der Tat eher wenig forschungsintensiv ist, beheimatet sie sehr wohl zahlreiche forschungsstarke Unternehmen.¹⁵ Dank deren Innovationskraft kommen große Teile der hiesigen Textilindustrie inzwischen weitgehend ohne pflanzliche und tierische Ausgangsstoffe aus, denn sie verwenden chemische Fasern. Die daraus hergestellten technischen Textilien bilden essenzielle Bestandteile zahlrei-

- 11 Koppel, O., Patente – Unverzichtbarer Schutz des geistigen Eigentums in der globalisierten Wirtschaft, IW-Positionen Nr. 48. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH 2011.
- 12 Rammer, C., Bedeutung von Spitzentechnologien, FuE-Intensität und nicht forschungsintensiven Industrien für Innovationen und Innovationsförderung in Deutschland, Dokumentation Nr. 11-01. Mannheim: 2011.
- 13 Legler, H. / Frietsch, R., Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft – forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen, Studien zum deutschen Innovationssystem 22-2007. Berlin: 2006.
- 14 Kirner, E. / Kinkel, S. / Jaeger, A., Innovation paths and the innovation empirical analysis of German industry. In: Research Policy. 38(2009), S. 447 - 458.
- 15 Koppel, O., , Textilindustrie – Von wegen Auslaufmodell. Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln. 36(2010)6, S. 8.

cher Produkte quer durch alle Sektoren der Wirtschaft. So liegt beispielsweise der Materialanteil textiler Verbundstoffe beim Airbus A 350 bei 50 Prozent. Hochfeste Zugdrachen in Form riesiger Segel für Frachtschiffe reduzieren deren Treibstoffverbrauch um bis zu einem Drittel. Und kettengewirkte Gefäßschläuche aus Polyester – besser bekannt als Stents – ersetzen verstopfte Blutgefäße im menschlichen Körper. Zusammenfassend verfügt Deutschland auch in Medium-low- und Low-TechBranchen über viele erfolgreiche Unternehmen, die eine hohe Forschungsintensität aufweisen und von denen einige als Hidden Champions in ihrer Marktnische zur Weltspitze zählen.

Exzellente in der Hochtechnologie, gut in der Spitzentechnologie

Um die Forschungs- und Innovationsleistung eines Landes beurteilen zu können, sollten weniger die Forschungsanstrengungen oder -intensitäten und somit der Input als viel mehr der Output in Form von Kommerzialisierungserfolgen betrachtet werden, denn am Ende zählt die am Markt realisierte Nachfrage nach innovativen Produkten. Legt man eine Abgrenzung von Technologiebereichen nach Warengruppen¹⁶ zugrunde, die insbesondere für einen internationalen Vergleich von Warenströmen sinnvoll erscheint, zeigt sich diesbezüglich ein überaus positives Bild für Deutschland. Insbesondere im Bereich der Hochtechnologie steht die Bundesrepublik exzellente dar (Tabelle 2), übertrafen hier doch die Exporte die Importe zuletzt um 273 Milliarden US-\$ und keines der Vergleichsländer erzielte einen höheren Export-Import-Saldo als Deutschland. Dies gilt nicht nur in Absolutgrößen, sondern umso eindrucksvoller, wenn die Werte pro Kopf betrachtet werden.

Tabelle 2 zeigt darüber hinaus, dass Deutschland selbst bei Gütern der Spitzentechnologie einen positiven Handelssaldo aufweist, der Klagen bezüglich einer hiesigen Schwäche in diesem Technologiebereich relativiert. Verantwortlich hierfür zeichnet insbesondere eine Stärke in der zur Spitzentechnologie zählenden Mess- und Medizingerätetechnik sowie der optischen Elektronik.

Dass eine Unterscheidung zwischen Spitzen- und Hochtechnologie letztlich einen gewissen Grad der Beliebigkeit offenbart, wird anhand der fließenden Grenzen zwischen beiden Technologiebereichen deutlich. So kann das Innovationsmuster von Spitzentechnologie-Innovatoren zutreffend als „Science, Technology and Innovation“ charakterisiert werden.¹⁷ Dabei steht die FuE-basierte

16 Gehrke, B. / Rammer, C. / Frietsch, R. / Neuhäusler, P., Listen wissens- und technologieintensiver Güter und Wirtschaftszweige, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 19-2010. Hannover: 2010.

Tabelle 2:

Techniksaldo - Deutschland ist erfolgreich, erst recht in relativer Betrachtung (Quelle: Gebrke, B., Außenhandel mit forschungsintensiven Waren im internationalen Vergleich. - In: FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Hrsg. v. B. Gebrke u. A. Schiersch. Hannover 2013, S. 41 - 86.

	Export-Import-Saldo FuE-intensiver Waren (in Mrd. US_\$)		Export-Import-Saldo FuE-intensiver Waren pro Kopf (in US-\$)	
	Spitzentechnologie	Hochtechnologie	Spitzentechnologie	Hochtechnologie
<i>Deutschland</i>	1,9	273,0	23,6	3322,6
<i>USA</i>	-141,7	-117,4	-375,0	-452,7
<i>Schweden</i>	-1,9	6,7	-200,6	710,1
<i>Finnland</i>	-0,2	-1,3	-25,6	-247,8
<i>Japan</i>	9,0	259,8	71,4	2053,7
<i>Dänemark</i>	1,3	-1,8	236,7	-283,0
<i>Südkorea</i>	47,1	43,4	973,9	895,9
<i>China</i>	106,0	-29,4	78,7	-21,8

Generierung und Nutzung kodifizierten wissenschaftlichen und/oder technischen Wissens im Vordergrund. Der Innovationsprozess in solchen Unternehmen lässt sich durch die Trias aus Wissenschaft, Forschung und technologiebasierten Innovationen charakterisieren. Weitere Charakteristika dieses Typs von Innovatoren sind niedrige Transportkosten der betreffenden Güter, kurze Innovationszyklen, eine hohe Akademikerdichte innerhalb der Belegschaft und ein hoher Personalkostenanteil der Produkte.¹⁸ Von entscheidender Bedeutung sind eine systematische und auf die Erzielung neuen technischen Wissens angelegte Forschungs- und Entwicklungsaktivität und die hieraus hervorgehenden Erkenntnisse, welche in technischen Dokumentationen oder transferierbaren intellektuellen Eigentumsrechten wie Patenten oder Gebrauchsmustern mündet. Diese Charakterisierung des Innovationsmusters trifft insbesondere in Deutschland in nahezu identischer Weise auch auf Innovatoren der Hochtechnologie zu, so dass Unterschiede zur Spitzentechnologie neben der FuE-Intensität höchstens in einer graduell unterschiedlichen Akzentuierung der Forscherdichte liegen.

17 Jensen, M. / Johnson, B. / Lorenz, E. / Lundvall, B., Forms of knowledge and modes of innovation. In: Research Policy 36(2007), S. 680 - 693.

18 Erdmann, V. / Koppel, O. / Plünnecke, A., Innovationsmonitor – Die Innovationskraft Deutschlands im internationalen Vergleich, IW-Analysen Nr. 79. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH 2012.

Die Tatsache, dass sich die deutsche Wirtschaft in puncto Spitzentechnologie bei der Abwägung „Makeorbuy (and integrate)?“ oft für letzteres entscheidet, zeigt mitnichten automatisch, dass Deutschland Defizite im Bereich der Spitzentechnologie aufweist, denn die Stärke Deutschlands liegt im Bereich der Systemintegration.¹⁹ Es ist Teil des erfolgreichen deutschen Geschäftsmodells, Spitzentechnologie (insbesondere im IT-Bereich) zu importieren, gemäß den spezifischen Kundenwünschen in heimische innovative Produkte zu integrieren und das Ergebnis unter dem Label Hochtechnologie respektive Gehobene Gebrauchstechnologie – oft ergänzt um Komponenten hybrider Wertschöpfung – weltweit zu verkaufen. Beispielsweise importiert Deutschland Computerchips und -systeme aus China, integriert diese in Fahrzeuge, Maschinen, etc. und exportiert die Endprodukte in die gesamte Welt – auch nach China. Systemintegration ist dabei für die Unternehmen überaus innovationsrelevant. In heimische Hochtechnologie-Produkte integrierte oder weiterentwickelte Spitzentechnologie – beispielsweise Steuerungselektronik und -software für Maschinen und Anlagen – ist dabei ein oft elementares Betriebsgeheimnis deutscher Unternehmen. Darüber hinaus kann sie in der Regel im Technologieverbund patentiert werden und schafft so wiederum Wettbewerbsvorteile für deutsche Unternehmen. In der hiesigen Patentstatistik (siehe Abbildung 2) dominieren daher Hochtechnologieklassen aus der Metall- und Elektroindustrie und nicht Spitzentechnologieklassen. Was die Patentstatistik jedoch nicht zeigt, ist der hohe Anteil Spitzentechnologie, der in Folge von Systemintegration in den zugehörigen Patenten steckt.

Politik ist auf Spitzentechnologie fokussiert

Das deutsche System der Innovations- und Forschungsförderung setzt schwerpunktmäßig auf direkte Projektförderung in ausgewählten Spitzentechnologiefeldern, wie nicht zuletzt wieder an dem Namen der Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung abzulesen ist. Die Förderbereiche und -intensitäten des öffentlichen Engagements offenbaren entsprechend eine eindeutige Fokussierung auf die Spitzentechnologiebranchen. So finanzierte der Staat jüngst 6,4 Prozent der unternehmerischen FuE-Ausgaben in den Branchen der Spitzentechnologie, während die entsprechende Quote in der Hochwertigen Technologie mit 0,7 Prozent so niedrig lag wie in keiner anderen Technologieklasse.²⁰

19 Kempermann, H. / Lichtblau, K., Definition und Messung von hybrider Wertschöpfung. In: IW-Trends Vierteljährliche Zeitschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung 39(2012)1. S. 19 - 36.

Die als förderwürdig erachteten Technologiebereiche werden ebenso wie die Kriterien für eine Mittelvergabe von Intermediären und politiknahen Beratungsgremien in Abstimmung mit oder nach Vorgabe der Politik festgelegt. Auch wenn ein kleiner Teil der Fördermittel technologieoffen vergeben wird, lässt sich von einer gewissen Anmaßung des Wissens durch die Politik sprechen, denn es werden vorwiegend Spitzentechnologiebranchen gefördert. Darüber hinaus stehen einzelne Technologiebereiche in Folge fester Budgets nicht in Konkurrenz zueinander. Wenn sich – es handelt sich hierbei um ein fiktives Beispiel – zehn im Sinne einer Kommerzialisierungsmöglichkeit vielversprechende Nanotechnik-Forschungsprojekte und zehn Projekte der Kategorie „Totes Pferd“ aus einem anderen Bereich der Spitzentechnologie um Förderung bewerben, das Programmbudget jeweils aber nur für fünf Projekte ausreicht, müssen fünf potenziell hervorragende Projekte zu Gunsten fünf Projekten mit überschaubarer Erfolgswahrscheinlichkeit entfallen, da sie in Konkurrenz zu fünf noch besseren Projekten innerhalb des eigenen Feldes, nicht jedoch in Konkurrenz zu den fünf schlechteren Projekten des anderen Feldes stehen. Diese Anmaßung von Wissen durch die Politik (in dem Sinne, dass sie wie in der Hightech-Strategie 2020 bestimmte Technologiebereiche und zugehörige Fördervolumina vorgibt) führt notwendigerweise zu Fehlsteuerungen.

Spitzentechnologie ist nicht automatisch spitze

Dass ein Spitzentechnologie-„Solarvalley Mitteldeutschland“ Millionen an Forschungsmitteln erhält, obwohl die deutsche Solarbranche bereits seit Jahren ihren wirtschaftlichen Untergang vollzieht, zeugt von der Gefahr technologieselektiver Fördervorgaben durch die Politik. Die mp3-Technik ist unbestritten eine der kommerziell erfolgreichen Innovationen der jüngeren Vergangenheit, profitiert haben von ihr jedoch keine deutschen, sondern in erster Linie asiatische und US-amerikanische Unternehmen. Rückblickend auf die Erfahrungen mit dieser Technik sollte sich daher jeder Innovationspolitiker fragen, wer hierzulande die Forschungsergebnisse dieser Technik hätte kommerzialisieren sollen, weil es in Deutschland bereits seit Jahrzehnten keine wettbewerbsfähige Unterhaltungselektronikindustrie mehr gibt.

Mit Blick auf die aktuelle Politik der Forschungs- und Innovationsförderung muss daher insbesondere die kritische Frage gestellt werden, warum in den Berei-

20 Rammer, C., Bedeutung von Spitzentechnologien, FuE-Intensität und nicht forschungsintensiven Industrien für Innovationen und Innovationsförderung in Deutschland, Dokumentation Nr. 11-01. Mannheim: 2011.

chen Solar- und Biotechnologie massiv Mittel investiert werden, obwohl Deutschland in beiden Bereichen de facto über keine wettbewerbsfähige Industrie geschweige denn Wertschöpfungskette verfügt und nichts darauf hindeutet, dass dies in Zukunft der Fall sein könnte. Die technokratische Antwort hierauf lautet, dass beiden als Spitzentechnologiebranchen von der Politik eine besondere Förderwürdigkeit attestiert wird. Und hier zeigt sich die Paradoxie des Begriffs Spitzentechnologie. Dieser bedeutet nämlich mitnichten, dass eine Branche am Markt spitzenmäßig erfolgreich wäre, sondern nur, dass sie gemessen an ihrem Umsatz spitzenmäßig viele Mittel in Forschung und Entwicklung investiert. Provokant formuliert sind Branchen wie der Fahrzeugbau, der Maschinenbau oder die Elektroindustrie, die mit ihren Produkten kommerziell erfolgreich sind, genau genommen deshalb keine Spitzentechnologiebranchen – und werden sich hoffentlich auch niemals dazu entwickeln –, weil sie am Markt viel zu viel Nachfrage generieren. Wenngleich diese Branchen in Absolutwerten betrachtet riesige Summen in die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse investieren – auf die Branchen der Metall- und Elektroindustrie entfallen etwa 59 Prozent aller unternehmerischen Innovationsaufwendungen in Deutschland²¹ –, lässt ihr ebenso kapitaler Umsatz sie in der Logik der FuE-Quote nicht als Spitzentechnologie erscheinen.

Fazit und Handlungsempfehlungen

Die vermeintlichen Defizite Deutschlands im Bereich der Spitzentechnologie erweisen sich bei näherer Betrachtung als ein Artefakt der Messung von Spitzentechnologie. Innovation ist, wenn der Markt „Hurra“ schreit. Nicht die Wissenschaft. Nicht die Mediatoren der Fördermittelvergabe. Nicht die Politik. Und warum sollte die Politik besser als der Markt wissen, was der Markt will? Die zahlreichen Beispiele gescheiterter Spitzentechnologie-Projekte (unter anderen in den Bereichen Solar- und Biotechnologie) zeigen, dass der Versuch, mit politischem Willen etwas erzwingen zu wollen, in der Regel zum Scheitern verurteilt ist. Umgekehrt kann – wie im Beispiel der Textilindustrie – die pauschale Bezeichnung einer Branche als Low-Tech zu einer gewissen förderpolitischen Stigmatisierung und mithin dazuführen, dass die Politik die vorhandenen Innovationspotenziale dieser Branche durch ausbleibende Forschungsförderung zu Unrecht vernachlässigt.

21 Rammer, C. / Aschhoff, B. / Crass, D. / Doherr, T. / Hud, M. / Köhler, C. / Peters, B. / Schubert, T. / Schwiabacher, F., Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft – Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2013. Mannheim: 2014.

Der Begriff Spitzentechnologie – wie er in der Politik und in Teilen der Wissenschaft verwendet wird – ist letztlich nur eine Kategorie der Forschungsaufwendungen gemessen am Umsatz und mithin eine Frage der definitiven Abgrenzung, sollte jedoch mitnichten als Qualitätsurteil im Innovationsbereich missverstanden werden. Darüber hinaus erscheint es mehr als zweifelhaft, dass viele der gemessen an ihrer FuE-Quote als Spitzentechnologie klassifizierten Branchen diese Bezeichnung auch in der Perspektive jedes ihrer einzelnen Unternehmen verdienen.

Obwohl die Branchen der Spitzentechnologie in Deutschland eine wichtige Funktion als Technologievorleister insbesondere für die Branchen der Hochwertigen Technologie erfüllen, liegt ihr Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung hierzulande deutlich unterhalb von drei Prozent. Unter Aspekten des Markterfolgs oder -potenzials ist Deutschlands wahre Spitzentechnologie eher woanders zu finden – etwa im Fahrzeugbau, Maschinenbau oder der Chemischen Industrie. Und in diesen Branchen, die unter ökonomischen Kriterien der Spitzentechnologie zuzuordnen sind, ist Deutschland nicht nur überaus forschungs-, patent- und innovationsstark, sondern generell gut aufgestellt, um weitere Marktpotenziale zu erschließen.

Die Politik sollte diesem Umstand Rechnung tragen und ihre Technologieförderung künftig verstärkt anhand der (Innovations-)Erfolgspotenziale ausrichten. Hierzu gehörte ergänzend zur bisherigen Förderkulisse ein breitenwirksames und technologieoffenes Instrument in Form einer steuerlichen Förderung von Forschung und Entwicklung, welche sich ordnungspolitisch nicht zuletzt durch Marktunvollkommenheiten wie positive Spillover oder Informationsasymmetrien rechtfertigen läßt.²² Ein System, das über Steuergutschriften (taxcredits) Innovationsanreize setzt, wäre aus innovationspolitischer und steuersystematischer Sicht zu bevorzugen. Modellrechnungen zeigen, dass sich das Gesamtvolumen der Förderung unter realistischen Parametern der Ausgestaltung auf circa 5-7 Milliarden Euro belaufen würde.²³ Trotz der Verankerung in den Koalitionsverträgen wurde die Einführung dieses Instruments in der Vergangenheit immer wieder blockiert.

22 Spengel, C., Steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) in Deutschland – Ökonomische Begründung, Handlungsbedarf und Reformbedarf, MPI Studies on Intellectual Property and Competition Law 8. Heidelberg: Springer 2009, Kapitel 2.

23 Spengel, C. / Wiegard, W., Ökonomische Effekte einer steuerlichen Forschungsförderung in Deutschland. Mannheim: 2011.

Finanzierbarkeit der Wissenschaft durch Innovation in der Wirtschaft

In der frühen Industriegesellschaft hat Charles Babbage in seinem Werk „Die Ökonomie der Maschine“¹ - in den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts - darauf hingewiesen: „Die Wirkung des verbesserten Maschinenwesens im reichen Land wird am gemeinsamen Markt dadurch verspürt werden, daß der Preis des Artikels ein wenig fällt, und dies gibt dem Fabrikanten des armen Landes den ersten Wink, der nun durch erhöhten Fleiß und Sparsamkeit in seiner Fabrik den Abschlag im Verkaufspreis zu decken versucht und bald erkennen muß, daß diese Abhilfe nur vorübergehend ist, indem der Marktpreis zu fallen fortfährt.“² „In dieser Periode fühlt der Fabrikant des armen Landes zuerst die Wirkungen der Konkurrenz, und wenn zwischen der ersten Einführung der neuen Verbesserung im reichen Land und dem Anfang der ihrer Anwendung im armen auch nur ein Zeitraum von zwei bis drei Jahren liegt, so wird doch der Erfinder, *vorausgesetzt sogar, daß er in dieser Zeit keine weiteren Verbesserung angebracht habe, einen so größeren Teil der erforderlichen gewesen Auslagen schon gedeckt haben, daß er eine viel größere Reduktion im Preis seines Produktes vornehmen kann*, wodurch der Gewinn seines Nebenbuhlers notwendig geringer ausfallen muß als der seinige.“³

Wissenschaftlich haben den Begriff „Innovation“ zuerst Botaniker in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verwendet, und zwar zur Beschreibung der überaus weit verbreiteten Erscheinung, dass die vegetative Fähigkeit von älteren auf neuere Teile der Pflanze übergeht.⁴ In analoger Weise haben Ökonomen beginnend mit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts wirtschaftliche Erscheinungen mit Innovation bezeichnet, bei der die ökonomische Effektivität von alter auf neue Technik beziehungsweise von älteren Produkten und Verfahren auf neuere

1 Babbage, Ch., Die Ökonomie der Maschine. Erw. u. red. Fassung auf Grundlage der Übersetzung von G. Friedenberg aus dem Jahr 1833. Berlin: Kulturverlag Kadmos 1999.

2 Ebenda, S. 266.

3 Ebenda, S. 266 – 267.

4 Siehe: Denffer, D. von / Ziegler, H. / Ehrendorfer, F. / Bresinky, A., Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Begründet von E. Strasburger, F. Noll, H. Schenk und A.F.W. Schimper. Jena 1896. 32. Auflage Jena 1983. S. 148.

übergeht.⁵ Dabei wird davon ausgegangen, dass neue Produktionsverfahren und neue Produkte auf dem Markt die Waren derart wohlfeiler werden lassen, dass wenn sie auf Bedarf treffen, die Waren unter Umständen über ihren Fertigungskosten verkauft werden können. Dasselbe Verhältnis kann stattfinden gegenüber dem Land, wohin Waren gesandt und woraus Waren bezogen werden: dass dieses Land mehr Fertigungsarbeit in natura gibt, als es erhält, und das es doch hierbei die Ware wohlfeiler erhält, als es sie selber produzieren könnte.

Forschung hat im Verlauf des 20. Jahrhunderts zu Anforderungen an die Finanzierbarkeit der Wissenschaft geführt, die es nahe legen „in bezug auf die Verfügbarkeit von Ressourcen für die wissenschaftliche Arbeit eine Situation vorzusehen, in der sich nichts mehr bewegt.“⁶ Eine Chance, die dem entgegenwirken könnte, wäre eine Refinanzierung der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung durch Innovationen, wenn unter Innovation nur die neue Technik verstanden wird, die - am Markt erstmalig eingeführt - einen über die Fertigungsaufwendungen hinausgehenden Preis mindestens in einer solchen Höhe realisieren lässt, das die vor der Fertigung liegenden finanziellen Aufwendungen für das Zustandekommen der neuen Technik derjenigen Region zurückerstattet werden können, die sie als erste aufgewendet hat.⁷

Dieses Problem hatte sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts gestellt und wurde von Adolf von Harnack formuliert: „Die Wissenschaft geht zur Zeit mit dem Klingelbeutel im Lande umher. Das fordert Abhilfe. Aber sie kann nur so erfolgen, dass aus der Not eine Tugend gemacht wird, und vielleicht entspringt ein ganzer Chor von Tugenden, der sogar noch das alte Wesen verändert.“⁸

- 5 Vgl.: Marx, K., *Le Capital*. Paris 1872 - 1875. – In: Marx, K. / Engels, F., Gesamtausgabe (MEGA), Band II/7 Text. Berlin: Dietz Verlag 1989. S. 543 (Dort heißt es: „Comme le fer et le charbon sont les grands leviers del l'industrie moderne, on ne saurait exagerer l'importance de cette innovation.“); Schumpeter, J. A., *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Eine Untersuchung über Unternehmerrgewinn, Kapital, Kredit, Zins und Konjunkturzyklus. Leipzig 1912. Zweite Auflage 1926. Neuaufgabe: Berlin 1952; Freeman, Ch., *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth 1974.
- 6 Rescher, N., *Wissenschaftlicher Fortschritt*. Eine Studie über die Ökonomie der Forschung. Berlin - New York: de Gruyter 1982. S. 76.
- 7 Siehe: Parthey, H., *Wissenschaft und Innovation*. - In: *Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97*. Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Marburg: BdWi -Verlag 1998. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 9 - 32.
- 8 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente. Hrsg. v. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen 1961. S. 95.

1. Entwicklung wissenschaftlicher Institutionen nach dem Aufkommen wissenschaftsbasierter Wirtschaft im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts

Im 19. Jahrhundert war die institutionelle Form der Wissenschaft noch weitgehend die Akademie und die Universität in der von Wilhelm von Humboldt angestrebten Einheit von Lehre und Forschung, wobei sein großer Wissenschaftsplan neben der Akademie der Wissenschaften und der Universität selbständige Forschungsinstitute als integrierende Teile des wissenschaftlichen Gesamtorganismus verlangte.⁹ Mit dem Entstehen wissenschaftsbasierter Industrien wie der Elektroindustrie, die es ohne die wissenschaftlichen Theorien über die strömende Elektrizität und den Elektromagnetismus sowie die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips (1866 durch Werner von Siemens) vorher nicht – auch nicht als Gewerbe – hätte geben können,¹⁰ und der Umwandlung traditioneller Gewerbe in wissenschaftsbasierte Industriezweige wie der chemischen Industrie¹¹ im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts mehrten sich Gründungen wissenschaftlicher Einrichtungen außerhalb von Universitäten, um große chemische Forschungslaboratorien, die von der chemischen Industrie eingerichtet wurden, und staatliche Laboratorien für die physikalische Grundlagenforschung, die zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen der Präzisionsmessung und Materialprüfung beitragen sollten. Ein Beispiel für letzteres ist die 1887 in Berlin-Charlottenburg gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt,¹² die Wilhelm Ostwald noch zwei Jahrzehnte später als einen „ganz neuen Typus wissenschaftlicher Einrichtungen“ bezeichnete.¹³ Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt bestand aus zwei Abteilungen, die wissenschaftliche und die technische. Erstere versucht zur Zeit noch schwebende, der Lösung aber dringend bedürftige Probleme der physikalischen Präzisionsmessung zu bearbeiten und zwar besonders solche, zu deren

9 Humboldt, W. von, Über die innere und äußere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin. – In: Humboldt, W. von, Werke in fünf Bänden. Band IV, Schriften zur Politik und zum Bildungswesen. Berlin: Akademie-Verlag 1964. S. 255 - 266.

10 König, W., Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914. Berlin 1995.

11 Zott, R., Die Umwandlung traditioneller Gewerbe in wissenschaftsbasierte Industriezweige: das Beispiel chemische Industrie – das Beispiel Schering. – In: Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97. Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Marburg: BdWi - Verlag 1998. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 77 – 95.

12 Förster, W., Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Berlin 1887; Cahan, D., An Institute for an Empire. The Physikalisch-Technische Reichsanstalt 1871-1918. Cambridge 1989.

13 Ostwald, W., Große Männer. Leipzig 1909. S. 294.

Lösung an Universitäten erforderliche Räumlichkeiten und Geräte fehlen, oder für die eine längere eine ganze und lehrfreie Hingabe eines Wissenschaftlers an die Forschung erfordern. Die zweite Abteilung ist zur direkten Unterstützung des Präzisionsgewerbes bestimmt, indem sie alle den Mechaniker in kleinen und mittleren Unternehmen nicht ausführbaren technischen Leistungen übernimmt, aber auch als amtliches Prüfungsinstitut für mechanische und technische Instrumente dient. Der Präsident der Anstalt ist zugleich der Direktor der wissenschaftlichen Abteilung.¹⁴ Wissenschaftler, denen für physikalische Untersuchungen die geeigneten Räumlichkeiten und kostspieligen Apparate fehlen, können als Gäste in der ersten Abteilung arbeiten. Der Erfolg der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt löste Bestrebungen zur Gründung einer analogen Chemisch-Technischen Reichsanstalt aus. Getragen von den Entwicklungsbedürfnissen der Wissenschaft selbst als auch des Staates und der Wirtschaft, was auch in Untersuchungen der Wissenschaftspolitik in Deutschland seit dem 18. Jahrhundert deutlich wird,¹⁵ erfolgten in Berlin die Gründungen mehrerer lehrunabhängiger Forschungsinstitute im Rahmen der über drei Jahrzehnte (1911-1945) existierenden Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (KWG), die sowohl vom Staat als auch von der Wirtschaft finanziert wurden.¹⁶ So wies Emil Fischer im Oktober 1912 bei der Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts (KWI) für Chemie sowie des von der Koppel-Stiftung ins Leben gerufene Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie auf die jahrelangen vergeblichen Bemühungen hin, „ein Institut zu gründen, das ähnlich der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der wissenschaftlichen und technischen Chemie dienen sollte.“¹⁷ In der Denkschrift von Adolf von Harnack aus dem Jahre 1909 wurde bereits auf Forschungsrichtungen hingewiesen, „die in den Rahmen der Hochschule überhaupt nicht mehr hineinpassen, teils weil sie so große ma-

- 14 Der erste Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt war Herrmann Helmholtz. Zu den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft vgl. Kant, H., Aus den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierter Wirtschaft: Herrmann Helmholtz, Werner Siemens und andere. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 129 – 142.
- 15 Vgl. McClelland, Ch.E., *State, Society and University in Germany 1700-1914*. Cambridge 1980.
- 16 *50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente*. Hrsg. v. d. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen 1961.
- 17 Ebenda, S. 150.

schinelle und instrumentelle Einrichtungen verlangen, dass kein Universitätsinstitut sie sich leisten kann, teils weil sie sich mit Problemen beschäftigen, die für die Studierenden viel zu hoch sind und nur von jungen Gelehrten vorgetragen werden können.¹⁸ Ferner werden in dieser Denkschrift zu Beginn des 20. Jahrhunderts neuartige Beziehungen zwischen der Forschung in staatlichen Instituten und in der Wirtschaft angesprochen. So wurde damals exemplarisch aus der Situation in der organischen Chemie, „deren Führung noch bis vor nicht langer Zeit unbestritten in den chemischen Laboratorien der deutschen Hochschulen lag“, die „heute von da fast völlig in die großen Laboratorien der Fabriken abgewandert“ ist, gefolgert, dass „dieses ganze Forschungsrichtung für die reine Wissenschaft zu einem großen Teil verloren“ ist, „denn die Fabriken setzen die Forschungen stets nur soweit fort, als sie praktische Resultate versprechen und sie behalten diese Resultate als Geheimnisse oder legen sie unter Patent. Daher ist nur selten eine Förderung der Wissenschaft von Seiten der mit noch so großen Mitteln arbeitenden Laboratorien der einzelnen Fabriken zu erwarten. Wohl hat sich stets das Umgekehrte gezeigt: die reine Wissenschaft hat der Industrie die größten Förderungen durch die Erschließung wirklich neuer Gebiete gebracht.“¹⁹ Aus der Sicht von Adolf Budenandt erfolgte die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Jahre 1911, „um eine Lücke im deutschen Wissenschaftsgefüge zu schließen. Man spürte, dass Arbeitsweisen erforderlich wurden, die in den herkömmlichen Formen nur schwer zu bewältigen waren: Es schien dringend erforderlich, Gelehrten, die sich vor allem reiner Forschung widmen wollten, in völliger Freiheit ihre Arbeit zu ermöglichen, sie weitgehend abzuschirmen von all den Dingen, die letztlich ihre Leistungsfähigkeit im Dienste des menschlichen Fortschritts beeinträchtigen könnten. Es galt zweitens, den in neu sich entwickelnden Grenzgebieten tätigen Gelehrten ihr ganz spezielles, auf sie zugeschnittenes Arbeitsinstrument zu geben, um auf diese Weise Fachrichtungen zu stärken und wachsen zu lassen, die in der Struktur der Universitäten und Technischen Hochschulen noch gar keinen oder keinen ausreichenden Raum hatten. Ich nenne aus der ersten Zeit der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft beispielhaft die physikalische Chemie eines Haber, die Radiochemie eines Hahn, die theoretische Physik eines Einstein, die Biochemie eines Warburg. Zum dritten bestand seit Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die Aufgabe, neue Institutstypen zu entwickeln und zu betreuen. Zur Lösung mancher Probleme müssen sehr umfangreiche personelle und sachliche Mittel zu einem Gebilde zusammengefügt werden, das schon wegen seines Umfangs, seines technischen

18 Ebenda, S. 82.

19 Ebenda, S. 82 - 83.

Aufwandes jedes Hochschulgefüge sprengen müsste. Die Institute für Eisenforschung, Kohlenforschung und Arbeitsphysiologie seien als Beispiele genannt.“²⁰ Wir möchten diese drei Gründe, die zur Einrichtung sowohl vom Staat als auch von der Wirtschaft finanzierter und lehrunabhängiger Forschungsinstitute angegeben werden, wie folgt formulieren: erstens die steigenden Kosten der Forschungstechnik;²¹ zweitens die wachsenden Lehrverpflichtungen für Hochschullehrer, die ein Arbeiten eingedenk der Mahnung von Wilhelm von Humboldt „immer im Forschen bleiben“ erschweren; drittens die Möglichkeit, weit mehr interdisziplinäre Forschungssituationen zu schaffen und zu bearbeiten, und zwar ungehindert durch zwangsläufig disziplinäre Lehrprofile. In diesem Sinne wurde von August Wassermann bei Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für experimentelle Therapie (des nachmaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biochemie) im Oktober 1913 gefordert: „Neue Wege der Heilung und alles dessen, was mit ihr zusammen hängt, besonders die Krankheitserkenntnis, sollen hier in diesem Hause nicht mehr wie in früheren Zeiten den mehr oder weniger subjektiven Erfahrungen des einzelnen Beobachters an Krankenbett überlassen bleiben, sondern auf Grund zielbewusster Forschertätigkeit unter Zuhilfenahme exakten naturwissenschaftlichen Hilfsdisziplinen ergründet werden.“²² So wurde in der Gründungsgeschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft auf die Fruchtbarkeit eines Verkehrs von Forschern verschiedener Richtungen hingewiesen. Insbesondere in den Begründungen für biowissenschaftliche Forschungsrichtungen ohne Lehrbetrieb wird von O. Jaekel die Vorstellung entwickelt, dass sie in erhöhtem Masse interdisziplinär arbeiten sollten,²³ was auch wissenschaftlich ertragreich eingetreten ist.

In der Tätigkeit der Generalverwaltung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft wurde Ende der zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts folgende Einteilung der Kaiser-Wilhelm-Institute nach den Quellen ihrer Finanzierung entwickelt und angewendet²⁴: *A-Institute, die aus privaten Mitteln mit geringen Zuschüssen aus öffentlichen Mitteln finanziert wurden* (1. Aerodynamische Versuchsanstalt, 2.

20 Ebenda, S. 7 - 8.

21 Vgl.: Biedermann, W., Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts. - In Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 143 - 172.

22 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-1961. Beiträge und Dokumente. Hrsg. v. d. Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen 1961. S. 158.

23 Vgl.: Jaekel, O., Über die Pflege der Wissenschaft im Reich. - In: Der Morgen. 20(1907), S. 617 - 621.

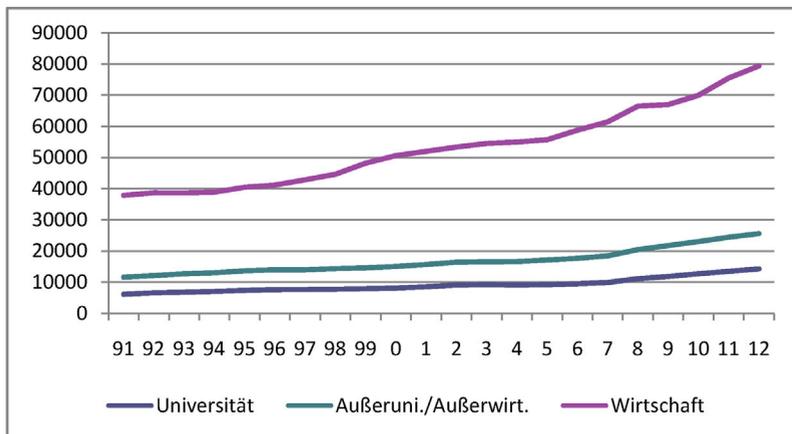
KWI für Chemie, 3. Eisenforschung, 4. Kohlenforschung/Mülheim, 5. Kohlenforschung/Breslau, 6. Metallforschung, 7. Züchtungsforschung); *B-Institute, die aus öffentlichen und privaten Quellen finanziert wurden* (1. KWI für Strömungsforschung, 2. Arbeitsphysiologie, 3. Biochemie/Abteilung Tabakforschung, 4. Hydrobiologische Anstalt der KWG, 5. Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie, 6. Vogelwarte Rossitten der KWG, 7. KWI für Faserstoffchemie, 8. Silikatforschung, 9. Lederforschung, 10. Deutsches Entomologisches Institut der KWG, 11. KWI für ausländisches und internationales Privatrecht, 12. Zellphysiologie); *C-Institute, die vollständig aus öffentlichen Mitteln finanziert wurden* (1. KWI für Biologie, 2. Deutsche Geschichte, 3. experimentelle Therapie, 4. Biochemie, 5. Hirnforschung, 6. physikalische Chemie und Elektrochemie, 7. Physik, 8. ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, 9. Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik, 10. medizinische Forschung); *D-Institute, die zwar aus öffentlichen Mitteln finanziert wurden, aber, da gemeinsam mit anderen in- und ausländischen Trägern betrieben, von der KWG einen festen Zuschuß erhielten* (1. Biologische Station Lunz, 2. Observatorium Sonnblick, 3. Forschungsanstalt für Wasserbau und Wasserkraft, 4. Physiologisches Institut der Universität Halle/Abt. Abderhalden, 5. Deutsch-Italienisches Institut für Meeresbiologie/Rovigno, 6. Zoologische Station Neapel).

2. Wissenschaftsausgaben Deutschlands im 21. Jahrhundert

Nach den zwischen Staat und Wirtschaft aufgeteilt finanzierten Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickeln sich die Wissenschaftsausgaben in Deutschland zwischen dem Staat für die Universitäten, zwischen dem Staat und der Wirtschaft für außeruniversitäre und ausserwirtschaftlichen Institutionen sowie der Wirtschaft für Wissenschaft wie Abbildung 1 zeigt. 247,4 Milliarden Euro - soviel wurde in Deutschland 2012 insgesamt für Bildung, Forschung und Wissenschaft ausgegeben. Die Summe setzt sich nach Angaben des Statistischen Bundesamts aus vielen einzelnen Posten zusammen. Dazu gehören unter anderen die staatlichen Zuschüsse für Kitas, Schulen, Hochschulen genauso wie Forschungsausgaben der Wirtschaft. Die Steigerung ist vor allem auf erhöhte Mittel für Forschung und Entwicklung zurückzuführen (plus vier Milliarden Euro). Allein die Wirtschaft investierte hier 2,7 Milliarden Euro zu-

24 MPG-Archiv, I. Abt. Rep. I A, Nr. 361. Dazu Peter Christian Witt, Wissenschaftsfinanzierung zwischen Inflation und Deflation: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 1918/19 bis 1934/35. - In: Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. Hrsg. v. Rudolf Vierhaus u. Bernhard vom Brocke. Stuttgart 1990. S. 619-621.

Abbildung 1: *Wissenschaftsausgaben in Deutschland (in Millionen Euro).*
(Quelle: Statistisches Bundesamt).



sätzlich, der Staat noch einmal knapp eine Milliarde Euro mehr als im Jahr zuvor. Die höheren Staatsausgaben führten die Statistiker unter anderem auf die Exzellenzinitiative der Universitäten zurück. Insgesamt wurden in Deutschland 2012 für die Forschung 79,5 Milliarden Euro ausgegeben.

Das entspricht dem Niveau des Vorjahres. Für die betriebliche Weiterbildung wurden 10,4 Milliarden Euro ausgegeben, für Krippen, Horte und die Jugendarbeit 10,5 Milliarden Euro.

Insgesamt entsprachen die Bildungs- und Forschungsausgaben 9,3 Prozent des Bruttoinlandsproduktes im Jahr 2012. Deutschland hat also die Zehnprozentmarke, die sich Bund und Länder als Ziel für das Jahr 2015 gesetzt haben, noch nicht erreicht. Vor allem der Bildungsanteil ist zu gering und bleibt noch unter den dafür angepeilten sieben Prozent. Der Anteil von drei Prozent, der für den Bereich Forschung und Entwicklung vorgesehen ist, ist dagegen bereits erreicht.

Bund, Länder und Gemeinden hatten in ihren Etats für 2013 Bildungsausgaben von 116,6 Milliarden Euro veranschlagt. Das waren 4,6 Milliarden Euro mehr als im Vorjahr und so viel wie nie zuvor, wie aus dem Bildungsfinanzbericht des Statistischen Bundesamts hervorgeht. Endgültige Zahlen gibt es erst für 2010, als die öffentlichen Ausgaben für Bildung 106,3 Milliarden Euro betragen. Der Bund trug davon 7,8 Milliarden Euro, die Länder 75,1 Milliarden Euro und die Gemeinden 23,4 Milliarden Euro. Bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung hat Deutschland 2012 erstmals das Ziel eines dreiprozentigen An-

teils am Bruttoinlandsprodukt erreicht, meldete die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz von Bund und Ländern. Die Ausgaben hätten bei 2,98 Prozent gelegen. Damit entspreche Deutschland der Strategie Europa 2020. Im Jahr 2011 habe Deutschland 75,5 Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung ausgegeben. Den größten Posten - nämlich 134,9 Milliarden Euro - machen die direkten Ausgaben für formale Bildungseinrichtungen aus. Darunter fassen die Statistiker das Geld zusammen, das für Lehrkräfte und anderes Personal an Kitas, Schulen und Hochschulen benötigt wird. Ebenso gehören die Ausgaben für Lehrmittel an diesen Einrichtungen dazu und Bau, Energie, Reinigung und Erhaltung von Schulgebäuden. Genauer aufgeschlüsselt ist dieser große Bereich in dem Bericht der Statistiker nicht.

3. Export und Import Deutschlands

In der wissenschaftsbasierten Wirtschaft kommt neuer Technik nur dann die Eigenschaft der Innovation zu, wenn mittels ihrer Wohlfeilheit auf dem Weltmarkt Preise in einer solchen Höhe realisiert werden können, dass mindestens die mitunter enormen forschungsseitigen Vorleistungen für die Fertigung neuer Technik denjenigen zurückerstattet werden, die sie weltweit als erste aufgewendet haben. Ohne die Chance einer solchen Zurückerstattung durch Innovation müssten die zunehmenden finanziellen Aufwendungen für Wissenschaft in jedem Land für sich durch das in ihm begrenzte Steueraufkommen getragen werden. Nur wenn auf dem Weltmarkt für neue wissenschaftsbasierte Technik ein Preis in einer solchen Höhe erzielt wird, dass die wissenschaftsseitigen Vorleistungen für die Fertigung dieser neuen Technik denjenigen zurückerstattet werden, die sie weltweit als erste aufgewendet haben, haben Länder, die den wissenschaftlich-technischen Fortschritt gestalten, die Chance, dass ihnen die mitunter enormen finanziellen Aufwendungen dafür zurückerstattet werden. Dabei wird auf das Erfolgsgeheimnis jener Betriebe hingewiesen, die den höchsten Beitrag zum verfügbaren Endprodukt leisten: beständige Erneuerung der Erzeugnisse entsprechend den Bedürfnissen der Märkte plus Erneuerung der Technologien zur Senkung der Kosten. Mit diesem Prozess verbunden wird ein gewichtiger Teil des produzierten Bruttoinlandsprodukts über den Export sowohl stofflich als auch wertmäßig realisiert und über den Import stofflich entsprechend den Bedürfnissen der nationalen Reproduktion umstrukturiert. Die Produktivkräfte und der Grad der Vergesellschaftung der Arbeit haben sich über die nationalen Volkswirtschaften hinaus derart weit entwickelt, dass die von ihnen erbrachten Vorleistungen für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt nur über den Weltmarkt zurückerstattet werden können.

Dabei gibt es drei Möglichkeiten:

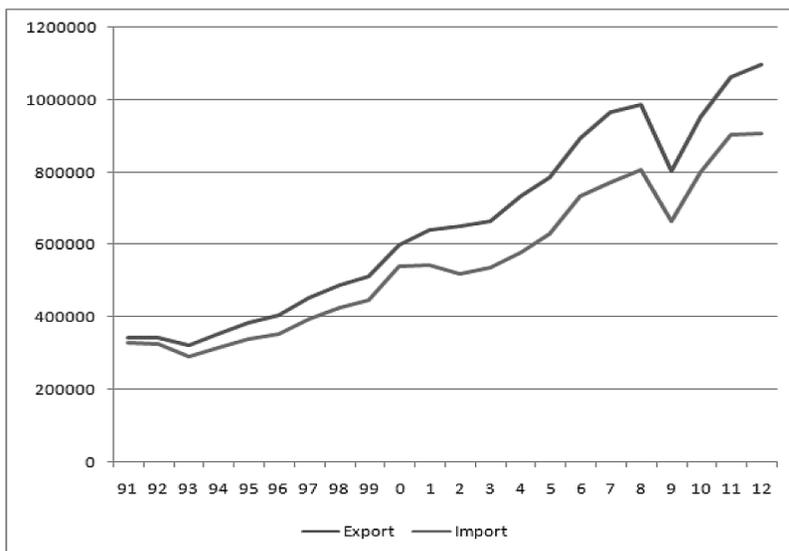
Erstens: Die importierten Güter können wertmäßig durch die exportierten Güter ausgeglichen werden.

Zweitens: Wegen der in der Innovationskonkurrenz auf dem Weltmarkt geringeren Wohlfeilheit jeder exportierten Waren gegenüber den importierten muss für ein gegebenes Importvolumen ein zum nationalen Wert hohes Exportvolumen erwirtschaftet werden. Dadurch werden die enormen forschungsseitigen Vorleistungen für die Originalarbeit ausländischer Betriebe und Volkswirtschaften gerechtfertigt.

Und drittens: Bei höherer Wohlfeilheit der exportierten Waren gegenüber den importierten reicht es für den Erhalt eines gegebenen Importvolumens aus, ein zum nationalen Wert geringeres Exportvolumen bereitzustellen. Dadurch werden die enormen eigenen Vorleistungen für Originalarbeit ökonomisch gerechtfertigt.

Für Deutschland trifft seit Jahren der drittgenannte Fall zu wie Abbildung 2 zeigt.

Abbildung 2: Export und Import Deutschlands (*in Millionen Euro*).
(Quelle: Statistisches Bundesamt)



4. Export-Import-Saldo und Innovationskraft der Wirtschaft in Deutschland²⁵

Jedes neue Produktionsverfahren verwohlfineert die Waren, womit diese über ihre Fertigungskosten auf dem Weltmarkt verkauft werden können Schließlich kommt eine Phase, wo „abgesehen vom Umfang des fungierenden Kapitals, beßre Arbeitsmethoden, neue Erfindungen, verbesserte Maschinen, chemische Fabrikgeheimnisse etc., kurz neue, verbesserte, über dem Durchschnittsniveau stehende Produktionsmittel und Produktionsmethoden angewandt werden. Die Verminderung des Kostpreises und der daraus entfließende Surplusprofit entspringen hier aus der Art und Weise, wie das fungierende Kapital angelegt wird ... ein Umstand, der wegfällt, sobald sich die exzeptionelle Produktionsweise verallgemeinert oder von noch mehr entwickelter überflügelt wird.“²⁶ Innovation ist in der Wirtschaft ein Prozess, in dem die Fähigkeit zur ökonomischen Effektivität von älteren Produkten und Verfahren auf neuere übergeht. In diesem Prozess zerstören technische Neuerungen im technologischen Wettbewerb mit bereits vorhandenen Produkten und Verfahren deren ökonomisches Effektivitätspotential bis ihre ausnahmsweise Produktivkraft zu einer allgemein genutzten Produktivkraft geworden ist. Aus ökonomischer Sicht ist die Phase des schnellen Wachstums von besonderem Interesse, wächst doch in ihr der innovativen Produktionseinheit über die die durchschnittliche des gesamten Produktionsfeldes beträchtlich hinaus, dass mit einer entsprechenden Masse des Nettoproduktes Extragewinne in einer solchen Höhe realisiert werden, die die enormen forschungsseitigen Vorleistungen für das Zustandekommen neuer Technik rechtfertigen. Die zeitliche Positionierung der Phasen des Innovationsprozesses in der Wirtschaft erfordern das Streben und die Befähigung, wissenschaftlich-technische Problemlösungen zu einem für das Zurückerlangen der forschungsseitigen Vorleistungen günstigen Zeitpunkt zur Grundlage von Innovationen zu machen:

25 Zur Export/Import-Relation bei höherwertiger Technik und bei Spitzentechnik siehe für das letzte Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts: Heinrich Parthey, Formen von Institutionen in der Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation. - In: Wissenschaft und Innovation: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2001. (Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek], S. 9 - 39) sowie für das erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts: Michael Hüther, Defizite in der Spitzentechnologie? Ein Evergreen ohne Wirkung? in diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014.

26 Siehe Marx, K., Das Kapital. Dritter Band. Berlin: Dietz Verlag 1988. S. 657. (Im Weiteren heißt es: "die Bestimmung des Wertes durch die gesellschaftlich notwendige Arbeitszeit setzt sich durch in der Verwohlfilerung der Waren und dem Zwang, die Waren unter denselben günstigen Verhältnissen herzustellen." Ebenda, S. 657).

Jeder spätere Zeitpunkt verringert die Chance, die enormen Vorleistungen für das Zustandekommen von Innovationen durch Extragewinne auf dem internationalen Markt zu rechtfertigen. .

Abbildung 3: *Saldo Export-Import Deutschlands (in Millionen Euro).*
(Quelle: Statistisches Bundesamt)

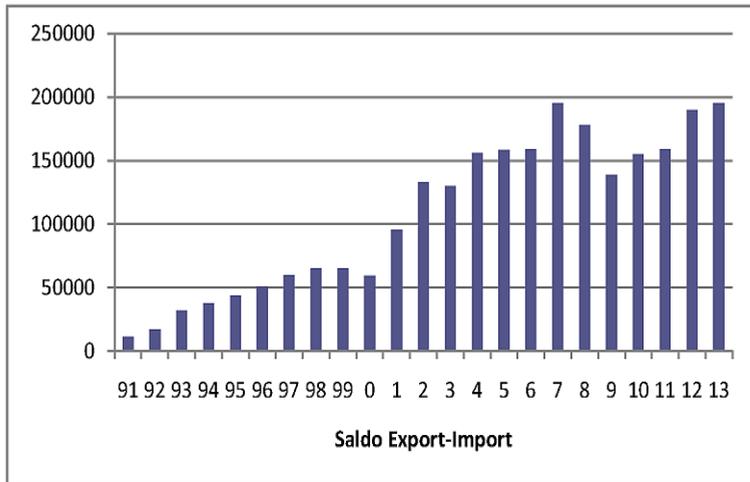


Abbildung 3 zeigt den Saldo zwischen Export und Import Deutschlands in den letzten Jahren, in dem auch die Innovationskraft der Wirtschaft in Deutschland zu Ausdruck kommt.

Dieser Saldo zwischen Export und Import Deutschlands rechtfertigt in jedem Fall die enormen forschungsseitigen finanziellen Vorleistungen für das Zustandekommen neuer Technik und gestattet der deutschen Wirtschaft die dafür „*erforderlich(en) gewesenene Auslagen schon gedeckt (zu) haben*“²⁷, darunter vor allem ihre Aufwendungen für Wissenschaft.

Wenn die deutsche Industrie bis 2020 jährlich 40 Milliarden Euro in Anwendungen von Industrie 4.0 investieren will, dann versprechen sich die Unternehmen Effizienzsteigerungen und Kosteneinsparungen. Zu diesen und weiteren Ergebnissen kommt eine gemeinsame PwC- und Strategy&-Analyse, die 235 deutsche Industrieunternehmen aus folgenden fünf Branchen befragt hat: Maschi-

27 Siehe: Babbage, Ch., Die Ökonomie der Maschine. Erw. u. red. Fassung auf Grundlage der Übersetzung von G. Friedenberg aus dem Jahr 1833. A. a. O., S. 266.

nen- und Anlagenbau, Automobilzulieferer, Elektrotechnik und Elektronikindustrie sowie Prozessindustrie und Informations- und Kommunikationsindustrie²⁸

Die in der Studie befragten Industrieunternehmen gaben an, dass sie in den kommenden fünf Jahren im Schnitt 3,3 Prozent ihres Jahresumsatzes in Industrie 4.0-Lösungen investieren wollen. Das entspricht knapp der Hälfte der geplanten neuen Ausrüstungsinvestitionen. Besonders der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Informations- und Kommunikationsindustrie wollen überdurchschnittlich in die Digitalisierung und Vernetzung investieren. Als „zentraler Treiber entstehen schließlich neue, oftmals disruptive Geschäftsmodelle, die dem Kunden dank der auf ihn zugeschnittenen Lösungen einen signifikanten Zusatznutzen bieten“.²⁹

Bis 2020 erwarten die befragten Unternehmen, dass über 80 Prozent ihrer Wertschöpfungsketten einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen. Durch eine stärkere Digitalisierung und Vernetzung ihres Produkt- und Serviceportfolios werden Unternehmen ihre Umsätze im Schnitt um 2,5 Prozent pro Jahr steigern können. Auf die Gesamtheit aller Industrieunternehmen in Deutschland bezogen entspricht das einem jährlichen Umsatzpotenzial von über 30 Milliarden Euro für die deutsche Wirtschaft.³⁰ Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass sie ihre Effizienz durch die Digitalisierung ihrer Wertschöpfungskette um durchschnittlich 18 Prozent in den kommenden fünf Jahren steigern können.³¹

Dreh- und Angelpunkt von Industrie 4.0 ist die Analyse und Nutzung von Daten.³² Durch die Vernetzung von Wertschöpfungsketten und Produkten entstehen riesige Datenmengen, die viele Unternehmen bisher noch nicht strukturiert verwenden. Neun von zehn befragten Industrieunternehmen sind der Ansicht, dass die Fähigkeit zur Datenanalyse in fünf Jahren für ihr Geschäftsmodell entscheidend sein wird. Neben dem messbaren quantitativen Nutzen erwartet die Industrie auch qualitative Vorteile durch die Digitalisierung der Prozesse. Digitalisierung des Produkt- und Serviceportfolios ist auch der Schlüssel zu einem verbesserten Steuern der Produktion.

28 Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Hrsg. v. PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. Frankfurt am Main: PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2014.

29 Ebenda, S. 7.

30 Ebenda, S. 11.

31 Ebenda, S. 22.

32 Siehe: Industrie 4.0 „Chancen der vierten industriellen Revolution“ von Jörg Krüger und Jens Lambrecht in diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014.

Regionale wirtschaftliche Resilienz und die Finanzierung von Innovationen

Einführung

Seit Beginn der internationalen Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2008, die im anglo-amerikanischen Raum auch als „great recession“ bezeichnet wird, mehrten sich die Publikationen, die sich mit ökonomischer Resilienz, vor allem auf regionaler Ebene, beschäftigen.¹ Im Unterschied zu herkömmlichen Betrachtungen wirtschaftlicher Wachstums- und Entwicklungsprozesse geht es hierbei vorrangig um den Funktionserhalt einer Volkswirtschaft unter widrigen Umfeldbedingungen.² Hintergrund des zunehmenden Interesses an dieser Fragestellung ist die Beobachtung zunehmender externer Einflussfaktoren auf regionale Entwicklungsprozesse durch intensivierete weltweite wirtschaftliche Verflechtungen. Vereinfacht geht es bei der Betrachtung regionaler wirtschaftlicher Resilienz um die Frage, warum es einigen Regionen in Zeiten widriger Einzelereignisse (beispielsweise Naturkatastrophen, Industrieunfälle und technologisches Versagen, wirtschaftliche Rezessionen oder politische Veränderungen) oder mittelfristiger Transformationen (beispielsweise im Zuge demografischer Veränderungen, des Klimawandels, neuer technologischer Durchbrüche oder der politisch motivierten Transformation von Energiesystemen) besser gelingt, ihre Wirtschaftskraft und Beschäftigungspotentiale zu behaupten oder sogar zu erhöhen, als anderen Regionen.

- 1 Vgl. hierzu beispielsweise Christopherson, S. / Michie, J. / Tyler, P.: Regional resilience: theoretical and empirical perspectives. – In: *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* (Oxford University Press). 3 (2010), S. 3 - 10 und weitere Beiträge dieser Zeitschriftenausgabe. Vgl. zudem Wink, R. (2014): Regional Economic Resilience: European Experiences and Policy Issues. – In: *Raumforschung und Raumordnung* (Springer). 72 (2014), S. 85 - 91.
- 2 Vgl. zu entsprechenden Definitionsansätzen Strambach, S. / Klement, B.: Resilienz aus wirtschaftsgeografischer Perspektive: Impulse eines „neuen“ Konzepts. - In: *Interdisziplinäre Perspektiven der Resilienzforschung*. Hrsg. v. R. Wink. Berlin et al.: Springer sowie Martin, R. / Sunley, P.: Towards a Developmental Turn in Evolutionary Economic Geography? – In: *Regional Studies* (Taylor & Francis). (2014), S. 1 - 21. DOI:10.1080/00343404.2014.899431.

Es ist nicht Anliegen dieses Beitrags, die Debatte um regionale ökonomische Resilienz darzustellen oder zu kommentieren. Vielmehr geht es in diesem Beitrag um den Einzelaspekt der Verknüpfung von regionaler wirtschaftlicher Resilienz und Innovationspotentialen. In Studien zur Identifizierung von Merkmalen resilienter Regionen wird häufig auf Innovationsfähigkeiten und -output als erklärende Variable hingewiesen.³ Zugleich wirken sich widrige Umfeldbedingungen häufig negativ auf verfügbare Finanzmittel für Investitionen in Innovationsfähigkeiten⁴ aus, wobei von Unterschieden in Abhängigkeit von der Art der Finanzierung auszugehen ist. An diesem Punkt setzt der vorliegende Beitrag an, indem er sich auf mögliche Interdependenzen zwischen der überwiegenden Art der Finanzierung von Innovationen und der ökonomischen Resilienz fokussiert. Im Anschluss an diese Einleitung erfolgt zunächst eine kurze Einführung in die bestehende Diskussion um regionale ökonomische Resilienz. Hieran schließt sich eine Betrachtung der unterschiedlichen Arten der Finanzierung von Innovationen und möglicher Auswirkungen auf die Resilienz an. Zum Abschluss wird diskutiert, inwieweit sich aus unterschiedlichen Wirkungsketten zugleich Implikationen für unterschiedliche Verständnisse von regionaler ökonomischer Resilienz und notwendiger Reformansätze im Bereich der Innovationspolitik ergibt.

1. Ein kurzer Überblick zu regionaler ökonomischer Resilienz

Die Besonderheit der Betrachtung regionaler ökonomischer Resilienz besteht vorrangig darin, sich anstelle einer zumeist üblichen Maximierung oder Optimierung auf den Funktionserhalt trotz widriger Umstände zu konzentrieren. Die ersten Veröffentlichungen zu regionaler ökonomischer Resilienz erschienen zu Beginn des vergangenen Jahrzehnts.⁵ Die Anzahl der Publikationen stieg allerdings seit Beginn der „great recession“ deutlich an, wobei grundsätzlich drei unterschiedliche methodische Zugänge in Abhängigkeit von der Bedeutung bestehender Gleichgewichte zu beobachten sind.⁶

3 Vgl. hierzu in einem europaweiten Überblick Bristow, G. / Healy, A. et al.: ECR 2 – Economic crisis: Resilience of regions, Scientific report to the European Spatial Observatory Network, Cardiff: Cardiff University 2014.

4 Der Innovationsbegriff bezieht sich hierbei auf neue Produkte, Verfahren und Organisationsformen, die neben dem Kriterium der Neuheit auch erfolgreich eingesetzt werden und somit die eingesetzten Investitionsmittel refinanzieren, vgl. hierzu auch den Beitrag von Heinrich Parthey, Finanzierbarkeit der Wissenschaft durch Innovation in der Wirtschaft, in diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014.

5 Vgl. Reggiani, A. / De Graaff, T. / Nijkamp, P.: Resilience: An Evolutionary Approach to Spatial Economic Systems. – In: Networks and Spatial Economics (Springer), 2 (2002) 2, S. 211 - 229.

- Erstens beziehen sich Vertreter der „engineering resilience“ auf ein Resilienzkonzept, das auf den ursprünglichen aus der Materialkunde stammenden Kern des Resilienzbegriffs verweist.⁷ Dieser ursprüngliche Kern betrachtet Fähigkeiten des „Zurückprallens“ oder „Zurückfederns“ zu seinem Ausgangszustand. Analog betrachten Studien in diesem Kontext, inwieweit es regionalen Volkswirtschaften gelingt, ihr ursprüngliches Wirtschaftswachstum oder ihren ursprünglichen Beschäftigungsstand zu halten oder in kurzer Frist wieder zu diesem Ursprungsniveau (dem „Gleichgewichtszustand“) zurückzukehren.⁸ Innovationsfähigkeiten bieten in diesem Kontext die Möglichkeit, durch neue Produkte und Dienstleistungen neue Märkte zu erschließen, die den Verlust bestehender Märkte aufgrund der widrigen Umfeldbedingungen ausgleichen können. Problematisch an der Gleichgewichtsbetrachtung ist jedoch, dass die für Innovationen notwendigen Veränderungen (neue Beschäftigungsmuster, Qualifikationen und Marktstrukturen) nicht in die Modelle integriert werden können.
- Zweitens orientieren sich Vertreter der „(social)-ecological resilience“ an Resilienzkonzepten aus der ökologischen Forschung, die den Übergang von einem Gleichgewicht zu einem anderen als resiliente Reaktion auf widrige Umstände beinhalten.⁹ Innovationen ermöglichen oder gar er-

6 Vgl. zu dieser Dreiteilung Martin, R.: Regional economic resilience, hysteresis, and recessionary shocks. - In: *Journal of Economic Geography* (Oxford University Press), 12 (2012), S. 1 - 32 sowie Strambach / Klement (2014).

7 Vgl. zu den Ursprüngen des Resilienzbegriffs beispielsweise Alexander, D. E.: Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. – In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* (European Geosciences Union), 13 (2013), S. 2707 - 2716.

8 Vgl. zu entsprechenden Untersuchungen Hill, E. et al.: Economic Shocks and Regional Economic Resilience. In: *Urban and regional policy and its effects*. Hrsg. v. M. A. Turner et al. Washington, D.C.: Brookings 2012. Davies, S.: Regional resilience in the 2008-2010 downturn: comparative evidence from European countries. – In: *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* (Oxford University Press). 4 (2011), S. 369 - 382. Fingleton, B. / Garretsen, H. / Martin, R.: Recessionary shocks and regional employment: Evidence on the resilience of U.K. regions. – In: *Journal of Regional Science* (Wiley). 52 (2012), S. 109 - 133. Holm, J. R. / Østergaard, C. R.: Regional Employment Growth, Shocks and Regional Industrial Resilience: A Quantitative Analysis of the Danish ICT Sector. – In: *Regional Studies* (Taylor & Francis). (2013). 1-18. DOI:10.1080/00343404.2013.787159.

9 Vgl. beispielsweise Lukesch, R. / Payer, H. / Winkler-Rieder, W.: Wie gehen Regionen mit Krisen um? Eine explorative Studie über die Resilienz von Regionen. Studien der ÖAR Regionalberatung, Wien 2010 sowie zu den Grundlagen aus der Ökologie Holling, C. S.: Engineering resilience versus ecological resilience. In: *Engineering within Ecological Constraints*. Hrsg. v. P. Schulze. Washington, D.C.: Island Press 1996, S. 31 - 44.

zwingen hierbei strukturelle Anpassungen in den regionalen Produktionsstrukturen, um durch dauerhafte Veränderungen den widrigen Umfeldbedingungen begegnen zu können. Problematisch bleibt hierbei jedoch weiterhin, dass dauerhafte Gleichgewichtszustände die Zielrichtung bilden.

- Schließlich werden drittens Modelle komplexer adaptiver Systeme als Referenzrahmen evolutionärer Resilienzkonzepte herangezogen.¹⁰ Hierbei befinden sich regionale Volkswirtschaften in fortwährenden Entwicklungsprozessen, deren Verlauf durch widrige Umfeldbedingungen zwar beeinflusst werden kann. Als komplexe adaptive Systeme können die Volkswirtschaften durch Interaktionen der Bürger und Unternehmen jedoch selbstorganisiert und in Koppelung mit Akteuren aus anderen Regionen oder übergeordneten räumlichen Ebenen zu neuartigen Strukturen gelangen,¹¹ die verhindern, dass es zu Verringerungen von Volkseinkommen oder Beschäftigung kommt. In diesem Konzept sind Innovationen fortwährend inhärenter und notwendiger Bestandteil der Entwicklungsprozesse, wobei die Innovationspotentiale entscheidend von bestehenden Wissensstrukturen und Interaktionen beeinflusst werden, da diese den Kreativitätsrahmen beschreiben.

In allen Konzepten sind Innovationen daher wichtige Voraussetzungen, um widrigen Umfeldbedingungen erfolgreich begegnen zu können. Auch empirische Studien verweisen darauf, dass Regionen mit wirtschaftlich erfolgreichen Innovationssystemen besser exogene Schocks verarbeiten können.¹² Hierbei ist allerdings auch der normative Gehalt des Resilienzbegriffs zu berücksichtigen, da sich die „erfolgreiche Krisenbewältigung“ zumeist auf Indikatoren des Bruttoinlandsprodukts oder der Beschäftigung beziehen. Was allerdings jeweils als Krise zu verstehen ist und wann von erfolgreicher Bewältigung gesprochen werden kann, sind normative Festlegungen.¹³ Wir werden später auf die normativen Implikati-

- 10 Vgl. Martin, R. / Sunley, P.: On the Notion of Regional Economic Resilience: Conceptualisation and Explanation. Papers in Evolutionary Economic Geography, 13.20. Utrecht: Utrecht University 2013 und Bristow, G. / Healy, A.: Building Resilient Regions: Complex Adaptive Systems and the Role of Policy Intervention. – In: Raumforschung und Raumordnung (Springer). 72 (2014), S. 93 - 102.
- 11 Hierbei wird der Begriff der Emergenz als entscheidend angesehen, vgl. Martin, R. / Sunley (2013).
- 12 Vgl. Bristow, Healy et al. (2014) und Simmie, J. / Martin, R.: The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. – In: Cambridge Journal of Regions, Economy and Society (Oxford University Press). 3 (2010), S. 27 - 43.

onen des Resilienzbegriffs zurückkommen. Zunächst geht es jedoch im nächsten Abschnitt um die Finanzierung von Innovationen.

2. *Innovationsfinanzierung und ihre Herausforderung*

Zentrale Herausforderung der Finanzierung von Innovationen ist die Überwindung von allgemeinen Unsicherheiten und Informationsasymmetrien.¹⁴ Grundsätzlich ist der Erfolg von Innovationen im Vergleich zu Investitionen in bekannte Verfahren und Anlagen unsicherer. Zusätzlich entsteht eine Informationsasymmetrie vor und nach einer Kapitalbereitstellung, da die potentiellen Kapitalgeber über weniger Informationen als die kapitalsuchenden Unternehmen oder Entwickler verfügen und daher Gefahr laufen, von opportunistischen Kapitalnachfragern ausgenutzt zu werden beziehungsweise nicht zwischen „guten“ und „schlechten“ Risiken unterscheiden zu können. Es werden daher glaubwürdige Signale der Kapitalnachfrager benötigt, um eine Erfolgswahrscheinlichkeit mit ausreichender Sicherheit bestimmen zu können.¹⁵ Hierzu sind zumeist etablierte Unternehmen und größere Unternehmen mit einer größeren Eigenkapitaldecke eher in der Lage als potentielle Neugründer und Jungunternehmer.

In der Folge hat sich in den Volkswirtschaften ein vielschichtiges Modell der Kapitalbereitstellung entwickelt, das den unterschiedlichen Risikokonstellationen Rechnung trägt und zudem nationale Kulturen der Finanzierung berücksichtigt. Im anglo-amerikanischen Raum sind private Kapitalmärkte – für Neugründer und Jungunternehmer insbesondere Venture-Capital-Märkte, in einigen zumeist mit der Kreativwirtschaft in Verbindung stehenden Nischen auch das über das Internet organisierte Crowdfunding – die vorrangigen Arenen, auf denen sich Kapitalangebot und -nachfrage begegnen.¹⁶ In Deutschland hingegen stieg die Bedeutung von Risikokapitalmärkten im Zuge der Entwicklung des „Neuen

13 Vgl. in diesem Kontext zur Bedeutung der Kognition Mergel, T.: Krisen als Wahrnehmungsphänomen. - In: Krisen verstehen. Historische und kulturwissenschaftliche Annäherungen. Hrsg. v. T. Mergel. Frankfurt am Main: Campus 2013, S. 9 - 22. Hill et al. (2012) verweisen auf Regionen, in denen befragte Bürger zwar eine Krisenbewältigung verspüren, die allerdings nicht von Daten bestätigt wird.

14 Vgl. ausführlicher zur Erläuterung Blum, U. / Müller, S.: The role of property rights regimes for R&D cooperation between industry and academia. – In: Academia-business link. Hrsg. v. R. Wink. Palgrave-Macmillan: Houndmills 2004, S. 90 - 104.

15 Vgl. in diesem Kontext zur Bedeutung von Patenten als Signalen Haeussler, C. / Harhoff, D. / Mueller, E.: To be financed or not... – The role of patents for venture capital financing. Discussion Paper 2009-003. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung: Mannheim 2009.

16 Vgl. beispielsweise Kaplan, S.N. / Lerner, J.: It ain't broke: the past, present and future of Venture Capital. – In: Journal of Applied Corporate Finance (Wiley), 22 (2010) 2, S. 36 - 47.

Marktes“ für junge technologieorientierte Unternehmen an der Börse bis 2001 stark an, erreichte jedoch nach dem Zerplatzen der „dotcom-Blase“ nicht mehr das hohe Niveau.¹⁷ Der Grund für die Schwankungen liegt in dem Geschäftsmodell der Anbieter von Risikokapital begründet, die ihr Risiko durch eine Diversifizierung ihrer Investitionen zwar verringern, eine überproportional hohe Risikoprämie für ihre Investoren nur erwirtschaften können, wenn durch die Börseneinführung eines jungen Unternehmens sehr hohe Gewinne im Vergleich zur ursprünglichen Investitionen entstehen und somit das Scheitern anderer Projekte mehr als kompensiert werden kann.¹⁸

Angesichts des begrenzten und zumeist erst in späteren Phasen der Finanzierung verfügbaren Risikokapitals sind Kapitalnachfrager mit neuen technologieorientierten Projekten zu einem relativ hohen Anteil auf Eigenmittel angewiesen. Kreditfinanzierungen durch Banken sind aufgrund der relativ hohen Risiken, insbesondere bei Neugründungen und kapitalintensiven Investitionen in neue Technologien, Grenzen gesetzt.¹⁹ Für Gründer entsteht daraufhin zumeist eine Finanzierungslücke im „Early-Stage“-Bereich, da Venture-Capital-Gesellschaften ihr Kapital, wenn überhaupt, erst in späteren Phasen anbieten.²⁰ Daher wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Programme auf Bundes- und Länderebene eingeführt, um möglichen Finanzierungsengpässen zu begegnen. Zudem sind Privatinvestoren überproportional in frühen Finanzierungsphasen bei Unternehmen der Spitzentechnik und hochwertigen Technologie aktiv.²¹ Der Innovationsoutput, gemessen an Patenten, ist jedoch bei Unternehmen, die durch heterogene Syndikate, geführt von privaten Venture-Capital-Investoren, finanziert werden

- 17 Vgl. beispielsweise Franzke, S.: *Venture Capital in Deutschland und der Neue Markt: Eine empirische Untersuchung*. Frankfurt am Main: Knapp 2005.
- 18 Vgl. zu den auch im europäischen Vergleich geringen Anreizen zur Risikokapitalfinanzierung in Deutschland beispielsweise Röhl, K.-H.: *Venture Capital. Ein neuer Anlauf zur Erleichterung von Wagniskapitalfinanzierungen*. IW Policy Paper 6. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft 2014. EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation: *Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands* 2012. Berlin: EFI 2012.
- 19 Vgl. Egel, J., et al.: *Wachstumsbedingungen bzw. Wachstumshemmnisse für junge Unternehmen. Studien zum deutschen Innovationssystem*. Nr. 14-2012. Berlin: EFI 2012.
- 20 Vgl. allerdings zum positiven Einfluss der Finanzierung auf Innovationskapazitäten Heger, D.: *Money for novelty: The impact of venture capital investments for innovation in young technology-based firms*. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, DP 13-077. Mannheim 2013.
- 21 Vgl. hierzu Gottschalk, S. / Licht, G.: *Finanzierung von jungen Unternehmen durch externes Eigenkapital in Deutschland. Auswertungen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 2013.

höher als bei Unternehmen, die von einzelnen Privatinvestoren oder öffentlichen Fonds finanziert werden.²²

Zugleich sind zwischen den Innovationskompetenzen in anglo-amerikanischen Volkswirtschaften und in Deutschland gravierende Unterschiede zu erkennen. Während das deutsche Innovationssystem²³ vorrangig im Bereich hochwertiger Technologien („medium high-technologies“), beispielsweise in der Fahrzeug- und Maschinenbauindustrie, Innovation hervorbringen, liegen die Innovationsschwerpunkte in den USA oder Großbritannien im Bereich der Spitzentechnologien.²⁴ Der schnelle Durchbruch neuer Technologien aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationsindustrie wird nicht zuletzt mit den sehr günstigen Finanzierungsbedingungen auf den US-amerikanischen Finanzmärkten in den 1990er Jahren in Verbindung gebracht.²⁵ Zu den Ursachen für diese Schwerpunktsetzung in Deutschland werden neben den ausgebauten Forschungsinfrastrukturen an der Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung im Bereich der hochwertigen Technologien auch Schwierigkeiten für Neugründer und junge Unternehmen bei der Markterschließung und dem schnellen Wachstum genannt. Eine jüngere Studie zu den Innovationsbarrieren bei kleinen und mittelständischen Unternehmen verweist allerdings vorrangig auf Probleme bei der Innovationsverwertung und -umsetzung.²⁶ Angesichts verkürzter Innovationszyklen gerade bei Konsumgütern der Sektoren im Bereich der Spitzentechnologien kommt der schnellen Markterschließung und Internationalisierung eine entscheidende Bedeutung zu, wobei auch hier die Finanzierung für jüngere Unternehmen eine Rolle spielt.

Im folgenden Abschnitt werden vor diesem Hintergrund Erfahrungen und Argumente zu den Wechselwirkungen zwischen der Innovationsfinanzierung und der Resilienz während der „great recession“ insbesondere in Deutschland und den USA betrachtet.

22 Vgl. hierzu Bertoni, F. / Tyková, T.: Which form of venture capital is most supportive of innovation? Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. DP No. 12-018. Mannheim 2012.

23 Vgl. grundlegend zum Begriff des Innovationssystems Freeman, C.: Technology and economic performance. Lessons from Japan. London: Pinter 1987; Lundvall, B.-A. (Hrsg.): National systems of innovations. Towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter 1992.

24 Vgl. Schiersch, A. / Gehrke, B.: Die Wissenswirtschaft im internationalen Vergleich: Strukturen, Produktivität und Außenhandel. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 06-2014. Berlin: EFI 2014.

25 Vgl. Hobijn, B. / Jovanovic, B.: The information-technology revolution and the stock market: Evidence. - In: American Economic Review (American Economic Association), 91 (2001), S. 1203 - 1220.

3. Erfahrungen mit der Innovationsfinanzierung vor und während der „great recessio“

Zur Entstehung der „great recession“ im Zuge der „subprime mortgage crisis“ in den USA existieren mittlerweile zahlreiche ausführliche Diskussionsbeiträge.²⁷ Ein Ausgangspunkt war die Fehlbewertung von Risiken im US-Hypothekenmarkt, die durch Verbriefungen als Wertpapiere über Transaktionen auf den Kapitalmärkten internationalisiert wurden. Die Finanzierungsbedingungen in den USA waren im Zeitraum zwischen 2001 und 2007 von einer relativ hohen Absorption des einströmenden Kapitals²⁸ durch das wachsende Haushaltsdefizit von Bundesstaat und Einzelstaaten sowie durch die Immobilien- und Derivatemärkte geprägt. Demgegenüber konnten Investitionen in Forschung und Entwicklung nur geringere Renditen bieten und stießen an Finanzierungsgrenzen.²⁹ Zugleich hatte sich in den USA seit Beginn der 1980er Jahre eine Umlenkung der staatlichen Mittel für Forschung und Entwicklung weg von der Grundlagenforschung und verstärkt in Richtung marktorientierter Entwicklungen durch Unternehmen vollzogen.³⁰ Bis 2007 führte der relativ hohe Binnenkonsum zu

- 26 Vgl. Glöckner, U. / Rammer, C.: Untersuchung von Innovationsbarrieren in Unternehmen – insbesondere KMU – bei der Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in vermarktungsfähige Produkte und mögliche Ansatzpunkte zu deren Überwindung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin 2013; Belitz, H. / Lejpras, A.: Financing patterns of innovative SMEs and the perception of innovation barriers in Germany. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Discussion Paper No. 1353. Berlin 2014. Vgl. zu den Innovationsbarrieren auch Thielmann, A., et al.: Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Arbeitsbericht Nr. 133. Berlin 2013 sowie zur Bedeutung der Finanzierung für Innovationskapazitäten in den Unternehmen Hottenrott, H. / Peters, B.: Innovative capability and financing constraints for innovation. More money, more innovation? Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung, DP 09-081. Mannheim 2009.
- 27 Vgl. ausführlich Sinn, H.-W.: Casino Capitalism: How the financial crisis came about and what needs to be done. Oxford University Press: Oxford 2010. Admati, A. / Hellwig, M.: The bankers' new clothes: what's wrong with banking and what to do about it. Princeton University Press: Princeton 2013 sowie zum Verlauf Federal Reserve Bank of St. Louis: The Financial Crisis. A timeline of events and policy actions. <http://timeline.stlouisfed-org/index.cfm?p-home> [31.08.2014]
- 28 Vgl. zu den weltweiten Ungleichgewichten in den Leistungs- und Kapitalbilanzen und ihren Ursachen Schnabl, G.: Triebkräfte und Lösungsansätze globaler und europäischer Leistungsbilanzungleichgewichte. Working Papers on Global Financial Markets. Nr. 23. Jena: University of Jena 2011.
- 29 Vgl. zur geringeren Produktivität der US-Wirtschaft vor der „great recession“ Fernald, J.: Productivity and potential output before, during and after the great recession. Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper Series 2012-18. San Francisco 2012.

relativ hohen Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts in den USA, was wiederum die Gewinnung ausländischer Kapitalströme erleichterte.

Die Finanz- und Wirtschaftskrise begann in den USA mit kurzfristigen Liquiditätsengpässen, da fehlendes Vertrauen auf den Finanzmärkten zu einer kurzfristigen Verringerung der Geldumlaufgeschwindigkeit führte. Eine zunehmend unkonventionelle Geldpolitik konnte Liquiditätsengpässe beseitigen.³¹ Diese Liquidität wurde jedoch in der Regel nicht für die Finanzierung von Investitionen in Forschung und Entwicklung aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Risiken verwendet.³² Dementsprechend sank das verfügbare Risikokapital in den USA in den Jahren 2008 und 2009 deutlich, wenn auch ausgehend von einem weit geringeren Niveau als bei der Beendigung der „Dotcom-Blase“ im Jahr 2001.³³ Darüber hinaus beschleunigte die Wirtschaftskrise einen Strukturwandel in der US-amerikanischen Industrie, die zum Verlust zahlreicher eher traditioneller Industriearbeitsplätze führte.³⁴ Trotz einer relativ schnellen Erholung des Bruttoinlandsprodukts nach einem drastischen Einbruch kam es nicht zu einer schnellen Erholung auf den Arbeitsmärkten. Die Art der Finanzierung im Bereich von Forschung und Entwicklung scheint zumindest Volatilitäten zunächst zu verstärken und – entgegen früherer Erfahrungen in Rezessionen – nicht zu einer schnellen Erholung auf den Arbeitsmärkten beizutragen.

Die deutsche Volkswirtschaft erfuhr ab dem Jahr 2008 die negativen Folgen der Finanz- und Wirtschaftskrise durch die Beteiligung deutscher Banken an der Finanzierung des US-Hypothekenmarktes und insbesondere durch einen deutlichen Rückgang des Exports. Dieser Export war zuvor die Basis für wieder zunehmende Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts gewesen und konnte vorrangig mittels einer zunehmenden Internationalisierung der Produktionsstrukturen bei zugleich starken Wettbewerbspositionen durch kontinuierliche Produkt-

30 Vgl. Shapiro, S.: *Federal R&D: Analyzing the shift from basic and applied research toward development*. Stanford University: Stanford 2013.

31 Vgl. Guerron-Quintana, P. A. / Jinnai, R.: *Liquidity, trends, and the great recession*. Federal Reserve Bank of Philadelphia 2014.

32 Vgl. zur Diskussion um hohe Liquiditätsbestände in den US-amerikanischen Unternehmen beispielsweise Sanchez, J. M. / Yurdagul, E.: *Why are corporations holding so much cash? The Regional Economist*. Federal Reserve Bank of St. Louis 2013 mit weiteren Verweisen.

33 Vgl. hierzu OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development: *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard*. Paris: OECD 2009 mit Verweisen auf Statistiken von PricewaterhouseCoopers und der National Venture Capital Association.

34 Vgl. unter anderen Meltzer, J. / Steven, D. / Langley, C.: *The United States after the great recession: The challenge of sustainable growth*. Washington, D.C.: Brookings 2013. Chapple, K. / Lester, T.W.: *The resilient regional labour market? The US case*. – In: *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* (Oxford University Press), 3 (2010), S. 85 - 104.

und Verfahrensfortentwicklungen erhöht werden.³⁵ Der Rückgang des Exports war daher im Gegensatz zur US-Industrie nicht mit der Wahrnehmung eines notwendigen Strukturwandels verbunden, sondern in wichtigen Exportsektoren wie dem Maschinenbau und der Fahrzeugindustrie mit dem Selbstverständnis hoher internationaler Wettbewerbsfähigkeit.³⁶ Da bereits vor der Finanzkrise die Finanzierungsbedingungen für risikobehaftete Investitionen als schwierig wahrgenommen wurden, war zudem die Verschuldungsrate vergleichsweise gering. Als dann die Finanzkrise zu einem Einbruch der Exportnachfrage führte, waren drei Reaktionsmuster zur Sicherung der Innovationsfinanzierung in Deutschland zu beobachten³⁷:

- Einsatz von Eigenmitteln zur Verlagerung eigener Ressourcen in Richtung Forschung und Entwicklung
- gegenseitige Unterstützung von Unternehmen innerhalb einer Wertschöpfungskette durch Auftragsvergaben und vereinzelte Beteiligungen
- zusätzliche staatliche Programme zur Sicherung von Forschung und Entwicklung und damit verbundene Nachfrage, beispielsweise im Rahmen der Zukunftsinitiative Mittelstand.

Diese Aktivitäten trugen neben der Beschäftigungssicherung durch Nutzung unternehmensinterner Flexibilität im Rahmen von Arbeitszeitkonten und Kurzarbeit³⁸ dazu bei, den Anstieg der Exportnachfrage aus China und weiteren Schwellenländern zu einer schnellen wirtschaftlichen Erholung zu nutzen. In den wichtigsten Exportsektoren blieb daher das Niveau an Forschung und Entwick-

- 35 Vgl. beispielhaft zu diesen Anpassungsmaßnahmen Strambach, S. / Klement, B.: Exploring Plasticity in the Development Path of the Automotive Industry in Baden-Württemberg: The Role of Combinatorial Knowledge Dynamics. – In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie (Bucherverlag). 57 (2013), S. 67 - 82.
- 36 Vgl. Lichtblau, K. / Demary, M. / Schmitz, E.: Lehren einer Krise. Die Sicht des Maschinenbaus. Köln: IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik 2010 sowie Foders, F. / Vogelsang, M. M. : Why is Germany's manufacturing industry so competitive? Kiel Policy Brief No. 69. Kiel: Institut für Weltwirtschaft 2014.
- 37 Vgl. ausführlich hierzu Wink, R. / Kirchner, L. / Koch, F. / Speda, D.: Collective learning and path plasticity as means to regional economic resilience: The case of Stuttgart. – In: International Journal for Learning and Change (Inderscience), 9 (2014). Eickelpasch, A.: R&D behavior of German manufacturing firms during the 2008/09 recession. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Discussion Papers, No. 1357. Berlin 2014. Hud, M. / Hussinger, K.: The impact of R&D subsidies during the crisis. Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung. DP 14-024. Mannheim 2014.
- 38 Vgl. hierzu Herzog-Stein, A. / Horn, G.A. / Stein, U.: Macroeconomic implications of the German short-time work policy during the great recession. Global Policy (Wiley), 4 (2013), S. 30 - 40.

lung weitgehend erhalten, während sich in Bereichen der Spitzentechnologie kurzfristig Verringerungen beobachten ließen.³⁹

Insgesamt zeigt sich somit in Deutschland eine positive Verknüpfung der erhöhten oder zumindest nicht verringerten Investitionen in Forschung und Entwicklung mit Fähigkeiten zur Anpassung innerhalb der Finanz- und Wirtschaftskrise und einer relativ schnellen wirtschaftlichen Erholung.⁴⁰ Hierbei spielen Erfahrungen aus vorangegangenen Rezessionen und die Wahrnehmung einer hohen Wettbewerbsfähigkeit eine wesentliche Rolle. Eine Verknüpfung dieser empirischen Beobachtung mit theoretischen Argumentationssträngen ist das Anliegen des folgenden Abschnitts.

4. *Innovationsfinanzierung und ökonomische Resilienz: Ansätze zur Verknüpfung von Beobachtung und Theorie*

5. 1. Bedeutung des Zeitrahmens

Zu den noch nicht abschließend in der theoretischen Diskussion geklärten Fragestellungen zählt der zugrunde liegende Zeitrahmen zur Beurteilung der ökonomischen Resilienz. Hierbei geht es um die Frage, in welchem Zeitraum eine regionale Volkswirtschaft wieder einen bestimmten Beschäftigungsstand oder ein bestimmtes Bruttoinlandsprodukt zumindest wieder erreicht haben muss, um noch als resilient zu gelten.⁴¹ Diese Frage ist insbesondere auch für die Beurteilung der Rolle von Anpassungen und Anpassungsfähigkeiten und damit für die Beurteilung des Beitrags von Innovationen zur Resilienz im Kontext der „adaptiven Resilienz“ von Bedeutung.⁴²

Bei einem relativ kurzen Zeitraum (ein bis zwei Jahre) werden Anpassungsleistungen tendenziell unterschätzt, da strategische Maßnahmen zur Gewinnung neuer internationaler Marktanteile und zum Aufbau neuer Innovationsfähigkeiten deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen.⁴³ Investitionen in Forschung und

39 Vgl. Rammer, C. / Hünermund, P.: Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2011. Aktuelle Entwicklungen – europäischer Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 2-2013. Berlin: EFI 2013.

40 Vgl. zur Verknüpfung der regionalen ökonomischen Resilienz in Deutschland mit Anpassungen und Wachstumsereignissen auf Unternehmensebene Duschl, M.: Regional resilience and fat tails: A stochastic analysis of firm growth distributions of German regions. Working Papers on Innovation and Space. Marburg 2014.

41 Vgl. Martin, R. / Sunley (2013); Strambach / Klement (2014); Wink, R. (2014).

42 Vgl. zur Unterscheidung zwischen „adaptation“ und „adaptability“ Simmie / Martin, R. (2010).

43 Vgl. Bristow / Healy (2014).

Entwicklung bieten bei einem solchen Zeitraum nur in solchen Volkswirtschaften ein Potential zur Steigerung der Resilienz, in dem die Wettbewerbsfähigkeit bereits gegeben war und durch weitere Investitionen in der Krise erhalten bzw. ausgebaut wurde. Die Erfahrung der deutschen Industrie bietet hierfür ein gutes Beispiel, da der vergleichsweise kurze Zeitraum zwischen der zweiten Hälfte des Jahres 2008 und Ende 2009 kaum radikale strategische Neuorientierungen ermöglichte, sondern Fortentwicklungen entlang bereits existierender Anpassungskompetenzen.⁴⁴ Die Anpassungsfähigkeit stellt in einem solchen Fall eine notwendige Voraussetzung zur erfolgreichen Anpassung und Resilienz dar.

Längere Zeiträume hingegen betrachten nicht nur die kurzfristige Anpassung, sondern auch die Veränderung der Anpassungsfähigkeit.⁴⁵ Gemäß einiger Ansätze der evolutionären Wirtschaftsgeografie gelingt eine kurzfristige Anpassung entlang einer „verbundenen Vielfalt“ („related variety“), da eine Vielfalt von Branchen und Fähigkeiten für Neukombinationen von Wissen und strategischen Erfahrungen erforderlich ist, die Akteure und Organisationen entlang dieser Vielfalt jedoch auch Verbindungen benötigen, um überhaupt anschlussfähig zu bleiben.⁴⁶ Solche Verbindungen können durch gemeinsam genutzte Fähigkeiten von Mitarbeitern („skill-relatedness“), Technologien und Anlagen oder gemeinsame Bestandteile von Produkten und Verfahren gegeben sein. Im Fall einer Krise können bei gegebener „related variety“ Arbeitskräfte, Kenntnisse und andere Ressourcen von den negativ betroffenen Branchen in andere, mit ihnen verbundene Verwendungen weitergeführt werden.⁴⁷ So nutzten zahlreiche Maschinenbauunternehmen den Boom in der deutschen Photovoltaik aufgrund der attraktiven Einspeisetarife zum Einstieg in die Entwicklung entsprechender Standard- und Spezialmaschinen, veränderten ihre Schwerpunkte jedoch im Zuge des Niedergangs in der deutschen Solarindustrie wieder entweder in Richtung internationa-

44 Vgl. Wink, R. et al. (2014); Lichtblau et al. (2010).

45 Vgl. zur Verknüpfung der kurz- und mittelfristigen Perspektive in der ökonomischen Resilienzforschung Strambach / Klement (2014). Vgl. zu einer besonders langfristigen Perspektive (über mehr als ein Jahrhundert) Cellini, R. / Rorrisi, G.: Regional resilience in Italy: a very long-run analysis. – In: *Regional Studies* (Taylor & Francis), (2014). DOI:10.1080/00343404.2013.861058.

46 Vgl. Diodato, D. / Weterings, A.: The resilience of Dutch regions to economic shocks. Measuring the relevance of interactions among firms and workers. *Papers on Evolutionary Economic Geography* 12-15, Utrecht: Utrecht University 2012, und Otto, A. / Nedelkoska, L. / Neffke, F.: Skill-relatedness und Resilienz: Fallbeispiel Saarland. *Raumforschung und Raumordnung* (Springer). 72 (2014), S. 133 - 151.

47 Vgl. zu einem Überblick der möglichen Potentiale einer Betrachtung der related variety Boschma, R.: Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Papers in Evolutionary Economic Geography*, 14.09. Utrecht: Utrecht University 2014.

ler Märkte oder der Entwicklung von Maschinen mit ähnlichen Anforderungen für andere Branchen.⁴⁸ Diese verbundene Vielfalt benötigt jedoch ihrerseits wiederum erneute Veränderungen, um immer neue Möglichkeiten der Rekombination zu schaffen. Ohne eine solche Veränderung besteht die Gefahr einer fortwährenden Pfadabhängigkeit mit dem Risiko einer lock-in-Konstellation, die keine Anpassung mehr ermöglicht. Übertragen auf die Situation in Deutschland während der „great recession“ würde dies bedeuten, dass die erfolgreiche Anpassung aufgrund gegebener Anpassungsfähigkeiten möglich war, jedoch zugleich bestehende Pfadabhängigkeiten in der Industrie verstärken könnte, deren langfristige Anpassungsfähigkeit gemindert würde. Ein potentieller Untersuchungsfall dürfte der Durchbruch der „Industrie 4.0“ sein, da hier bislang noch wenig erschlossene Neukombinationen von Kenntnissen aus der Informations- und Kommunikationsindustrie mit Produktionsverfahren und weiteren technologischen Erkenntnissen erforderlich sein wird.⁴⁹

Inwieweit diese Veränderungen im Kontext verbundener Vielfalt möglich sind, wird in der wirtschaftsgeografischen Literatur kontrovers beurteilt. Einige empirische Studien verweisen darauf, dass radikale Innovationen und neue Strukturen nur durch eine Verknüpfung bislang unverbundener Industrie möglich sind.⁵⁰ Erforderlich wären demnach radikale Veränderungen in der regionalen Wirtschaftsstruktur, insbesondere durch Neugründungen in bislang noch nicht entwickelten Technologiefeldern. Hierzu seien eher liberale Marktgesellschaften besser in der Lage, da sie potentielle Verlierer eines solchen Strukturwandels weniger schützen würden und eine größere Bereitschaft zur Finanzierung von Investitionen mit hohen Risiken zeigen würden.⁵¹ Demnach wären die USA mit ihrem Modell der Innovationsfinanzierung zwar kurzfristig innerhalb der „great recession“ weniger erfolgreich gewesen, würden jedoch mittelfristig ein größeres Potential zum Aufbau neuer Anpassungsfähigkeiten bieten.⁵²

Demgegenüber verweisen andere Studien auf ein großes Potential entlang einer Pfadplastizität, d.h. entlang bestehender Pfade, die jedoch vielfältige Neu-

48 Vgl. hierzu ausführlich Schneider, D. P.: Resilience-Determinanten: Wie industriell verbundene Vielfalt die regionalwirtschaftliche Resilience beeinflusst: Eine qualitative Fallstudie mit Schwerpunkt auf Sachsen. Paper für die 7. Sommerkonferenz der Regionalwissenschaft in Marburg. Leipzig 2014.

49 Vgl. hierzu ausführlicher den Beitrag von Jörg Krüger und Jens Lambrecht, Vierte industrielle Revolution: Verbindung von Technologien des Internets mit physischen Produktionsanlagen, in diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014.

50 Vgl. beispielsweise Castaldi, C. / Frenken, C. / Los, B.: Related variety, unrelated variety and technological breakthroughs: An analysis of US state-level patenting, Papers in Evolutionary Economic Geography 13-02; Utrecht: Utrecht University 2013.

51 Vgl. zur entsprechenden Hypothese mit weiteren Verweisen Boschma (2014).

kombinationen entlang eines Korridors zulassen.⁵³ Durch Kollaborationen mit Akteuren in anderen Regionen bestehen zudem Optionen zur Verknüpfung der Ansätze einer Pfadplastizität und Schaffung neuer Pfade. Möglicherweise werden wir vor diesem Hintergrund erst nach dem Durchbruch der „Industrie 4.0“ abschließende Aussagen zur Resilienz der deutschen und US-amerikanischen Volkswirtschaften vornehmen können.

5.2 Bedeutung der Indikatoren und gesellschaftspolitischen Schlussfolgerungen

Bereits im zweiten Kapitel dieses Beitrags wurde auf den normativen Charakter des Resilienzbegriffs hingewiesen, da zumindest eine Entscheidung über die Art der Funktionalität vorzunehmen ist.⁵⁴ Mit dem Beginn der „great recession“ wurde auch in Deutschland die Diskussion um die Eignung des Bruttoinlandprodukt als Indikator zur Messung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt intensiviert.⁵⁵ Ebenso wird auch die Eignung des Indikators Beschäftigungsstand kontrovers beurteilt, da hierbei Aspekte der Qualität der Beschäftigung oder der verbleibenden Abhängigkeit der Beschäftigten von staatlichen „Aufstockungsbeiträgen“ nicht berücksichtigt werden.⁵⁶ Entsprechend wird auch über die Funktionalität der Innovationsfähigkeit als Bestandteil der Anpassungsfähigkeit

- 52 Ein typisches Beispiel hierfür bot der Auftritt von Robert Merton auf einer Tagung mit 17 Preisträgern des Alfred-Nobel-Gedächtnispreises für Wirtschaftswissenschaften in Lindau, während derer er auf die entscheidende Rolle der Finanzmärkte und der Bereitschaft zu hohen Risiken für die Entstehung neuer Technologien und wirtschaftlichem Wachstum hinwies. Vgl. Plickert, P.: Die Macht der Wirtschaftswissenschaft, - In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 196 vom 25.08.2014, S. 18.
- 53 Vgl. zum Konzept der Pfadplastizität Strambach, S. / Halkier, H.: Reconceptualizing Change – Path Dependency, Path Plasticity and Knowledge Combination. Editorial. – In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie (Buchenverlag). 57 (2013), S. 1 - 14 sowie zur Relativierung der Verknüpfung von Pfadabhängigkeit und lock-in Martin, R.: Tethinking Regional Path Dependence: Beyond Lock-in to Evolution. – In: Economic Geography (Blackwell). 86 (2013), S. 1 - 27.
- 54 Vgl. zur Kritik an der Verwendung des Resilienzbegriffs in der ökonomischen Diskussion MacKinnon, D. / Driscoll Derickson, K.: From resilience to resourcefulness: A critique of resilience policy and activism. Progress in Human Geography (Sage). 37 (2013), S. 253 - 270.
- 55 Vgl. beispielhaft den Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“, Drucksache 13300 des 17. Deutschen Bundestages. Berlin 2013.
- 56 Im April 2014 betrug die Zahl der erwerbstätigen Bezieher von Arbeitslosengeld II in Deutschland 1.303.000, wobei hiervon 616.000 ausschließlich geringfügig Beschäftigte waren. Vgl. zu diesen Daten Bundesagentur für Arbeit: Erwerbstätige Arbeitslosengeld II-Bezieher. Arbeitsmarktberichterstattung. Nürnberg 2014.

debattiert, wenn Innovationen zu einem Wegfall von Beschäftigungsmöglichkeiten und einem Anwachsen von Einkommensunterschieden führen.⁵⁷

Diese normativen Implikationen müssen nicht zuletzt verdeutlicht werden, wenn es zur Diskussion der gesellschaftlichen und politischen Schlussfolgerungen aus empirischen Ergebnissen kommt. Resilienz und damit auch die Entwicklung von Innovationskapazitäten kann nur dann ein politisches Anliegen werden, wenn der zugrunde liegende Funktionserhalt auch tatsächlich gesellschaftlich akzeptiert wird. Zudem sind bei der Betrachtung der Innovationsfähigkeiten neben den technologischen Innovationen auch Innovationen im sozialen Miteinander und der Organisation des gesellschaftlichen Zusammenlebens zu berücksichtigen.⁵⁸ So gelangt der US-amerikanische Soziologe und Ökonom Jeremy Rifkin ausgehend von ähnlichen Beobachtungen der revolutionären Umwälzungen in der Arbeits- und Konsumwelt wie bei Brynjolsson und McAfee zu anderen Erwartungen an gesellschaftliche Veränderungen. Er betont eine verstärkte Hinwendung zu Gemeinschaftsgütern mit vermehrtem sozialen Austausch anstatt einer reinen rationalen Marktlogik, die auch zu einer Neubewertung von Erwerbsarbeit führt.⁵⁹ Diese Vielfalt möglicher Entwicklungen unterstreicht nicht zuletzt das Potential gesellschaftlicher Steuerungsoptionen, die angesichts bevorstehender Veränderungen noch mehr an Bedeutung gewinnen.

Zusammenfassung der Überlegungen

Anliegen des vorliegenden Beitrags war es, mögliche Verknüpfungen zwischen der Finanzierung von Innovationen und der regionalen ökonomischen Resilienz zu untersuchen. Ausgangspunkt war hierbei die Beobachtung deutlicher Unterschiede in der Art der Innovationsfinanzierung und der Schwerpunktsetzung der Innovationen zwischen dem deutschen und dem US-amerikanischen Innovationssystem. In der „great recession“ gelang es der deutschen Volkswirtschaft vergleichsweise schnell, ihren ursprünglichen Beschäftigungsstand zu erreichen, während dies in den USA deutlich länger dauerte. Zugleich konnte beobachtet werden, dass Innovationsfinanzierungen über die Finanz- und Kapitalmärkte, die einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Spitzentechnologie in den USA leis-

57 Vgl. hierzu die Thesen zu den Beschäftigungsfolgen der Fortentwicklung in Richtung einer „Industrie 4.0“ Brynjolsson, E. / McAfee, A.: *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Norton: New York 2014.

58 Vgl. hierzu auch den Beitrag von Gerhard Banse, *Neuere innovationstheoretische Ansätze*, in diesem Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2014.

59 Vgl. Rifkin, J.: *The zero marginal cost society. The Internet of things, the collaborative commons and the eclipse of capitalism*. Palgrave Macmillan: Houndmills 2014.

ten, gerade aufgrund der Vertrauenskrise im internationalen Finanzsystem und der Verlagerung des Kapitaleinsatzes in alternative – zumeist kurzfristigere – Verwendungen vor besonderen Herausforderungen stehen. Demgegenüber gelang es in Deutschland, die Investitionen in Innovationsaktivitäten während der Finanz- und Wirtschaftskrise weitgehend zu halten und daraufhin sehr erfolgreich zusätzliche Weltmarktanteile in der Erholungsphase zu gewinnen.

Zugleich zeigt der Beitrag jedoch auch, dass eine einfache Verknüpfung zwischen Finanzierungsformen und Resilienz zu kurz greift, da zusätzlich und in besonderer Weise auch das zugrunde liegende Verständnis ökonomischer Resilienz entscheidend ist. Allgemein zielt der ökonomische Resilienzbegriff auf den Funktionserhalt trotz externer oder interner Störung ab. Was jedoch erhalten werden soll und welche Veränderungen zur Behauptung des Funktionserhalts akzeptiert werden, muss jede Gesellschaft für sich klären. Es mag sein, dass das US-amerikanische System stärkere Veränderungen erfordert und größere Einkommensunterschiede auslöst als es in Deutschland akzeptiert würde. Dies kann sich auch auf die Durchsetzung einer Revolution im Bereich industrieller Produktionssysteme („Industrie 4.0“) auswirken, wobei Resilienz im Sinne eines Funktionserhalts hierbei voraussetzt, sich nicht nur auf die Möglichkeiten technologischer Innovation zu konzentrieren, sondern zugleich auch in einem weiteren Verständnis des Innovationsbegriffs neuartige Organisationsformen und Arten sozialen Miteinanders zu unterstützen. Für die Finanzierung bedingen diese Arten der Innovation vergleichsweise geringere Kapitalerfordernisse pro Einzelinvestition, da die Kapitalintensität geringer ist. Zugleich erfordert die Finanzierung „sozialer Innovationen“ jedoch eine Diskussion über die Art der Rentabilität, die voraussichtlich neben einem engen monetären Verständnis zunehmend auch Elemente der sozialen Reputation und Reziprozität enthalten wird.⁶⁰ Somit trägt die Betrachtung der ökonomischen Resilienz auch zu einer Öffnung der traditionellen ökonomischen Modelle für zusätzliche gesellschaftliche Interaktionsformen bei.

60 Vgl. zum Einstieg und als Beispiel für die Diskussion um neue Finanzierungsformen Martin, M.: Understanding the true potential of hybrid financing strategies for social entrepreneurs. Impact Economy Working Papers, Vol. 2. Genf 2011 sowie zur Diskussion in der experimentellen Ökonomie um zusätzliche Anreizbestandteile neben monetären Prämien Falk, A.: Homo oeconomicus versus homo reciprocans: Ansätze für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? Working Paper No. 79. Zürich: Institute for Empirical Research in Economics 2011.

Innovationsfinanzierung über den Finanzmarkt - Deutschland im Wandel

1. Innovationsfinanzierung und Finanzkrise

Innovationen sind der „Maschinenraum“ der Wirtschaft.¹ Innovationen gehen auf Erkenntnisgewinne zurück. Innovative Unternehmer entwickeln nicht nur eine neue Lösung für ein vorhandenes Problem, sie müssen die jeweiligen Produkte, Prozesse und Organisationslösungen auf dem Markt einführen und im Wettbewerb durchsetzen. Um Innovationen in Profite zu münzen, bedarf es regelmäßig der Investition und damit der Investitionsfinanzierung. Tatsächlich hatte sich vor der internationalen Finanzkrise 2008/09 in Deutschland eine Investitionsfinanzierung herausgebildet, die Fremdkapital und staatliche Zuschüsse in den Mittelpunkt stellte. Die Eigenkapitaldecke deutscher Unternehmen galt im internationalen Vergleich als gering. Geringer Eigenkapitaleinsatz erleichtert relativ hohe Eigenkapitalrenditen – das war die Logik, die dahinter steckte. Tatsächlich realisierte der Unternehmenssektor in diesem Gefüge eine höhere Eigenkapitalrendite als der Bankensektor in Deutschland. Vor diesem Hintergrund wurde von dem zunehmend als Finanzindustrie konzipierten Finanzsektor erwartet, über neue Finanzmarktprodukte vergleichbare Profite zu generieren. Extraprofite durch Finanzinnovationen und extrem hohe Eigenkapitalrendite lassen sich im Finanzsektor jedoch nur kurzfristig realisieren. Denn Finanzierungsrenditen hängen eng mit Risiko und Unsicherheit zusammen; ändern sich Risikoeinschätzungen, so kann aus einem gerade noch vielversprechenden Finanzpapier ein „notleidendes“ werden.

Mehr als fünf Jahre nach der internationalen Finanzkrise hat sich die Finanzierungswelt geändert. In der Eurozone wie auch in anderen wichtigen Währungsräumen wurde von den Zentralbanken eine extreme Niedrigzinspolitik durchgesetzt.² In Deutschland setzen die Unternehmen zunehmend auf Eigenmittel.³ Dabei finden Unternehmen in Zeiten niedriger Leitzinsen theoretisch gute Fi-

1 Vgl. Belitz, H. und Schrooten, M., Innovationssysteme – Motor der Wirtschaft. - In: Vierteljahrheft für Wirtschaftsforschung, 77(2008)2, S. 5 -10.

finanzierungsbedingungen vor. In der aktuellen Situation in der Deutschland greift der lehrbuchmäßige Mechanismus:

sinkende Zinsen -> erhöhte Investitionstätigkeit

nicht. Dies kann als ein Indikator dafür verstanden werden, dass eine auch Jahre nach der internationalen Finanzkrise hohe Unsicherheit über die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung besteht. Die Unsicherheit wird aus unterschiedlichen – binnenwirtschaftlichen wie außenwirtschaftlichen – Quellen gespeist.⁴

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit dem Thema Innovationsfinanzierung in unsicheren und risikoreichen Zeiten. Der Fokus liegt auf Deutschland. Dabei werden zunächst finanzsektorspezifische Standardindikatoren vorgestellt. Anschließend werden Finanzierungsformen abseits des traditionellen Finanzmarktes erläutert. Dazu gehören Crowdfunding und Crowdinvesting ebenso wie die publikumswirksame Streuung klassischer Finanzierungsinstrumente (zum Beispiel Anleihen) mit relativ hohen Renditeversprechen. Abschließend wird ein Fünf-Punkte Plan zur Absicherung der Innovationsfinanzierung vorgestellt

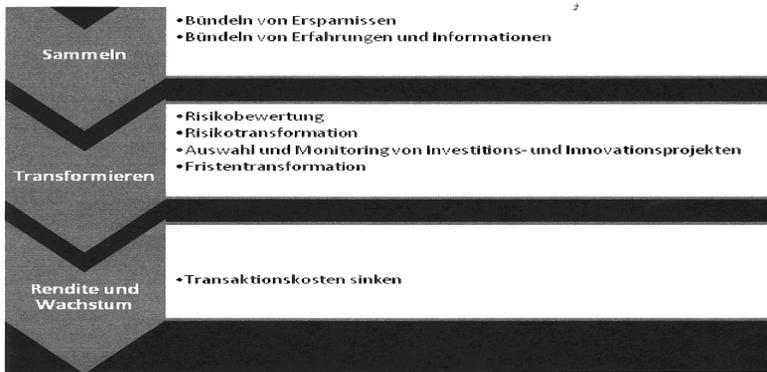
2. Schlaglicht: Unternehmens-, Investitions- und Innovationsfinanzierung

Mit der internationalen Finanzkrise 2008/09 wurden auch wichtige Formen der Innovationsfinanzierung in Frage gestellt. Die Innovationsfinanzierung ist grundsätzlich als Innenfinanzierung und als Außenfinanzierung denkbar. Nach Standardökonomielehrbüchern hat die Außenfinanzierung aus der Sicht von Unternehmen viele Vorteile. Denn sie bettet das eigentliche Finanzmarktprodukt „Finanzierung“ in den komplexen Prozess des Projektmanagements ein. Die Kredit- bzw. Mittelvergabe durch externe Finanzmarktakteure kann dabei wie ein erstes Qualitätssiegel für die geplante Innovation bzw. Investition gelten.

- 2 Unter einer extremen Niedrigzinspolitik der Zentralbank werden Leitzinssätze mit einer Null vor dem Komma verstanden. In den USA, aber auch in Japan lassen sich derartige Zinssätze seit langem finden. In der Eurozone wurde erst 2012 auf die extreme Niedrigzinspolitik übergegangen. In der Eurozone ist die Durchsetzung der extremen Niedrigzinspolitik in erster Linie eine geldpolitische Antwort auf die Folgen der staatlichen Verschuldungskrisen in den einzelnen Mitgliedsländern; diese Verschuldungskrisen wurden vielfach durch die Stützung der nationalen Finanzsektoren in den jeweiligen Ländern befeuert.
- 3 Vgl. Deutsche Bundesbank: Monatsbericht, Dezember 2013.
- 4 Vgl. Landmann, O., Boysen-Hogrefe, J., Jannsen, N., Fichtner, F., Schrooten, M., Hüther, M. (2014): Niedrige Zinsen – gesamtwirtschaftliche Ursachen und Folgen. - In: Wirtschaftsdienst. 94(2014)9, S. 611 - 630.

Finanzintermediäre vermitteln zwischen Kapitalangebot und Kapitalnachfrage. Zu den lehrbuchmäßigen Aufgaben von Finanzintermediären gehören die Fristentransformation und die externe Risikoübernahme ebenso wie die renditeorientierte Unterstützung bei der Projektauswahl und beim langfristigen Monitoring einzelner Projekte. Durch die besondere Erfahrung bei der Projektfinanzierung wird von den Finanzintermediären im Zeitverlauf eine spezielle Kompetenz in der Auswahl potentiell erfolgreicher Projekte generiert. Diese kann nach den gängigen Modellen durch passgenaue Finanzprodukte die *Transaktionskosten* bei der Finanzierung des möglichen Projektes senken und damit einen eigenen Beitrag zum Erfolg sowie zur Rentabilität des Projektes leisten (Abbildung 1).

Abbildung 1: Aufgaben von Finanzintermediären



Geringe Transaktionskosten führen demnach zu höheren gesamtwirtschaftlichen Wachstumsraten.⁵ Ein wesentliches Problem bei der empirischen Bestimmung der Transaktionskosten ist, dass der Begriff selbst intransparent ist.

Banken sind Finanzintermediäre. Beim Bankkredit erfolgt die Vergabe je nach Bankentyp in erster Linie indikator- oder kundenbeziehungsgestützt. In Deutschland sind vor allem die kleineren Banken, die Genossenschaftsbanken und Sparkassen, die auf kundenbeziehungsfundierte Verfahren setzen. Hierbei werden die über einen längeren Zeitraum aus der bestehenden Kundenbeziehung gewonnenen Informationen ausgewertet; diese in der Regel nicht-handelbaren, unternehmensintern generierten eher qualitativen Informationen fließen dann in die Kreditvergabeentscheidung bei konkreten Projekten ein. Bei indikatorgestützten

5 Erste Ansätze zu dieser Idee finden sich bei King, R.G. und Levine, R., Finance and Growth. Schumpeter might be right. The Worldbank. Working Paper February 1993.

Kreditvergabeverfahren wird in erster Linie auf quantitative Daten gesetzt, die nachvollziehbar und deren Entstehung transparent sind.

Bei der Kreditfinanzierung können die Transaktionskosten der Finanzintermediation approximiert werden. So kann der „spread“ zwischen dem Refinanzierungszinssatz der Banken und dem Zins, zu dem ein Unternehmenskredit effektiv vergeben wird, als Proxy dienen. Jedoch ist zu beachten, dass in diese Zinsdifferenz weitere Größen eingehen, wie etwa die Risikobewertung. Aus der Sicht von Banken ist der risikobereinigte Zins die Grundlage der Gewinne aus Krediten.

Aus der Sicht von Unternehmen werden mit dem Zins die Kosten für ein ganzes Dienstleistungsset der Banken abgegolten. Zentral für die Unternehmensentscheidung ist die Höhe der effektiven Kreditverzinsung. Es ist den kreditnachfragenden Unternehmen unbekannt, welcher Anteil dabei auf die Refinanzierung, welcher Anteil auf den kalkulatorischen Risikoaufschlag und welcher Anteil auf die Gewinnmarge geht. Aus der Perspektive der Banken sieht dies anders aus. Aus ihrer Sicht sind die eigenen Refinanzierungskosten und das geschätzte Kreditausfallrisiko ebenso wie die geplante Gewinnmarge wichtige Preissetzungsparameter.

Formal ist der Zins der Preis für den Kredit; jedoch gibt es „den Zins“ nur im Lehrbuch. In den effektiven Zins (i_{eff}) gehen demnach ein kalkulatorischer Marktzins (i_m), eine Risikoprämie (r) und ein geplanter Bankgewinn ein. Lehrbuchmäßig hängt der Marktzins von den Refinanzierungsbedingungen der Banken und damit vom Leitzins der Zentralbank ab. Folglich müsste sich unter sonst gleichen Bedingungen in einer extremen Niedrigzinsphase – wie derzeit in der Eurozone, aber auch in Japan und den USA – der Zins für Unternehmenskredite stark sinken. Damit müssten sich die Finanzierungsbedingungen für innovative und investitionsorientierte Unternehmen in einer solchen Phase erheblich verbessern. Oder anders ausgedrückt, verbessern sich die Finanzierungsbedingungen für Unternehmen bei einer Leitzinssenkung nicht entsprechend, dann geht das auf eine veränderte Risikoprämie bzw. Gewinnkalkulation der Banken zurück. Bei vollständiger Konkurrenz müssten die Gewinnmargen verschwindend gering sein; die Preise für Kredite müssten sich zwischen den einzelnen Banken annähern. Folglich gilt: Hohe Bankkrediten lassen sich vor allem mit risikoreichen Geschäften realisieren. Dabei stehen die Banken jedoch vor einem Dilemma.⁶ Eine starke Renditeorientierung führt demnach zwangsläufig zu einer hohen Ausfallwahrscheinlichkeit – und konterkariert damit das eigentliche Ziel der Ge-

6 Vgl. dazu das richtungweisende Werk von Akerlof, G.A., The Market for „Lemons“: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. - In: Quarterly Journal of Economics, 84(1970)3, S. 488-500 <http://iei.liu.se/nek/730g83/artiklar/1.328833/AkerlofMarketforLemons.pdf> und die darauf aufsetzende Folgeliteratur.

winnmaximierung. Je höher der Preis bzw. der Zins für den Kredit, desto höher die Verlustgefahr. Insbesondere sind dem Finanzmarkt asymmetrische Information und Probleme der adversen Selektion innewohnend; damit ist der Finanzmarkt eo ipso verschiedenen Formen des Marktversagens ausgesetzt. Staatliche Regulierung ist selbst nach neoliberalen Theorien immer da notwendig, wo es Marktversagen gibt. Mit anderen Worten: Der Finanzmarkt funktioniert nicht wie ein simpler Gütermarkt, sondern ist wesentlich komplexer.

Die Innovationsfinanzierung ist mit einem besonderen Risiko behaftet. In der Literatur wird die Innovationsfinanzierung oftmals in ähnlicher Art und Weise betrachtet, wie die Gründungsfinanzierung. Tatsächlich finden Innovationen jedoch nicht nur in der Gründungsphase des Unternehmens statt, sondern sind Bestandteil der kontinuierlichen Unternehmensentwicklung. Unternehmen, die innovative Produkte und Dienstleistungen anbieten, arbeiten oftmals selbst mit innovativen Methoden, um so internationale Wettbewerbsvorteile zu generieren. Damit ist die Innovation zentral für die Absicherung des dauerhaften Unternehmenserfolgs. Dies gilt sowohl für Produkt- als auch für Prozessinnovationen. Allerdings ist der Erfolg von Innovationen unsicher. Es ist unsicher, ob das Produkt überhaupt eine entsprechende Marktfähigkeit erreicht und sich die erwarteten Renditen realisieren lassen. Zwangsläufig ergibt sich daher bei der Kreditfinanzierung eine besonders hohe Risikoprämie, die vom Unternehmen zu zahlen ist. Diese verteuert die klassische Form der Fremdfinanzierung. Je höher aber die Kreditkosten, desto höher die Gefahr, dass das Unternehmen insolvent wird.

Vor diesem Hintergrund gewinnen andere Finanzierungsformen an Attraktivität. Dies gilt nicht nur für Finanzierungen durch Eigenmittel von Unternehmen sondern auch für Finanzierungen über den so genannten "Schattenbankensektor". Schattenbanken fallen anders als die üblichen Geschäftsbanken nicht unter die Bankenaufsicht. Staatliche Regulierungen – wie etwa Eigenkapitalvorschriften – sind in diesem Teil des Finanzmarktes nicht oder kaum vorhanden. Aus der Sicht von Finanzintermediären sind damit die regulatorischen Kosten gering. Risikoreiches Verhalten wird nicht durch regulatorische Vorschriften begrenzt.

Moderne Formen von Schattenbanking setzen oft auf einfallsreiche Konstrukte. Dies gilt insbesondere für zwei Arten: die an ein breites Publikum gerichtete Verbreitung etwa von Genussrechten und das ebenfalls an ein breites Publikum gerichtete, internetbasierte Crowdfunding bzw. Crowdinvestment.⁷ Bei ersterem wird ein traditionelles Finanzprodukt, das Genussrecht, eventuellen Anlegerinnen und Anlegern angeboten. Dieses Produkt wird nicht zwangsläufig über den Bankensektor vertrieben. Beim Crowdfunding bzw. Crowdinvestment werden im

Internet Plattformen als Kapitalsammelstellen eingerichtet. In beiden Fällen ist die staatliche Regulierung bislang schwach.

3. Traditionelle Innovationsfinanzierung in Deutschland

Als Proxy für die Innovationsausgaben werden häufig die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) herangezogen. Tatsächlich lagen in Deutschland die Ausgaben für F&E im Jahr 2011 bei etwa 2,9 Prozent des Bruttoinlandsprodukts. Davon geht der größte Teil auf Unternehmensausgaben („Wirtschaft“) zurück. Auf die gewinnorientiert operierenden Unternehmen entfielen demnach 2011 F&E-Ausgaben in Höhe von gut 51 Mrd. Euro; das sind etwa 2 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Dazu kommen F&E-Ausgaben des Staates und der nicht-erwerbsorientierten Unternehmen. Damit ergab sich für 2011 ein maximaler Finanzierungsbedarf für F&E von 75,5 Mrd. Euro.⁸

Nach Angaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung werden mehr als 91 Prozent dieser F&E-Ausgaben durch Eigenmittel der Unternehmen abgedeckt.⁹ Schon aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass der Markt für Innovationsfinanzierung von außen ein eher kleiner ist. Dies wird auch durch eine Studie des Fraunhofer-Instituts gestützt, die die Innovationsfinanzierung von kleinen und mittleren Unternehmen im Raum Stuttgart untersuchte. Demnach finanzierten im Jahr 2008 im Stuttgarter Raum 71 Prozent der befragten kleinen und mittleren Unternehmen (Grundgesamtheit: 214) ihre Innovationen zu einem überwiegenden Teil aus Eigenmitteln¹⁰; 44 Prozent sogar ausschließlich aus Eigenmitteln. Folglich ergibt sich hier nur ein kleiner Markt für fremdfinanzierte Projekte. Nach den vorliegenden Angaben nehmen 62 Prozent der befragten Unternehmen gar keine Kredite von Banken in Anspruch. Vielfach wird dabei die

7 “Crowdfunding allows founders of for-profit, artistic, and cultural ventures to fund their efforts by drawing on relatively small contributions from a relatively large number of individuals using the internet, without standard financial intermediaries.” Mollick, E.R., *The Dynamics of Crowdfunding. An Exploratory Story.*- In: *Journal of Business Venturing*, Volume 29(2014)1, S. 1 - 16.

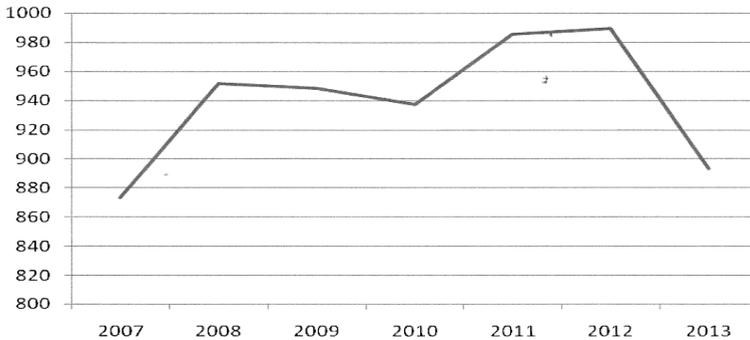
8 Vgl. zu den Daten Bundesministerium für Bildung und Forschung): Bundesbericht Forschung und Innovation 2014 <http://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/bufi.html>. Zum Vergleich: Damit wird für F&E in Deutschland wesentlich weniger ausgegeben als beispielsweise für den Wohnungsbau.

9 Ebenda.

10 Vgl. Kulicke, M., *Innovationsfinanzierung als unternehmerische Herausforderung*. Vortrag vom 20.11.2012. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/p/de/vortragsfolien/politik_evaluation/Kulicke_Innovationsfinanzierung-Stuttgart-20.11.2012.pdf. Zugriff: 4. September 2014.

restriktive Kreditvergabe der Banken als limitierender Faktor empfunden. Eine restriktivere Kreditvergabe der Banken war im Gefolge der internationalen Finanzkrise 2008/09 weltweit gefordert worden. Denn eine lockere Kreditvergabe hatte zuvor zu erheblichen Kreditausfallrisiken in den Bankbilanzen geführt und legte die Grundlage für die internationale Finanzkrise.

Abbildung 2: Bankkredite an Unternehmen, in Milliarden Euro, Bestände (Quelle: Deutsche Bundesbank, Bankenstatistik.)

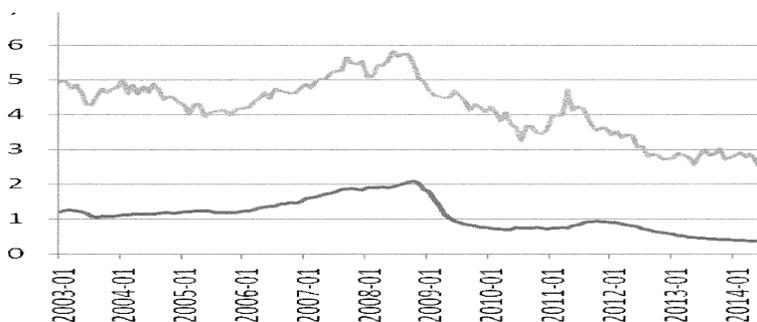


Die aggregierte Bankenstatistik der Deutschen Bundesbank weist Unternehmenskredite zu Innovationszwecken nicht gesondert aus.¹¹ Vielmehr sind diese Kredite in den allgemeinen Unternehmenskrediten enthalten. Entgegen der internationalen Forderungen zu Stabilisierung und Begrenzung der nationalen Bankensektoren wurde die aggregierte Bankbilanz und die Kreditvergabe im unmittelbaren Gefolge der weltweiten Finanzkrise 2008/09 in Deutschland zunächst kräftig ausgeweitet. Die Geschäftsbanken wurden in dieser Zeit nicht auf ihre Kernfunktionen zurückgeführt, sondern gewannen in Deutschland gesamtwirtschaftlich an weiter Gewicht! Im Zuge der allgemeinen Kreditausweitung der Banken wurde auch die Kreditvergabe an den Unternehmenssektor kräftig ausgebaut (Abbildung 2). Ein „credit crunch“, also eine angebotsseitige Kreditbegrenzung durch die Geschäftsbanken, lässt sich für diese Zeit nicht ausmachen. In der ersten Zeit nach Ausbruch der Krise waren die Leitzinsen der Europäischen Zentralbank in kurzer Frist erheblich gesenkt worden. Dennoch lagen Leitzinsen in der Eurozone Ende 2008 weit höher als etwa die in den USA oder in Japan.

11 Vgl. Deutsche Bundesbank: Bankenstatistik. Juni 2014.

Erst 2011 wurde in der Eurozone auf die extreme Niedrigzinspolitik übergangen. Darunter wird eine Geldpolitik verstanden, bei der sich die Banken bei der Zentralbank für einen Zinssatz von weniger als Prozent refinanzieren können. Interessanterweise führte der Übergang der Europäischen Zentralbank auf eine extreme Niedrigzinspolitik in Deutschland nicht zur gewünschten dynamischen Kreditvergabe an Unternehmen. In Europa kehrte sich die Kreditentwicklung um – damit verhält sich die Kreditentwicklung konträr zu den Lehrbuchweisheiten! Es kommt also im Zuge der weiteren Zinssenkungen der Zentralbank nicht zu der geldpolitisch gewünschten expansiven Kreditvergabe an den Unternehmenssektor in Deutschland. Schlimmer noch, da die Bestände dieser Kredite deutlich rückläufig sind, ist davon auszugehen, dass die Neukreditvergabe nur schleppend erfolgt. Vieles spricht dafür, dass der Leitzins der Europäischen Zentralbank aktuell kaum einen positiven Einfluss auf die Kreditfinanzierung der Unternehmen in Deutschland hat.

Abbildung 3: Verzinsung in Prozent (*Quelle: Deutsche Bundesbank.*) Obere Linie: Unternehmenskredite; Untere Linie: Einlagenverzinsung.



Ein Blick auf die Zinsentwicklung für Unternehmenskredite (10 Jahre Laufzeit) zeigt, dass das nominale Zinsniveau im Gefolge der internationalen Finanzkrise zunächst nur zögerlich gesunken ist (Abbildung 3). Zuletzt lag er bei 2,4 Prozent. Lehrbuchmäßig müsste damit aus der Unternehmenssicht folgendes Entscheidungskalkül greifen: Die Kreditfinanzierung von jedem Innovationsprojekt, das eine höhere Rendite als 2,4 Prozent erwarten lässt, ist ökonomisch sinnvoll. Das dürfte auf etliche Innovations- und Investitionsprojekte zutreffen. Tatsächlich allerdings nimmt die Kreditvergabe an Unternehmen ab. Damit ist ein zentrales ökonomisches Gesetz in Frage gestellt. Ob diese Entwicklung in erster Linie auf

Kreditbeschränkungen der Banken zurückgeht, lässt sich auf der Grundlage der vorliegenden Daten nicht klar erkennen.

Noch geringer als die Fremdfinanzierung der Unternehmen über Banken fällt nach der Studie des Fraunhofer-Instituts die Teilnahme von kleinen und mittleren Unternehmen an staatlichen Förderprogrammen aus. Vor diesem Hintergrund wird klar, dass Innovations- und Investitionsfinanzierung zu einem erheblichen Teil über andere Kanäle abgewickelt wird. Dazu gehört neuerdings auch das Crowdfunding bzw. Crowdinvestment.

4. Neue Formen der Innovationsfinanzierung - Crowdlending und Crowdinvestment

Neben der Kreditfinanzierung und der staatlichen Förderung von Innovationen sind weitere Finanzierungsformen denkbar, bei denen entweder Eigen- oder Fremdkapital bereitgestellt wird. Eine in der Literatur stark diskutierte Form ist die des Venture Capitals, des Wagniskapitals. Hierbei erfolgt in der Regel eine Übertragung von Eigentumsrechten an die kapitalgebende Instanz. Vergütet wird dieses finanzielle Engagement oftmals mit Anteilen an den realisierten Gewinnen. Werden die Gewinnerwartungen durch das Unternehmen nicht erfüllt, entsteht ein erhebliches Ausfallrisiko. Dabei kann es auch zum Totalverlust der eingesetzten Finanzmittel kommen.¹² Nach Angaben des Bundesverbandes Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BDK) lagen die gesamten Venture-Capital Investitionen der in dem Verband geführten Akteure im Jahr 2013 bei 690 Millionen Euro. Diese Finanzierungen wurden sowohl für die frühe Unternehmensgründungsphase („seed“), die unmittelbare Post-Gründungsphase („Start Up“) als auch für Engagement in bestehenden Unternehmen („later stage investment“) verwandt. Insgesamt allerdings ist dieses Marktsegment deutlich kleiner als das der von Banken ausgegebenen Unternehmenskredite.

Der Finanzbedarf von innovativen Unternehmen wird offenbar weder durch Bankkredite noch durch Venture Capital in ausreichendem Maße abgedeckt. So konnten auch bedingt durch den technischen Fortschritt kleinanlegerbasierte Formen der Innovationsfinanzierung an Bedeutung gewinnen.¹³ Sie sind gewis-

12 Vgl. Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (2014): BVK Statistik. Das Jahr in Zahlen 2013. http://www.bvkap.de/media/file/501.20140224_BVK-Statistik_Das_Jahr_in_Zahlen2013_final.pdf

13 Finanzierung von Projekten und Innovationen durch Kleinanlegerinnen und Kleinanleger sind keine Neuerscheinung der internetbasierten Ökonomie. Vielmehr lassen sich kleinanlegerorientierte Finanzmodelle beispielsweise auch bei der Genossenschaftsbewegung erkennen.

sermaßen das Gegenstück zu der Innovationsfinanzierung durch Spezialinstitute wie Banken, Venture Capital Geber oder staatliche Akteure. Es sind im Wesentlichen so genannte „p2p“ (Peer to Peer) Geschäfte, bei denen auf beiden Seiten der Transaktion oftmals Privatpersonen stehen. Diese Finanztransaktionen werden kaum reguliert; sie sind dem so genannten Schattenbanking zu zurechnen. Einen vergleichbaren Einlagenschutz wie bei Geschäftsbanken gibt es nicht.

Auch die Finanzierung von Innovationen kann auch über dieses regulierungsferne Marktsegment abgewickelt werden. Idealtypisch handeln bei der kleinanlegerbasierten Innovationsfinanzierung einzelne Personen und stellen finanzielle Mittel für ein bestimmtes von ihnen gewünschtes Innovationsprojekt zur Verfügung. Zu unterscheiden sind bei der kleinanlegerbasierten Finanzierung zwei Sorten von Finanzprodukten: solche erst durch die Digitalisierung des Finanzsektors hervorgebracht wurden (Crowdfunding) und althergebrachte Finanzierungsformen, wie etwa die Ausgabe von Genussrechten.¹⁴

Crowdfunding ist der Oberbegriff für unterschiedliche internetbasierte Kapitalsammelungsformen, bei denen die Anlegerinnen und Anleger gezielt ein bestimmtes Projekt finanziell unterstützen. Internetplattformen fungieren dabei als Kapitalsammelstellen und übernehmen damit eine der traditionellen Banktätigkeiten. Im Unterschied zum traditionellen Banking setzt Crowdfunding auf die Eigenverantwortlichkeit der Anlegerinnen und Anleger und damit auf ihren Sachverstand. Beim Crowdlending und Crowdinvesting wird in der Regel vorausgesetzt, dass so genannte „Schwarmintelligenz“ vorhanden ist. Der Crowd, also dem Schwarm, wird theoretisch zugetraut, die Erfolgchancen eines Innovationsprojektes differenziert beurteilen können. Entscheidende Finanzmarktprobleme, wie etwa das Herdenverhalten von Investoren, werden bislang kaum in Zusammenhang mit diesen Finanzierungsformen diskutiert. Dies gilt auch für den Problemkomplex „asymmetrische Information“ und die daraus resultierenden Möglichkeiten adverser Selektion der Finanzierungsprojekte.¹⁵ Den verschiedenen Formen des Crowdfinancing wohnen damit bekannte Formen des finanzsektorspezifischen Marktversagens inne. Staatliche Regulierung, die die un-

14 Vgl. Schrooten, M., Prokon: Spekulativ oder nachhaltig. - In: Wirtschaftsdienst. 94(2014)2, S. 85 - 86.

15 Die Anlegerinnen und Anleger können bei Erfolg des Projektes Renditen realisieren – in dieser Hinsicht unterscheidet sich crowdlending und crowdinvesting etwa von crowddonating. Vergleiche zu den unterschiedlichen Formen des crowdfunding auch die Übersicht von Kortleben, H. und Vollmer B.H., Crowdinvesting – eine Alternative in der Gründungsfinanzierung. Forschungspapier 2012/06. Private University of Applied Sciences Goettingen. https://www.pfh.de/fileadmin/Content/PDF/forschungspapiere/crowdinvesting-eine_alternative_in_der_gruendungsfinanzierung.pdf

ter-schiedlichen Formen des Marktversagens begrenzt, gibt es bislang kaum. Vielmehr verzichten beim Crowdlending und Crowdinvesting die Anlegerinnen und Anleger im Wesentlichen auf eine professionelle Entscheidungsbegleitung und damit auf eine professionelle Risikoabsicherung zu Gunsten von höheren Renditen. Eine klassische Strategie, in einer solchen Situation das Anlagerisiko zu begrenzen, ist die Streuung des Anlagebetrages auf unterschiedliche Investitionsprojekte. Dies erfordert allerdings ein risikoorientiertes Portfoliomanagement.

Das moderne Crowdlending und Crowdinvesting wird in der Regel durch internetbasierte Plattformen abgewickelt. Grundsätzlich sind dadurch auch grenzüberschreitende Formen der (Innovations-)Finanzierung möglich. Letztendlich wird mit der Anlageentscheidung auch über die Realisierung eines bestimmten Projektes abgestimmt. Formal scheinen sich hierbei demokratische Entscheidung und Markttransaktion zu ergänzen. Entstanden sind diese Finanzierungsformen im angelsächsischen Raum. Die rechtlichen Rahmenbedingungen dort („common law“) begünstigen das Entstehen von marktbasieren Finanztransaktionen.¹⁶

Beim Crowdlending geht es um den kleinanlegergestützten Geldverleih, so genannte Peer to Peer Geschäfte. Abgewickelt wird das Geschäft über Internetplattformen, auf denen im ökonomischen Sinne „Überschusseinheiten“ und „Defiziteinheiten“ zu einander finden.¹⁷ Im Wesentlichen stellen dabei diejenigen, die einen Kredit benötigen die Höhe ihres Finanzbedarfs, den Verwendungszweck und die Konditionen dar. Diejenigen, die Geld verleihen möchten, können zwischen verschiedenen Projekten wählen. Persönlicher Kontakt wird nicht aufgenommen. Ein Kredit kommt in der Regel dann zustande, wenn sich genügend „Geldgeberinnen und Geldgeber“ finden. Der Zinssatz, zu dem das Geld verliehen wird, ist weitgehend vom allgemeinen Leitzins entkoppelt.¹⁸ Im dem Zinssatz findet sich bereits eine Risikoprämie. Die Internetplattform berechnet sich eine Provision; die Provision und die anfallenden Gebühren sind in der Regel von den Kreditnehmerinnen und Kreditnehmern zu zahlen. Die Rückzah-

16 Es gibt inzwischen eine beachtliche Literatur zu dem Zusammenhang zwischen den rechtlichen Rahmenbedingungen und den Entwicklungen auf dem Finanzmarkt. Wichtige Impulse gingen von LaPorta, R., Lopez-de Silanes, F., Shleifer, A., Vishny, R. W., Law and Finance. - In: Journal of Political Economy. 106(1998)6. S. 1113-1155, aus.

17 Watermann, B., Kredite von mir zu dir. Euro am Sonntag vom 2. August 2014. <http://www.finanzen.net/nachricht/private-finanzen/Von-privat-zu-privat-Crowdlending-Kredit-von-mir-zu-dir-3751922>

18 Frankfurter Rundschau (2013): Privatkredite aus dem Netz als Alternative. <http://www.fr-online.de/geldanlage/-kredite-aus-dem-internet-crowdlending-darlehen-netz-geld-leihen,1473054,24578438.html>.

lung wird über die Plattform abgewickelt, die hier die Rolle des Finanzintermediärs übernimmt. In Deutschland besonders bekannte Internetplattformen sind Smava, Auxmoney und Lendico. Das Geschäftsvolumen der Internetplattformen wächst offenbar, ist aber bislang insgesamt gering. Der Markt für diese Unternehmenskredite ist erst im Entstehen.

Ein zentraler Unterschied zu den traditionellen bankbasierten Anlageformen ist der fehlende Einlageschutz. Zwar übernehmen auch die Plattformen eine Bonitätsprüfung der Schuldnerinnen und Schuldner, allerdings folgt sie offenbar anderen Kriterien als die bei einer Geschäftsbank. Denn erst durch diese Nische entsteht der Markt für solche Kredite. Um den Schaden im Falle eines Zahlungsausfalls zu begrenzen, engagieren sich die Anlegerinnen und Anleger in der Regel eher mit kleineren Geldbeträgen für ein einzelnes Projekt. Damit übernimmt die Internetplattform die Aufgabe einer Kapitalsammelstelle und die Anlegerinnen und Anleger tragen das Risiko und zugleich die Aufgabe des Risikomanagements – all das sind traditionelle Arbeitsbereiche von Banken.

Das Outsourcing dieser wichtigen Tätigkeiten von Finanzintermediären müsste sich in den Kosten und Renditen der Akteure niederschlagen. Theoretisch kann die Existenz dieser kleinanlegerorientierten Kreditvermittlungsgagenturen mit vergleichsweise geringen Kosten für die Kreditnehmerinnen und Kreditnehmer und mit attraktiven Renditen für Anlegerinnen und Anleger begründet werden. Faktisch zeigt eine einfache Kalkulation, dass die Kreditnehmerinnen und Kreditnehmer erhebliche Gebühren und Zinsen zu zahlen haben. Ein Grund, warum Kreditnehmerinnen und Kreditnehmer zu solchen Zahlungen bereit sind, dürfte die relativ restriktive Kreditvergabe der Geschäftsbanken bei einem entsprechenden Kreditausfallrisiko sein. Im Bereich des Crowdlending entsteht somit ein Markt für spezielle Kredite, die von den Geschäftsbanken als zu kleinteilig oder zu risikoreich eingestuft wurden. Das Problem der adversen Selektion dürfte diesen Krediten stark innewohnen. Über die Ausfallrate der über Crowdlending abgewickelten Kredite ist bislang wenig bekannt.

Der Markt für Crowdlending wächst offenbar. Er wird nicht nur von der Kreditvergabepolitik der Geschäftsbanken befeuert, sondern auch von renditeorientierten Anlegerinnen und Anlegern, die eine höhere Verzinsung als bei traditionellen Papieren und Anlageformen erreichen möchten. Das Crowdlending ist Teil des Schattenbankings. Über die Entwicklung dieses Teils des Finanzmarktes liegen keine verlässlichen Zahlen vor; klar ist, dass das Marktvolumen weit unter dem von Banken liegt. Adressaten des Crowdlendings sind vor allem private Haushalte und Selbstständige, die ihren Finanzbedarf nicht über andere Quellen decken, können oder wollen. Ein wesentliches Merkmal ist, dass in diesem

Marktsegment die Bankenregulierung nicht greift. Damit ist der Anlegerschutz äußerst begrenzt.

Crowdfunding wird typischerweise in der Gründungsphase eines Start Ups eingesetzt und folglich oft mit Innovationstätigkeit in Verbindung gebracht. Das geplante Innovationsprojekt wird dabei auf einer speziellen Internetplattform vorgestellt. In diesem Rahmen wird den Anlegerinnen und Anlegern in der Regel angeboten, sich mit Kleinstbeträgen an dem jeweiligen Projekt zu beteiligen. Die spezielle Internetplattform dient dabei wie beim Crowdfunding als Kapitalsammelstelle. Oftmals wird bereits die Vorstellung des neuen Produkts bzw. des Start Ups auf der speziellen crowdfunding Website zu Marketingzwecken genutzt.

Anders als bei Crowdfunding werden die Kapitalgeberinnen und Kapitalgeber an dem Unternehmenserfolg beteiligt. Bei Misserfolg des Unternehmens ist der vollständige Verlust des eingesetzten Kapitals möglich. Die konkreten Konditionen werden in einem Investmentvertrag festgehalten. Die Verträge sind oft mittel- bis langfristig angelegt. Echte Unternehmensanteile werden in der Regel nicht erworben; es handelt sich damit im Wesentlichen um Darlehen. Diese Darlehen fallen nicht unter die Finanzaufsicht. Genau diese regulatorische Lücke nutzen die crowdfunding-Plattformen. Dazu kommt, dass es in der Regel keinen Sekundärmarkt für die eingegangenen Verträge gibt.¹⁹ Bekannte Plattformen in Deutschland sind unter anderen Seedmatch und Companisto.

Anlegerinnen und Anleger finden sich beim crowdfunding einerseits aus Sympathie für ein bestimmtes Produkt. Andererseits geht es auch um die erwarteten Renditen. In Zeiten geringer Verzinsung für klassische Anlageprodukte mögen solche Projekte attraktiv erscheinen. Tatsächlich übernehmen die Anlegerinnen und Anleger das Finanzierungsrisiko. Eine erwartete risikobereinigte Rendite zu kalkulieren, ist für Nichtfinanzmarktexpertinnen und –experten ein schwieriges Unterfangen. Darüber hinaus dürfte es bei einem solchen Investment zu „Herdenverhalten“ kommen – Herdenverhalten kann aber schnell zum Gegenteil von Schwarmintelligenz werden. Tatsächlich haben inzwischen Inszenierungen von Start-Ups die Euphorie für crowdfunding gebremst.²⁰

19 Vgl. zum Beispiel Seedmatch (2014): Risikohinweise. <https://www.seedmatch.de/risikohinweise/bestaetigung#top>

20 Vgl. Wirtschaftswoche (2014): Crowdfunding - Im Schwarm in die Pleite. <http://www.wiwo.de/finanzen/geldanlage/crowdfunding-guenstige-konditionen-fuer-start-ups/9830086-2.html>.

5. Fünf Punkte Plan

Die Innovationsfinanzierung kann in Deutschland offenbar aktuell nicht von den niedrigen Leitzinsen profitieren. Hintergrund dürften dabei die bestehenden Unsicherheiten über die zukünftige gesamt- und weltwirtschaftliche Entwicklung sein. Klassische Finanzprodukte scheinen innovative Unternehmen nicht immer zu erreichen. Vor diesem Hintergrund findet ein Ausweichen in den Schattenbankensektor statt. Dies birgt jedoch sowohl für das Kapitalangebot wie auch die Kapitalnachfrage erhebliche Risiken. Bislang zeichnet sich nicht ab, dass Finanzinnovationen wie Crowdfunding flächendeckend sinnvoll und nachhaltig für die Innovationsfinanzierung eingesetzt werden können. Vor diesem Hintergrund bietet sich ein Fünf-Punkte Plan an:

- Erstens, Geschäftsbanken müssen dazu angehalten werden, die aktuell geringen Refinanzierungskosten auch an innovative Unternehmen weiterzugeben.
- Zweitens, es ist darauf zu achten, dass Geschäftsbanken nicht das Kreditgeschäft mit innovativen Unternehmen in den Bereich des Schattenbankings verschieben.
- Drittens, auf dem Finanzmarkt darf es keinen auf risikoreiche Innovationsfinanzierung spezialisierten „Wildwuchs“ geben. Schattenbankentätigkeiten wie etwa das Crowdlending oder Crowdinvestiment sind unter die staatliche Finanzmarktaufsicht zu stellen. Dies ist vor allem aus Gründen des Anlegerschutzes notwendig.
- Viertens, staatliche Investitionen in die Infrastruktur können die Innovationstätigkeit erleichtern. Staatliche Spar- und Kürzungsprogramme der letzten Dekaden haben hier einen erheblichen Nachholbedarf entstehen lassen. Dringend sind hier Mehrausgaben der öffentlichen Hand notwendig.
- Fünftens, ist es eine gesellschaftspolitische Aufgabe, das Wissen um ökonomische Zusammenhänge und das Funktionieren von Finanzmärkten zu verbreitern und somit potentiellen Anlegerinnen und Anlegern Handlungskompetenz zu vermitteln. Dazu ist Bildungsarbeit bereits in den Schulen gefordert.

Neuere innovationstheoretische Ansätze

Zusammenfassung

Innovationen implizieren im gegenwärtigen öffentlichen Verständnis (erstens) das kreative „Finden“ und Erfinden von Neuem als Voraussetzung für eine (zweitens) nachfolgende wirtschaftliche Nutzung (dual: als Ergebnis und als Prozess). Dem Neuen zugrunde liegt ein schöpferischer Akt, der erst die nachfolgenden Schritte ermöglicht. Dieses kreative, zielgerichtete Generieren und Nutzen von (technisch) Neuem ist Gegenstand der Aufmerksamkeit zahlreicher wissenschaftlicher Disziplinen – von der Technikgeschichte und den Konstruktionswissenschaften über die Soziologie, Psychologie und Ökonomie bis zur allgemeinen Methodologie und Philosophie. Allerdings liegt es an der komplexen, facettenreichen Natur von Neuerungsprozessen, dass derartige disziplinäre Beschreibungen lediglich Teileinsichten liefern (können). Systematisch ins Blickfeld der Wirtschaftswissenschaften geriet das Phänomen der Innovation in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts. Joseph Schumpeter ist der klassische Theoretiker der Innovation, die er aus der sozio-ökonomischen Perspektive als Prozess der schöpferischen Zerstörung betrachtete, aus der individual-ökonomischen dagegen als Mittel zur Erzielung temporärer Pionierrenten. Bei Schumpeter stehen der erfolgreiche Unternehmer bzw. das erfolgreiche Unternehmen im Zentrum, der bzw. das bahnbrechender Neuerungen bedarf. Innovationen zielen so auf die Marktgängigkeit und –förmigkeit von Veränderungen, womit neben den technischen auch kaufmännische, marktmäßige und rechtliche Aspekte relevant werden. Seither entstanden zahlreiche konzeptionelle Ansätze auf der Mikro- wie auf der Makroebene von Neuerungsprozessen vor allem aus wirtschafts-, politik- und sozialwissenschaftlicher Perspektive. In den letzten Jahren werden aber auch umfassendere Konzepte entwickelt, die Technik vor allem als sozio-technisches „Phänomen“ fassen, sich nicht auf „rein“ technische oder ökonomische Wirkmechanismen fokussieren, sondern auf soziale und vor allem kulturell geprägte Zusammenhänge, zum Beispiel hinsichtlich kultureller „Anschlussfähigkeit“ von Innovationen (als Bereich etwa der Kulturphilosophie und -wissenschaften). Derartige Konzepte sind beispielsweise das der „responsible innovations“ aus den Niederlanden oder das der „sozialen Innovation“ beziehungsweise der „innovati-

onsfähigen Kreativität“ in Deutschland. Diese Situation fordert geradezu einen systematisierenden Überblick heraus. Dazu werden im Folgenden Anregungen gegeben.

1. Rückblick

Die Bedeutsamkeit von Innovationen – und damit von Innovationsforschung – für die und in der moderne(n) Gesellschaft muss nicht gesondert hervorgehoben werden, gehört sie doch zum „Grundbestand“ des gegenwärtigen Verständnisses von Wissenschaft, wie folgende Zitate aus zwei Berichten der die Bundesregierung beratenden „Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)“ belegen:

- „Durch Forschung werden neue Erkenntnisse geschaffen, durch *Innovationen – technische, organisatorische* oder andere *Neuerungen* – werden neue Formen der *Wertschöpfung* erschlossen. In innovationsstarken Unternehmen wachsen Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in weitaus stärkerem Maß als in innovationsschwachen. Der öffentliche Sektor kann durch Innovationen an *Effizienz* und *Kundenorientierung* gewinnen. *Wohlstand* und *Lebensqualität* der Menschen werden durch Innovationen positiv beeinflusst. [...] Innovative Güter und Dienstleistungen halten die Wirtschaft in Gang und schaffen *Arbeitsplätze* und *hohe Einkommen*.“¹
- „Gerade in der heutigen, wirtschaftlich schwierigen Zeit muss die Forschungs- und *Innovationspolitik* eine zentrale Rolle spielen.“²

Deutlich wird aus diesen – wie auch aus zahlreichen anderen – Dokumenten, dass „Innovation“ (politisch, zum Teil auch wissenschaftlich) ubiquitär verwendet wird, was auch Einfluss auf das Verständnis von Innovationstheorie und –forschung hat. Im Folgenden kann davon ausgegangen werden, dass sich Innovationsforschung in einem umfassenden Sinn mit

- dem „Status“ von Innovationen in und für Gesellschaften;
- der Frage, unter welchen Bedingungen und in welchen sozioökonomischen und -kulturellen Strukturen wie Prozessen Innovationen zustande kommen (Genese neuer Problemlösungs-Anwendungsfeld-Kombinationen);
- der Frage, wie dieses Zustandekommen realisiert werden kann (Innovati-

1 Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2008, S. 4, 10. – URL: <http://www.e-fi.de/gutachten.html?&L=0> (H.d.V.; G.B.).

2 Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2009, S. 6. – URL: <http://www.e-fi.de/gutachten.html?&L=0> (H.d.V.; G.B.).

onsprozesse als „Übergang“ des betreffenden Subjekts/Akteurs/Objekts vom Zustand t_0 in den Zustand t_1)³

beschäftigt, man es also mit einem „Konglomerat“ unterschiedlichster Fragestellungen, Ansätze, Konzeptionen usw. zu tun hat.

Dieses „Makroebenen-Phänomen“ hat seine Entsprechung auf der „Mikroebene“ von Arbeiten (Tagungen mit nachfolgenden Publikationen!) innerhalb der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung (GfW) bzw. ihres „Umfeldes“. Das betrifft in den zurückliegenden 15 Jahren innerhalb der GfW immerhin fünf Tagungen sowie nachfolgende Publikationen mit direktem (drei Tagungen) und indirektem innovationstheoretischen Bezug! Deren Erträge gilt es meines Erachtens stärker in das Zentrum von Überlegungen auch innerhalb der GfW zu rücken, enthalten sie doch eine Vielzahl von „Facetten“ für ein umfassenderes Verständnis von Innovation und Innovationstheorie. Deshalb seien hier „zur Erinnerung“ zunächst diese Arbeiten (jeweils in chronologischer Reihung) nur genannt.

Einen direkten Bezug haben folgende Aktivitäten:

- Der erste thematische Band „Wissenschaft und Innovation“ enthält Beiträge der Tagung von 1999.⁴ Hervorgehoben seien:

Janos Wolf: Aspekte der selbstorganisierenden Gestaltbildung eines Zyklus von Invention und Innovation;

Andrea Scharnhorst: Zum Verhältnis von sprunghafter und gradueller Entwicklung;

Roland Wagner-Döbler: „Wissenschaftskonjunkturen“ und ihre szientometrische Analyse – mit Beispielen aus Physik und Mathematik des 19. und 20. Jahrhunderts;

Hans-Eduard Hauser, Gunter Kaiser: Existenzgründerstatistik in den 80er und 90er Jahren in Deutschland;

Manfred Wölfling: Innovationen und Vollbeschäftigung;

Siegfried Greif: Regionale Struktur der Erfindungstätigkeit in Deutschland;

Christoph Grenzmann: Forschungsk Kooperation der Unternehmen in Ost- und Westdeutschland;

Frank Havemann: Bibliometrische Analyse biotechnologischer Forschung in der Region Berlin-Brandenburg 1980 bis 1998.

³ Vgl. zu (a) und (b) <http://de.wikipedia.org/wiki/Innovation>.

⁴ Vgl. Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999. Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek].

- Der zweite thematische Band enthält die Beiträge der Tagung „Wissenschaft und Innovation“ im Jahr 2001⁵. Genannt seien hier:
 - Heinrich Parthey*: Formen von Institutionen der Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation;
 - Günter Spur*: Wandel der Forschung in einer wissenschaftsintegrierten Wirtschaft;
 - Werner Ebeling, Andrea Scharnhorst*: Technische Evolution aus der Sicht der Theorie der Selbstorganisation;
 - Christoph Grenzmann, Rüdiger Marquardt*: Wirtschaft und Wissenschaft. Statistische Grundlagen zu Forschung, Entwicklung und Wissenschaftsförderung;
 - Manfred Bonitz, Andrea Scharnhorst*: Wissenschaft und Ökonomie – wissenschaftsmetrische Bemerkungen;
 - Siegfried Greif*: Erfindungen als Gegenstand von Kooperation in Forschung und Innovation;
 - Matthias Kölbl*: Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650 – 2000;
 - Horst Kant*: Zu den Anfängen der Wissenschaftsförderung durch wissenschaftsbasierte Wirtschaft: Hermann Helmholtz, Werner Siemens und andere;
 - Wolfgang Biedermann*: Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts;
 - Walther Umstätter*: Knowledge Acquisition – Wissenserwerb;
 - Klaus Fuchs-Kittowski, Tankred Schewe*: Informationsverarbeitung, -recherche und -erzeugung in den Biowissenschaften.
- Aus dem dritten thematischen Band mit den Beiträgen der Tagung „Wissenschaft und Innovation“ von 2009⁶ seien genannt:
 - Heinrich Parthey*: Wissenschaft und ihre Finanzierbarkeit durch Innovation in der Wirtschaft;
 - Rüdiger Wink*: Die Rolle der Ausbildung im Innovationsprozess. Eine ökonomische Analyse;
 - Walther Umstätter*: Innovationskultur;
 - Günter Spur*: Wettbewerbsfähigkeit durch produktionstechnische Innovationen;

5 Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek].

6 Wissenschaft und Innovation. Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2009. Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010.

Thomas Heinze: Die Verknüpfung von Erkenntnisgewinn und Wertschöpfung;

Ulrich Busch: Wissens- und Technologietransfer in Berlin.

Aktivitäten mit indirektem Bezug zur hier interessierenden Thematik sind:

- Die Tagung „Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion“ im Jahr 2006⁷ mit folgenden relevanten Beiträgen:

Heinrich Parthey: Forschungssituation und Forschungsinstitut – Analyse ihrer Formen und Beziehungen;

Klaus Fuchs-Kittowski: Zur (informatischen) Modellbildung im Methodengefüge der Wissenschaft – Zur revolutionären Rolle der Methoden in der Wissenschaft;

Karlheinz Lüdtke: Wirksamkeit wissenschaftlicher Kontroversen für die Entwicklung wissenschaftlichen Wissens: zur Geschichte der Geschwulstforschung;

Günter Spur: Erscheinungsformen und Modelle technischer Systeme: Beitrag zur theoretischen Begründung der Technikwissenschaften;

Gerhard Banse: Technikwissenschaften – Wissenschaften vom Machen;

Siegfried Greif: Erfindungen im Spektrum wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Strukturen und Entwicklungen – theoretische Grundlagen und empirische Befunde;

Klaus Fischer: Innovation als chaotischer Prozess;

Rüdiger Wink: Die Rolle der Nachfrage im Innovationsprozess. Eine evolutiv-institutionenökonomische Perspektive.

- Die Tagung im Jahr 2012 „Kreativität in der Forschung“⁸ mit folgenden hier relevanten Beiträgen:

Heinrich Parthey: Phantasie in der Forschung und Kriterien der Wissenschaftlichkeit;

Thomas Heinze: Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptuelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde;

Rüdiger Wink: Kreativität in der Forschung und Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse;

Günter Spur: Innovationsfähige Kreativität in der Technikforschung;

7 Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Frankfurt am Main u.a.: Peter Lang Verlag Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007.

8 Kreativität in der Forschung. Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2012. Hrsg. v. Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013.

Jochen Gläser: Der Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität in der Forschung – Umrisse eines Forschungsprogramms;

Grit Laudel: Wie beeinflussen nationale Karriere-Institutionen innovative Forschung;

Horst Kant, Jürgen Renn: Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft;

Walther Umstätter: Über die katalytische Ausbreitung kreativer Ideen in der Wissenschaft;

Klaus Fischer: Generalisierbare Bedingungen kreativer Forschung.

Aus dem „Umfeld“ der GfW seien folgende Publikationen bzw. Beiträge darin genannt:

- „Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft“⁹ mit folgenden Beiträgen:

Werner Ebeling: Das Neue in der natürlichen und technischen Evolution;

Günter Tembrock: Innovationsstrategien im organismischen Verhalten;

Wolfgang Ulrich Wurzel: Das Neue in der Sprache: Sprachwandel;

Heinrich Parthey: Entdeckung, Erfindung und Innovation;

Manfred Wölfling: Innovation und Arbeitsprozeß;

Helmut Koziolok, Rainer Schwarz: Innovation und Reproduktionsprozeß;

Hans-Dieter Haustein: Innovation, Kreislauf und Zeitfaktor.

- „Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff“¹⁰ u.a. mit folgenden Beiträgen:

Gerhard Banse: Erfinden im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität;

Marcus Popplow: Wiederfinden oder Erfinden? Aspekte des Erfindungsbegriffs in der frühen Neuzeit;

Klaus Mauersberger: Kolbendampfmaschine kontra Rotationsdampfmaschine – konstruktive Möglichkeitsfelder bei der Erfindung und Entwicklung der Dampftriebe vor 1900;

Helmut Lindner: Mehrfacherfindungen als historisches und sozialwissenschaftliches Phänomen;

Rainer Fischbach: Kreativität: Versuch einer Kontexterweiterung;

9 Das Neue. Seine Entstehung und Aufnahme in Natur und Gesellschaft. Hrsg. v. Heinrich Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1990.

10 Erfindungen – Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Hans-Peter Müller. Münster u.a.: Waxmann-Verlag 2001.

Hans-Peter Müller: Rekombinatorik als Theorie und Praxis der Erfindung. Historische Ansätze;

Günther Ropohl: Gedanken zur Philosophie der Erfindungen;

Franz Aebi: Lassen sich Erfindungen planen und prognostizieren? Ein Blick auf Fritz Zwicky's Morphologie möglicher Erfindungen;

Armin Grunwald: Vom Alten zum Neuen. Über die Planbarkeit technischer Erfindungen.

- „Wachstum durch technologische Innovationen. Beiträge aus Wissenschaft und Wirtschaft“¹¹ u.a. mit folgenden Beiträgen:

Günter Spur: Innovationspotenziale der Technikwissenschaften;

Eckhard Schüler-Hainsch: Technologische Innovation als zu gestaltender Prozess im Sinne der systematischen Generierung von Ideen;

Klaus Lucas: Evolutionäre Modelle für technologische Innovationen;

Anton Heuberger: Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik;

Michael F. Zäh: Technologische Innovationen im Bereich des Maschinenbaus;

Jürgen Gausemeier: Innovationsmanagement in der Praxis;

Peter Krause: Schlüsseltechnologien und die Verantwortung des Staates;

Henning Banthien: Die Rolle des Staates bei erfolgreichen Innovationen – aus der Sicht des Forschungsdialogs Future;

Henning Klodt: Die Rolle des Staates bei erfolgreichen Innovationen – aus wissenschaftlicher Sicht;

Manfred Fricke: Hochtechnologie-Förderung im Bereich der Luft- und Raumfahrt.

Dietmar Theis: Rolle und Inhalt staatlich geförderter Innovationsforschung – aus der Unternehmersicht;

Uwe Wiemken: Hochtechnologien in der Wehrtechnik;

Anton Heuberger: Innovationsförderung durch den Staat aus Sicht der Fraunhofer-Gesellschaft;

Wolfram Fischer: Innovationen in der Geschichte;

Klaus Brockhoff: Innovations- und Technologiemanagement aus Sicht der Betriebswirtschaftslehre;

Günter Schuh: Innovations- und Technologiemanagement aus Sicht der Ingenieurwissenschaften;

Rolf Jungnickel, Daniela Witczak: Innovation am Standort Deutschland im internationalen Vergleich;

Klaus Kornwachs: Vertrauen in das Neue – Innovationen verantworten;

11 Wachstum durch technologische Innovationen. Beiträge aus Wissenschaft und Wirtschaft. Hrsg. v. Günter Spur. München: acatech 2006.

Günter Spur: Ansatz für eine technologische Innovationstheorie.

- „Bedingungen und Triebkräfte technologischer Innovationen“¹² unter anderen mit folgenden Beiträgen:

Klaus Kornwachs: Markt, Macht und Moral – Wie wirken sich die weichen Faktoren auf die Innovationsfähigkeit aus?

Birger Priddat: Welche Innovationen wir brauchen und warum – Innovation und Emerging Markets;

Günter Ropohl: Zukünftige Technologien – Haben wir die Technik, die wir brauchen? Brauchen wir die Technik, die wir haben?

Klaus Erlach: Wer oder was treibt Technik (an)? – Von der Eigendynamik zur Gestaltungsfreiheit;

Bernhard Irrgang: Innovationskulturen, Technologietransfer und technische Modernisierung;

Wolfgang van den Daele: Innovation – schöpferische Zerstörung vs. sozialverträglicher Wandel?

Christoph Hubig: Das Neue schaffen – zur Ideengeschichte der Kreativität;

Winfried Hacker: Voraussetzungen technischer Kreativität: Organisations-, arbeits- und kognitionswissenschaftliche Aspekte;

Elke Hartmann: Wie erzieht man zu Kreativität und Kompetenz?

- „Wissenschaft – Innovation – Technologie“¹³ unter anderen mit folgenden Beiträgen:

Katharina Hölzle: Die innovative Organisation;

Ulrich Busch: Die Innovationstheorie von Joseph Alois Schumpeter – Impulse für die Gegenwart;

Heinrich Parthey: Finanzierbarkeit der Wissenschaft durch technische Innovation;

Armin Grunwald: Responsible Innovation: Neuer Ansatz der Gestaltung von Technik und Innovation oder nur ein Schlagwort?

Johanna Maiwald, Tobias Schulze: Soziale Innovationen als Paradigmenwechsel in der Forschungspolitik

Gerhard Banse: Innovationskultur(en) – ein neues Konzept?

Heinz-Jürgen Rothe, Tina Urbach: Der Faktor Mensch im Innovationsprozess – Psychologische Ansätze der Innovationsforschung;

Bernd Meier: Innovation und Schulentwicklung;

12 Bedingungen und Triebkräfte technologischer Innovationen. Hrsg. v. Klaus Kornwachs. München: acatech 2007.

13 Wissenschaft – Innovation – Technologie. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Hermann Grimmeiss. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag 2014.

Benjamin Apelojg: Innovationen – Kreativität – Schule. Eine Betrachtung verschiedener Innovationskonzepte aus der Sicht von Schule;

Wolfgang Schütt: Bildung und Innovation. – Erfahrungen aus dem Aufbau eines international ausgerichteten Fachhochschulstudienganges für Biotechnologie;

Frank Fuchs-Kittowski, Klaus Fuchs-Kittowski: Web 2.0 zur Unterstützung der Wissensarbeit im Innovationsprozess – Soziale Kognition im Prozess der Kooperation zur Erhöhung der Chancen für Innovation.

Soweit ein cursorischer Rückblick auf Vorliegendes.

2. Einblicke

Die Durchsicht (nicht nur) der genannten Beiträge ergibt ein vielfältiges Bild.¹⁴ Innovationsforschung erfolgt:

(1) Multi-disziplinär, insbesondere:

- philosophisch/wissenschaftstheoretisch;
- ökonomisch (betriebs- wie volkswirtschaftlich; Patente);
- soziologisch;
- allgemeintechnologisch;
- politikwissenschaftlich;
- kulturwissenschaftlich;
- bildungstheoretisch;
- historisch.

(2) Multi-methodisch („multi-modal“) auf der Makro-, Meso- und Mikro-Ebene:

- konzeptionell(-theoretisch);
- Fallstudien (empirisch);
- komparativ(-retrospektiv).

(3) Bereichsspezifisch (Technik, Organisation, Gesellschaft, Kultur, ...).

(4) Akteurzentriert:

- Wissenschaft (Individuum / Community; Organisationen; ...);
- Wirtschaft (Unternehmen; ...);
- Staat / Politik (Gesetzgebung; Förderung; ...);
- „Netzwerke“;
- „Anwender“ / „Nutzer“ („mental models“).

(5) „Strukturell“:

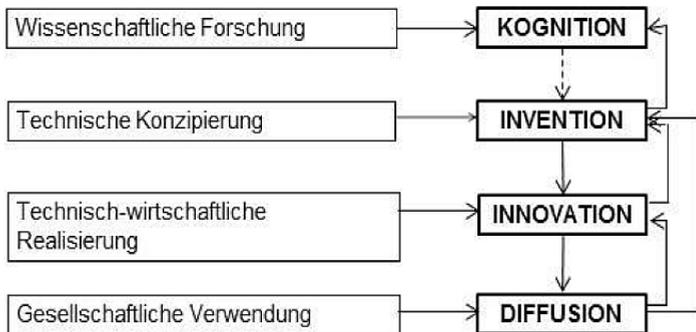
- Innovations„typen“ („radikal“ / „breakthrough“ /

14 Die relevante Literatur ist kaum noch zu überblicken. Deshalb wird bewusst auf die Angabe von Belegen für das nachfolgend Dargelegte verzichtet.

- „disruptiv“ – „inkrementell“);
 - Innovationssysteme“ (einschließlich „Umfeld“ [„Innovationskultur“] und „Transfer“);
 - Unterscheidung zwischen Produktinnovation und Prozessinnovation.
- (6) Prozessorientiert:
- Planbarkeit bzw. Organisation, Phasen, Voraussetzungen (individuell, institutionell, ...), Ergebnisse (monetär, Akzeptanz/Akzeptabilität, ...) unter anderen. von Innovationsprozessen (einschließlich „wild card“, „schwache Signale“, „possibleworlds“);
 - ex post- versus ex ante-Perspektive;
 - „enges“ versus „weites“ Innovationsverständnis (z.B. nur bezogen auf Technik oder Finanzierbarkeit versus „soziale“ Innovation“).

Hinzu kommt: Darüber, „ob und welche Technologien Beiträge zur Lösung gesellschaftlicher Probleme leisten, entscheiden auch nicht-technische Aspekte wie politische und ökonomische Rahmenbedingungen, Umweltaspekte, die Akzeptanz in der Bevölkerung oder ethische Fragen.“¹⁵

Abbildung 1: Von der Erfindung (Invention) zur Innovation



15 Das Programm Technologie, Innovation und Gesellschaft [der Helmholtz-Gemeinschaft]. – URL: <http://www.tig.kit.edu/>; vgl. auch http://www.helmholtz.de/forschung/energie/technologie_innovation_und_gesellschaft/.

Abbildung 1 verdeutlicht den Weg von der Invention zur Innovation, der zumeist in mehreren „Schleifen“ durchlaufen wird.¹⁶

Innovationen implizieren das kreative „Finden“ und Erfinden von Neuem als Voraussetzung für eine nachfolgende wirtschaftliche Nutzung (dual: als Ergebnis und als Prozess!). Dem Neuen zugrunde liegt ein schöpferischer Akt, der erst die nachfolgenden Schritte ermöglicht.

Innovationen sind Neuerungen vor allem im technischen Bereich, aber auch in (anderen) Bereichen der Gesellschaft, die

- sich durch einen bestimmten „Abstand“ zum Bestehenden auszeichnen („Erfindung“);
- häufig (zumeist? immer?) auf der (Re-, Neu-)Kombination von Vorhandenem basieren;
- sich gegen Bestehendes „durchsetzen“ bzw. „durchgesetzt“ haben („Diffusion“; „Anschlussfähigkeit“);
- bestimmte (erwartete/erhoffte, unerwartete, ...) „Effekte“ („Impacts“) haben.

Die folgenden drei Beispiele zeigen Bemühungen, das zu unterschiedlichen Zeiten auf den Begriff zu bringen und dabei wesentliche „Bestimmungstücke“ zu verdeutlichen:

(1) „Wer sich ein Studium daraus gemacht hat, viele Handwerke und Künste kennen zu lernen, und wer sich geübt hat, viele mit einem Blicke zu übersehn, der muß bemerken, daß sehr viele Handwerke, so verschieden auch ihre Materialien und Waaren sind, dennoch mache Arbeit zu einerley Absichten zu verrichten haben; oder daß sie einerley Absicht auf sehr verschiedene Weise zu erreichen wissen“.¹⁷

(2) Mit dem Innovationsbegriff wird die „Neukombination“ von Produktionsfaktoren, also von Arbeit und Kapital, die „Durchführung neuer Kombinationen“ im Wirtschaftsprozess bezeichnet.¹⁸

(3) Soziale Innovationen sind „neue Wege, Ziele zu erreichen, insbesondere neue Organisationsformen, neue Regulierungen, neue Lebensstile, die die Richtung

16 Quelle verändert nach Ropohl, G., Philosophie der Erfindung. – In: Erfindungen - Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Hrsg. v. Gerhard Banse, u. Hans-Peter Müller. Münster u.a.: Verlag Waxmann 2001, S. 144.

17 Beckmann, J., Entwurf der allgemeinen Technologie. – In: Beckmann, J., Vorrath kleiner Anmerkungen über mancherley gelehrte Gegenstände. Drittes Stück. Göttingen: Verlag Johann Friedrich Röwer 1806, S. 464.

18 Vgl. Schumpeter, J. A., Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses [1939]. Göttingen: Verlag Vandenhoeck& Ruprecht 2010, S. 95.

des sozialen Wandels verändern, Probleme besser lösen als frühere Praktiken, und die deshalb wert sind, nachgeahmt und institutionalisiert zu werden“.¹⁹

Folgende „Definition“ des Ingenieurs und Dichters Max Eyth (1836 -1906) ist in zweierlei Weise heuristisch interessant: „Wer erfolgreich Mittel und Wege zeigt, ein bisher unerreichtes Ziel auf dem Gebiet materiellen Wirkens zu erreichen oder auch wer neue Wege und Mittel zeigt, ein bereits bekanntes Ziel zu erreichen, hat eine Erfindung gemacht.“²⁰ Zum einen ergeben sich so vier Kombinationsmöglichkeiten (siehe Tabelle 1). Zum anderen scheint dieses „Vier-Felder-Schema“ in innovationstheoretischen Überlegungen eine weite Verbreitung zu haben, wie die Tabellen 2, 3 und 4 belegen.

Tabelle 1: Erfindungsmatrix nach Eyth^d

	<i>bekanntes Ziel</i>	<i>neues Ziel</i>
<i>neuer Weg - neues Mittel</i>	„Semi-Neues“I	Neues
<i>bekannter Weg - bekanntes Mittel</i>	Übertragung	„Semi-Neues“II

- a. Quelle verändert nach Ropohl, G., Philosophie der Erfindung. – In: Erfindungen - Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Hrsg. v. Gerhard Banse, u. Hans-Peter Müller. Münster u.a.:Verlag Waxmann 2001, S. 149 .

Tabelle 2: Vier Formen von Neuem^a

	<i>niedriges Alleinstellungsmerkmal</i>	<i>hohes Alleinstellungsmerkmal</i>
<i>hohe Marktnähe</i>	Immotation	Innovation
<i>niedrige Marktnähe</i>	Ideation	Invention

- a. Quelle verändert nach Meissner, J., Einführung in das systematische Innovationsmanagement. Heidelberg: Carl Auer-Verlag 2011, S. 9.

Tabelle 3: Vier Kategorien von Forschungsleistungen^a

	<i>niedrige Wissenschaftliche Relevanz</i>	<i>hohe Wissenschaftliche Relevanz</i>
<i>hohe Originalität</i>	Umstritten	Kreativ
<i>niedrige Originalität</i>	Unbeachtet	Mainstream

- 19 Zapf, W., Modernisierung, Wohlfahrtsentwicklung und Transformation. Berlin: WZB – Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 1994, S. 33.
 20 Eyth, M., Zur Philosophie des Erfindens [1903]. – In: Eyth, M., Lebendige Kräfte. Sieben Vorträge aus dem Gebiete der Technik. 3. Aufl. Berlin: Springer-Verlag 1919, S. 231f.

- a. Quelle verändert nach Heinze, Th., Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptionelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde. - In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrs. v. Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin. S. 34.

Tabelle 4: Vier Typen von Unsicherheit ^a

	<i>niedriges Wissen über das Ergebnis</i>	<i>hohes Wissen über das Ergebnis</i>
<i>hohes Wissen über Wahrscheinlichkeit</i>	<i>Ambiguity</i>	<i>Risk</i>
<i>niedriges Wissen über Wahrscheinlichkeit</i>	<i>Ignorance</i>	<i>Uncertainty</i>

- a. Quelle nach Hronsky, I., Differencebetween the EC and US toward Innovation. - In: Zwischen Utopie und Risiko. Technikkonzepte im europäischen Integrationsprozess. Hrsg. v. Hans-Joachim Petschke, Irene Krebs u. Uwe Meinberg. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag 2007, S. 68. Hronsky stützt sich auf Felt, U., Wynne, B., Taking European Knowledge Society Seriously. Luxembourg: European Commission, Directorate-General for Research 2007, S. 26. .

3. Ausblicke

Nach diesem Einblick in „traditionelle“ innovationstheoretische Überlegungen seien nun drei aktuelle, sich noch in der Diskussion befindliche Konzepte genannt.

3.1 Das Konzept der „Responsible Innovation“²¹

Seit dem Jahr 2009 besteht in den Niederlanden das Programm „Responsible Innovation – Ethical and Societal Exploration of Science and Technology“ (abgekürzt MVI nach der niederländischen Fassung). Ausgerichtet von der „Dutch Organisation for Scientific Research“ (NWO), dient es der Förderung von Projekten, in denen die Erforschung ethischer und sozialer Fragen neuer Technologien in einen engen Kontext mit Technikentwicklung gestellt wird:

21 Vgl. dazu ausführlicher Grunwald, A., Responsible Innovation: Neuer Ansatz der Gestaltung von Technik und Innovation oder nur ein Schlagwort? – In: Wissenschaft – Innovation – Technologie. Hrsg. v. Gerhard Banse und Hermann Grimmeiss. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag 2014, S. 243-264.

- „The MVI program focuses on technological developments for which we can expect that they will have an impact on society. On the one hand, those developments concern new technologies (such as ICT, nanotechnology, biotechnology and cognitive neuroscience), and on the other, technological systems in transition (for example agriculture and healthcare). The MVI contributes to responsible innovation by increasing the scope and depth of research into societal and ethical aspects of science and technology.“²²

Es wird der Anspruch erhoben, die Grenzen der Gestaltbarkeit technischer Lösungen möglichst weit hinaus zu schieben und Gestaltungspotenziale so weit wie möglich auszuschöpfen. – Aber: Es gilt das Collingridge-Dilemma²³ (siehe Abbildung 2)²⁴: Die Aussichten auf sicheres Folgenwissen werden umso besser, je weiter entwickelt die Technik ist, je besser die Produktionsbedingungen, Nutzungskontexte und Entsorgungsverfahren bekannt sind. Allerdings besteht dann keine Möglichkeit mehr, die Technik oder die Technikfolgen gestaltend zu beeinflussen, denn dann ist die Entwicklung bereits abgeschlossen oder wenigstens so weit fortgeschritten, dass aus ökonomischen Gründen ein Umsteuern kaum noch oder nicht mehr möglich ist.²⁵

Ethische Überlegungen, Folgenreflexion und die Beteiligung von Nutzern und Betroffenen sollen den gesamten Prozess der Forschung und Technikentwicklung von den frühen Phasen im Labor über Entwurf, Design und Produktion bis hin zu marktreifen Innovationen begleiten.

Charakteristisch ist, dass das Programm nicht auf eine bloße Verbesserung des Verständnisses von sozialen und ethischen Fragen in Wissenschaft und Technik zielt, sondern dass vielmehr eine „Make“-Perspektive eingenommen wird. Das Programm will letztlich durch die Erforschung von ethischen und gesellschaftlichen Aspekten von Technik möglichst direkt zu ihrer adäquaten Gestaltung beitragen.

„Responsible Innovation“ scheint trotz einiger Projekte bislang nicht viel mehr als ein forschungspolitisches Schlagwort zu sein. Allerdings hat es Eingang in das 8. EU-Forschungs-Rahmen-Programm „Horizon 2020“ gefunden.²⁶

22 www.nwo.nl/nwohome.nsf/pages/nwoa_7e2ezg_eng.

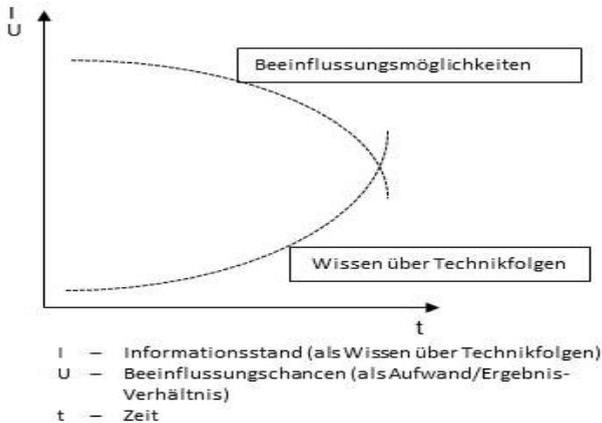
23 So benannt nach David Collingridge, der es 1980 in seinem Buch *The Social Control of Technology* (London a.o.: Pinter) erstmals beschrieben hat.

24 Quelle: nach Wagner-Döbler, R., *Das Dilemma der Technikkontrolle. Wirkungen der Technikentwicklung und Probleme der Technikpolitik*. Berlin: edition sigma 1989, S. 170.

25 Vgl. Grunwald, A., *Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung*. Berlin: edition sigma, S. 165.

26 Vgl. www.horizont2020.de/.

Abbildung 2: Collingridge-Dilemma



3.2 Das Konzept der sozialen Innovation(en)

Für dieses in den letzten Jahren intensiv(er) diskutierte Konzept gibt es mindestens drei differierende Verständnisse:

- Innovationen im sozialen (genauer: nicht-technischen) Bereich;
- (technische) Innovationen generell als soziales „Phänomen“;
- in einem übergreifenden („erweitertes“) Verständnis von Innovation.

Überlegungen zu sozialen Innovationen sind weitgehend eine Domäne der Sozialwissenschaften sowie der Sozialpolitik, zunehmend aber auch der Wissenschaftspolitik und –förderung. Exemplarisch zeigt das etwa das ITA-Forum „Bürgerbeteiligung als Motor für (soziale) Innovationen“, das im Mai 2013 in Berlin stattfand. Neben einer Session „Soziale Innovationen als dritte Innovations Säule zur Zukunftsgestaltung unseres Landes“ gab es ein Panelgespräch „Innovation im Dialog mit dem Bürger?“.²⁷

Verbunden sind diese Überlegungen mit zahlreichen Institutionen und Publikationen. Genannt seien nur folgende Institutionen:

27 Vgl. <http://www.itaforum.info/de/itaforum-mai-2013/>; vgl. auch: <http://www.worldvision-stiftung.de/unsere-arbeit-uebermorgen-forschung-und-innovation-bmbf-forschungsprojekt-soziale-innovationen.php>.

- ZSI – Zentrum für soziale Innovation, Wien;
- Sozialforschungsstelle Dortmund,
- GENISIS – Institute for Social Innovation and Impact Strategies, Berlin:

Hinsichtlich Publikationen sei lediglich auf die von Katrin Gillwald, Jürgen Howaldt, Heike Jacobsen und Michael Schwarz verwiesen.²⁸

Zu *Innovationen im sozialen Bereich* lässt sich feststellen, dass derartige Überlegungen zumeist auf den Dienstleistungsbereich und die Organisation von Abläufen²⁹ sowie auf den Bürger und Kunden als zusätzliche „Akteure“ bezogen werden: „Von ‚sozialer Innovation‘ spricht man, wenn im Prozess der Innovation vielfältige Interessens- und soziale Gruppen eingebunden werden. Dies führt zu neuen Beziehungen zwischen verschiedenen Akteuren und zu neuen Mitteln und Wegen, auf Herausforderungen zu reagieren bzw. mit ihnen umzugehen. Soziale Innovation gibt Akteuren neue Werkzeuge in die Hand, ihre Probleme zu lösen, schafft neue Verbindungen, bedingt neue Verhaltensmuster, bedient soziale Bedürfnisse und adressiert soziale Problemfelder. Sie führt damit auch zu einer ‚Ermächtigung‘ (‚empowerment‘) von Akteuren.“³⁰

Es geht somit um neue soziale, am Gemeinwohl orientierte Praktiken.

Beispiele sozialer Innovationen sind

- aus dem privaten Bereich („Bürgergesellschaft“):
- Umweltbewegung;
- nicht-eheliche Lebensgemeinschaften;
- aus der Wirtschaft:
- Fließband-Arbeit;
- Fast-Food-Ketten;
- aus dem staatlichen Bereich:
- Sozialversicherung;
- Gebietsreform.³¹

28 Vgl. Gillwald, K., *Konzepte sozialer Innovation*. Berlin: WZB – Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 2000; Howaldt, J. / Jacobsen, H., *Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010; Howaldt, J. / Schwarz, M., „Soziale Innovation“ im Fokus. Skizze eines gesellschaftstheoretisch inspirierten Forschungskonzepts. Bielefeld: transcript Verlag 2010.

29 Vgl. z.B. SILQUA-FH – Soziale Innovationen für Lebensqualität im Alter. – URL: <http://www.bmbf.de/de/13214.php>.

30 <http://www.nks-lebenswissenschaften.de/de/1856.php>.

31 Nach Gillwald, K., *Konzepte sozialer Innovation*. Berlin: WZB – Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 2000, S. 3f.; vgl. auch Howaldt, J. / Schwarz, M., „Soziale Innovation“ im Fokus. Skizze eines gesellschaftstheoretisch inspirierten Forschungskonzepts. Bielefeld: transcript Verlag 2010, S. 72.

Für *Innovationen in einem umfassenderen (sozialen) Verständnis* gilt zunächst: „Innovation ist nicht nur ein wirtschaftlicher Mechanismus oder ein technischer Prozess. Sie ist vor allem ein soziales Phänomen [...]. Von daher sind Zweckbestimmung, Folgen und Rahmenbedingungen der Innovation eng mit dem sozialen Klima verbunden, in dem sie entsteht.“³²

Einerseits gilt es somit, politische, gesellschaftliche und kulturelle Präformationen für die Entstehung und die Diffusion (aber auch für das „Vergehen“) von Neuem aufzudecken. Andererseits geht es um die Diffusion von Innovationen. Relevante Stichworte sind hier: Differenz zwischen Prozess- und Produktinnovationen, Akzeptanz und Akzeptabilität von Neuem, „Anschlussfähigkeit“ bzw. „Integrierbarkeit“ neuer Lösungen sowie kollektive Lernprozesse. Letzteres zeigt sich z.B. an der Nutzungsbereitschaft von Innovationen, bei der man etwa (risikobereite) „Innovatoren“, „frühe Adopter“, die „späte Mehrheit“ sowie (konservative) Nachzügler unterscheiden kann (siehe auch Abbildung 3)³³.

Erforderlich sind in diesem Zusammenhang weitergehende Überlegungen

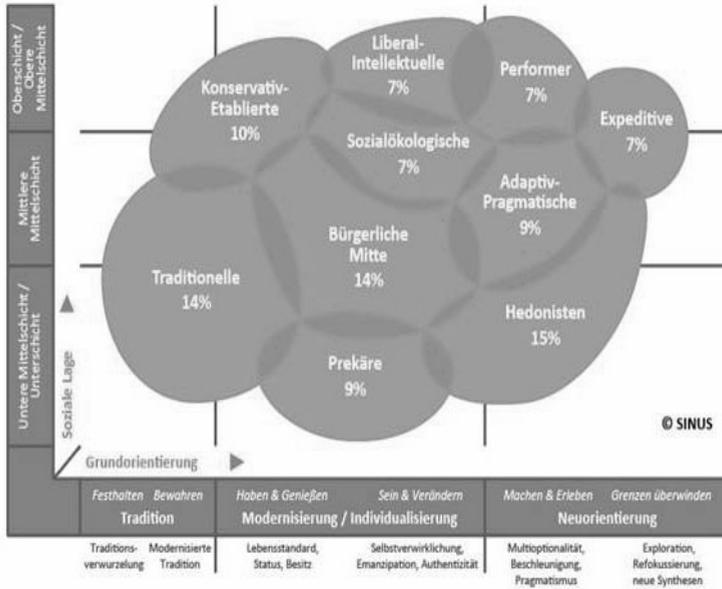
- zur „Sinnhaftigkeit“ von Innovationen (finanzielles versus „soziales“ bzw. „humanes“ Kriterium; instrumentelle versus „kritische“ Vernunft; „Nützlichkeit“);
- zur (höheren) Kontextualität von (sozialen) Innovationen;
- zur Komplexität und Paradoxieträchtigkeit von Innovationen (z.B. Bildschirmtext Btx oder Short Message Service SMS);
- zur Wissensintegration (heterogener Akteure);
- Rolle sogenannter „weicher“ Faktoren für Innovationsprozesse
- zu „kulturellen Quellen von Neuheit“: Es gilt, bislang weniger beachtete Aspekte des Innovationsgeschehens zu untersuchen, nämlich kulturelle Faktoren, die Kreativität fördern und kulturelle Bedingungen, unter denen Neuheit erkannt und wertgeschätzt wird. Die Fragestellung ergänzt somit die Forschung zu technischen und institutionellen Bedingungen der Innovation.“³⁴.

32 Europäische Kommission: Grünbuch zur Innovation. Dezember 1995. – URL: http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_688_de.pdf.

33 Quelle: <http://www.sinus-institut.de/uploads/pics/Web-Sinus-Milieus-in-Deutschland860x646.jpg>

34 <http://www.wzb.eu/de/forschung/gesellschaft-und-wirtschaftliche-dynamik/kulturelle-quellen-von-neuheit/>.

Abbildung 3: Sinus-Milieus in Deutschland



3.3 Das Konzept der Innovationskulturen³⁵

Bedingt durch die komplexe, facettenreiche Natur von Innovationsprozesse allein im Technischen Bereich liefern disziplinäre Beschreibungen zumeist lediglich – wenn auch gewichtige! – Detailsichten. Auf diese Weise kann keine zusammenführende, d.h. integrative Behandlung erreicht werden. Der Ansatz „Innovationskultur“ bzw. „kulturelle Bedingungen/Quellen von Innovationen“, der gegenwärtig wieder eine höhere (wissenschaftliche) Aufmerksamkeit erhält, stellt einen Versuch derartiger integrativer Betrachtungen von Innovationsprozessen dar.

35 Vgl. hierzu näher Banse, G., Innovationskultur(en) -alter Wein in neuen oder neuer Wein in alten Schläuchen? - In: Der Systemblick auf Innovationen. Technikfolgenabschätzung in der Technikgestaltung, Hrsg. v. Michael Decker, Armin Grunwald u. Martin Knapp. Berlin: edition sigma 2012, S. 41 - 50; Banse, G., Innovationskulturen - ein neues Konzept? - In: Wissenschaft - Innovation - Technologie. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Hermann Grimmeiss. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag 2014, S. 277 - 285.

Die Notwendigkeit der Berücksichtigung von bzw. der Herausbildung einer „Innovationskultur“ ist so gut wie unbestritten; das, was damit gemeint ist, bleibt indes oftmals unbestimmt, umfasst ein breites Spektrum an Auffassungen, wie die folgenden zwei Zitate belegen:

- „Innovation ist [...] ein wichtiges Verfahren, mit dem fortwährende Prosperität angestrebt wird. Allerdings sind Erfindungen (Invention) und auch ihre Verbreitung (Innovation) nur bedingt planbar. In der Frage, wie Innovationen dennoch gefördert werden kann, werden zunehmend kulturelle Dimensionen, so genannte ‚weiche‘ Faktoren in ihrer Bedeutung wahrgenommen und aufgegriffen.“³⁶
- „Eine Innovationsforschung, die nicht nur das technische Angebot vermessen, sondern die Bedingungen des Innovationserfolges [wie des Innovationsmisserfolges; G.B.] am Markt verstehen will, muss darum das Paradigma des Innovationssystems aufgeben und sich auf das schwierigere, aber der heutigen Welt adäquatere der Innovationskultur einlassen.“³⁷

Aus einer prüfenden Betragung des Konzepts „Innovationskultur“ lassen sich folgende Einsichten gewinnen, die zugleich sowohl zeitliche Ausschnitte als auch Untersuchungs- bzw. Anwendungsbereiche darstellen.

(1) Ubiquitär, „beschwörend“, „unscharf“ (etwa im Bereich der Unternehmensberatung und des Wissensmanagements).

(2) Karriere des „Konzepts“ Innovationskultur (vor allem im Bereich der Wirtschaftswissenschaften und der Innovationsforschung; etwa ab den 1980er Jahren); Stichworte sind:

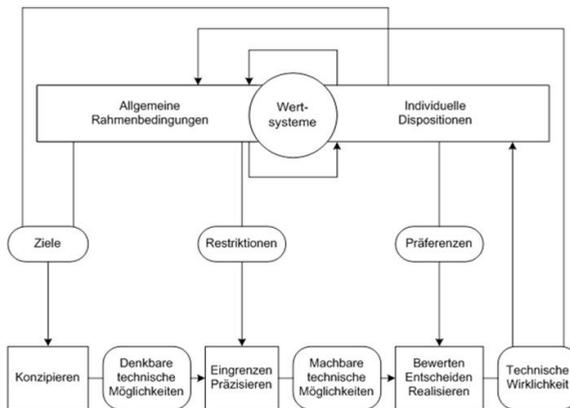
- Vergleich nationaler Innovationssysteme (-kulturen): Unternehmen als Ort der Entstehung (technischer) Innovationen;
- Konzepte der Globalisierung versus Konzepte Regionalisierung;
- Untersuchung einzelner Faktoren versus Erfassung der „Gesamtheit“ von Einflussfaktoren (Indikatoren);
- Unterscheidung „territorialer“ versus „branchen-“ bzw. technologie-spezifische Innovationskultur(en).

36 Koch, G. / Warneken, B. J., Zur Einleitung. – In: Region – Kultur – Innovation. Wege in die Wissensgesellschaft. Hrsg. v. Gertraud Koch u. Bernd Jürgen Warneken. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2007, S. 7.

37 Vgl. näher dazu Hauser, R. / Banse, G., Kultur und Kulturalität. Annäherungen an ein vielschichtiges Konzept. – In: Wechselspiele: Kultur und Nachhaltigkeit. Annäherungen an ein Spannungsfeld. Hrsg. v. Oliver Parodi, Gerhard Banse u. Axel Schaffer. Berlin: edition sigma 2010, S. 21-41.

- Diese Untersuchungen sind überwiegend angebots- und nicht nachfrageorientiert angelegt.
- (3) Analytisch-konzeptionelle Ausdifferenzierung (insbesondere im Bereich der Technikgeschichte sowie der interdisziplinären Wissenschafts- und Technikforschung):
- Den Hintergrund bilden einerseits das Ziel, den „vollständigen Innovationszyklus“ von der Konzipierung von Neuem bis zu dessen gesellschaftlicher „Anerkennung“ (d.h. zur Nutzung, zum Gebrauch und zur Verwendung, somit seiner Diffusion und Integration in den „Alltag“) zu erfassen; andererseits geht es um die Integration von (differierenden) „Rahmenbedingungen“ sowie von Werten, Normen und symbolischen Bedeutungen in das Konzept der Innovationssysteme (siehe auch Abbildung 4).³⁸ In diesem Sinne kann Innovationskultur als ein Bindeglied darin verstanden werden.

Abbildung 4: *Entwicklung und Auswahl technischer Möglichkeiten unter dem Einfluss allgemeiner Rahmenbedingungen und individueller Dispositionen*



38 Quelle: nach VDI-Verein Deutscher Ingenieure. VDI-Richtlinie 3780, „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf (VDI) 1991.

- Als notwendige Basis ist ein „angemessenes“ Kulturverständnis („Kulturelles“) erforderlich, das insbesondere folgende „Elemente“ umfasst:
- Wertvorstellungen, Überzeugungen, Kognitionen und Normen, die von einer Gruppe von Menschen geteilt werden;
- Verhaltensweisen und Praktiken, die für eine Gruppe von Menschen üblich sind;
- vergegenständlichte Artefakte, mit denen das Leben gestaltet wird;
- „stillschweigend“ vorausgesetzte Handlungs- und Verhaltens„regeln“ (implizite „Werte“).

Zu berücksichtigen sind indes mehrere Schwierigkeiten auf diesem Wege zu einer „angemessenen“ Auffassung von Kulturellem: Vielfalt, Widersprüchlichkeit, Unterschiedlichkeit der Analyse- bzw. Betrachtungsebenen sowie mangelnde Operationalisierbarkeit kultureller Bedingungen und Faktoren.³⁹

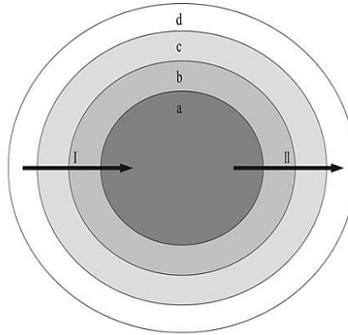
In Abbildung 5 ist ein einfaches Modell der Beziehungen zwischen Technischem und Kulturellem in Form von vier eng verknüpften (zum Teil auch überlappenden) und sich gegenseitig beeinflussenden Ebenen schematisch dargestellt.⁴⁰ Deutlich wird einerseits die generelle gegenseitige Beeinflussung, andererseits aber auch, dass es Phasen gibt (geben kann), in denen die „Wirkrichtung“ stärker vom Technischem zum Kulturellen bzw. umgekehrt vom Kulturellen zum Technischen geht (wie man beispielsweise einerseits an Veränderungen technischer Hervorbringungen, andererseits an Veränderungen von Nutzergewohnheiten zeigen kann).

Technisches (sowohl im Modus der Entstehung wie im Modus der Verwendung) wird nicht nur durch das Kulturelle stark beeinflusst, sondern ist selbst eine kulturelle Hervorbringung, eine Kulturform. Das Verhältnis zwischen Kulturellem und Technischem ist reziprok: Durch Technisches wird Kulturelles ins Werk gesetzt, fortgeschrieben, verdinglicht, und die Umwelt wird kultiviert. Technisches als Kulturform bildet jedoch (ist sie erst einmal in den Alltag integriert) selbst einen Teil der menschliche „Mit-“ und Umwelt, sie wird beständig weiter kultiviert. Indem sie aber (durch kulturelle Einflüsse) Veränderung erfährt oder gar aus kulturellen Bedürfnissen heraus neu geschaffen wird, wirkt sie wiederum auf die „Umwelt“ zurück und verändert diese. Im Sinne von „Kulturelles als Kontext“ kann deshalb davon ausgegangen werden, dass Technisches vor allem in Form technischer Sachsysteme nicht einfach von diesem „kulturellen Um-

39 Koch, G. / Warneken, B. J., Zur Einleitung. – In: Region – Kultur – Innovation. Wege in die Wissensgesellschaft. Hrsg. v. G. Koch u. B. J. Warneken. Wiesbaden: VS – Verlag für Sozialwissenschaften 2007, S. 7.

40 Quelle verändert nach Krummbeck, G., König, R., Chipkarten im Gesundheitswesen. Abschlußbericht. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 1994, S. 33.

Abbildung 5: *Schalenmodell der Interpedenzen von Technischen und Kulturellen*



- (d) soziale, kulturelle Ebene
- (c) rechtliche, ökonomische Ebene
- (b) technisch-organisatorische Ebene
- (a) technisches Sachsystem (als „Kern“)

- I Sozialkonstruktivismus
- II Technischer Determinismus

feld“ nur quasi „eingeschlossen“ ist (vor allem in Form von Wirkungen und Einflüssen des Umfeldes auf Konzipierung, Gestaltung, Bewertung, Auswahl und Nutzung von technischen Lösungen), sondern Technisches zeitigt – vor allem durch den zweckbezogenen Einsatz – in unterschiedlichster Weise Wirkungen in diese „Umgebung“ hinein, „korrodiert“, beeinflusst und verändert sie direkt und indirekt, in vorhersehbarer wie nicht-vorhersehbarer Weise (man denke nur an „Wandlungen“ der Nutzergewohnheiten, Erschließung neuer Einsatzbereiche, „Anpassung“ des Rechtsrahmens oder Initiierung technischer Neuerungen). In diesem Sinne kann neue oder veränderte Technik „angestammte“ Kultur zum Beispiel im Sinne in längeren Zeiträumen aufgebaute, bewährte, „eingeübte“, vertraute Praxen und Verständnisse beeinflussen bzw. Anstöße zu gravierenden und qualitativen Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsmustern geben. Sie wirkt damit direkt auf bestehende „Standardisierungen“, die entweder angepasst oder durch neue ersetzt werden.

Zusammenfassend zum Konzept der Innovationskulturen ergibt sich:

- Erkenntnisleitendes Interesse ist der Anspruch, „alle Elemente eines Geschehens in ihrer Komplexität und Vernetztheit zu erfassen“, d.h. ein „holistischer Blick“.⁴¹
- Innovationskultur verweist auf (räumlich konkrete und zeitvariante) Wahrnehmungs- und Handlungsmuster, die im Innovationsgeschehen wirksam sind (Werthaltungen bzw. Selbstverständnis wissenschaftlich-technischer Eliten, Forschungsparadigmen, Gruppenidentitäten) sowie darauf basierenden Problemlösungs- und Handlungsstrategien.
- Das Konzept „Innovationskultur“ ist damit vor allem heuristischer Natur!

41 Wengenroth, U., Vom Innovationssystem zur Innovationskultur. Perspektivwechsel in der Innovationsforschung. – In: Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland. Hrsg. v. Johannes Abele, Gerhard Barkleit u. Thomas Hänsleroth. Köln: Böhlau Verlag 2001, S. 32.

Autoren

Prof. Dr. Gerhard Banse, Karlsruher Institut für Technologie, Post: Postfach 3640, D - 76021 Karlsruhe.

Prof. Dr. Michael Hüther, Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Sitz: Konrad-Adenauer-Ufer 21, D - 50668 Köln, Post: Postfach 10 19 42, D - 50459 Köln.

Prof. Dr. Jörg Krüger, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin, Pascalstraße 8-9, D - 10587 Berlin-Charlottenburg.

Dr. Jens Lambrecht, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin, Pascalstraße 8-9, D - 10587 Berlin-Charlottenburg.

PD Dr. Heinrich Parthey, Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Dorotheenstraße 26, D - 10117 Berlin-Mitte, Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin-Mitte.

Prof. Dr. Meththild Schrooten, Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Bremen, Werderstraße 73, D - 28195 Bremen.

Prof. Dr. Rüdiger Wink, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Sitz: Gustav-Freytag-Straße 42a, D - 04277 Leipzig, Post: Postfach 30 11 66, D - 04251 Leipzig.

Bibliographie Roland Wagner-Döbler.

Zusammengestellt anlässlich seines 60. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Das Dilemma der Technikkontrolle. Wirkungen der Technikentwicklung und Probleme der Technologiepolitik. Universität Augsburg, Dissertation 1989.

Das Dilemma der Technikkontrolle. Wirkungen der Technikentwicklung und Probleme der Technologiepolitik. Berlin: Edition Sigma 1989. 216 Seiten.

(mit Jan Berg): Mathematische Logik von 1847 bis zur Gegenwart. Eine bibliometrische Untersuchung (= Grundlagen der Kommunikation und Kognition). Berlin, New York: de Gruyter 1993. VII, 271 Seiten. Reprint 2011.

Wachstumszyklen technisch-wissenschaftlicher Kreativität. Eine quantitative Studie unter besonderer Beachtung der Mathematik. Frankfurt/M., New York: Campus-Verl. 1997. 282 Seiten.

(mit Frank Havemann & Hildrun Kretschmer (Ed.)): Proceedings of the Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, Collaboration in Science and in Technology, September 1 – 3, 2000 at Free University Berlin. Berlin : Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. 234 Seiten.

(mit Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey & Walther Umstätter (Hrsg.)): Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

(mit Walther Umstätter): Katalogkunde. Vom Zettelkatalog zur Suchmaschine. Stuttgart: Hiersemann 2005. XI, 171 Seiten.

(mit Klaus Fuchs-Kittowski & Walther Umstätter (Hrsg.)): Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 198 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

- Über die Wirkungslosigkeit von Ethiken. – In: Die Aufgaben der Philosophie in der Gegenwart. Akten d. 10. Internationalen Wittgenstein-Symposiums, Aug. 1985, Kirchberg/Wechsel. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1986. S. 268 – 271.
- G. A. Cohens technologischer Determinismus. – In: Recht - Politik - Gesellschaft. Berichte des 12. Internationales Wittgenstein-Symposiums, Aug. 1987, Kirchberg am Wechsel. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988. S. 149 – 153.
- Axel Bauer, Winfried Schreiber: Dialogschulung Juris. – In: Informatik und Recht. 3(1988), S. 225 – 227.
- Karlsruher Juristische Bibliographie und juris. Ein Vergleich. – In: Informatik und Recht. 3(1988), S. 458 – 461.
- Fundhefte und Juris. Ein quantitativer Vergleich. – In: Computer und Recht. 6(1990), S. 412-414.
- (mit Lothar Philipps): Präjudizien in der Rechtsprechung. Statistische Untersuchungen anhand der Zitierpraxis deutscher Gerichte. – In: Rechtstheorie. Band 23, 1992, S. 228 – 241.
- Rechtsprechung und Präjudizien im deutschen Körperschaftssteuerrecht 1950 bis 1992. Eine statistische Fallstudie. – In: Rechtstheorie, Band. 24, 1993, S. 329 – 351.
- (mit Lothar Philipps): Argumentative Leitbegriffe: Ein Experiment in computer-gestützter Analyse juristischer Urteilstexte von 1950 bis 1992. – In: Zeitschrift für Rechtssoziologie. 14(1993), S. 257 - 279.
- The frequency distribution of legal decision citations in the German jurisdiction. – In: Scientometrics. 29(1994), S. 15 - 26.
- (mit Jan Berg): Regularity and irregularity in the development of scientific disciplines: The case of mathematical logic. – In: Scientometrics. 30(1994), S. 303 - 319.
- Urteilszitationen in Rechtsprechungsdatenbanken. Vorschlag für zwei neue Methoden im juristischen Information Retrieval. – In: Nachrichten für Doku-

- mentation, *Zeitschrift für Informationswissenschaft und -praxis*. 45(1994), S. 279 – 290.
- Entscheidungen der obersten Bundesgerichte und der Instanzgerichte in Publikationen. Ein Überblick der Veröffentlichungssrate und Sachgebietsverteilung anhand von *Juris*. – In: *Computer und Recht*. 10(1994), S. 305 – 309.
- Statistik der Entscheidungsgründe: Die analytische Nutzung von Rechtsprechungsdatenbanken für die Rechtstatsachenforschung und Rechtssoziologie (mit Anwendungsbeispielen). – In: *Jur-PC*, 1994, H. 1, S. 2454 – 2464.
- Where has the cumulative advantage gone? Some observations about the frequency distribution of scientific productivity, of duration of scientific participation, and of speed of publication. – In: *Scientometrics*. 32(1995), S. 123 – 132.
- Präjudizien in deutschen, englischen und US-amerikanischen Gerichtsentscheidungen. Ein quantitativer Vergleich. – In: *Rabels Zeitschrift für ausländisches und internationales Privatrecht*. 59(1995), S. 113 – 127.
- (mit Jan Berg): The dependence of Lotka's law on the selection of time periods in the development of scientific areas and authors. – In: *Journal of Documentation*. 51(1995), S. 28 - 43.
- (mit Lothar Philipps): Die Verbreitung neuer Rechtsbegriffe in der Rechtsprechung. Quantitative Analysen anhand deutscher Urteilstexte aus den Jahren 1950 bis 1992. – In: *Rechtstheorie*. 26(1995), S. 235 – 259.
- Movement in a cognitive space: Affinity between fields of science and migration between them. – In: 5th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, June 7-10 1995, River Forest (Chicago), Illinois. *Proceedings*. S. 637- 664.
- Two components of a causal explanation of Bradford's law. – In: *Journal of Information Science*. 22(1996), S. 125 – 132.
- (mit Jan Berg): Nineteenth-century mathematics in the mirror of its literature. A quantitative approach. – In: *Historia Mathematica*. 23(1996), S. 288 – 318.
- (mit Jan Berg): A multidimensional analysis of scientific dynamics. Part 1. Case studies of mathematical logic in the 20th century. – In: *Scientometrics*. 35(1996), S. 321 – 346.

- Alter und intellektuelle Produktivität: Das Beispiel von Mathematikern, Logikern und Schachmeistern. – In: Zeitschrift für Gerontopsychologie und Psychiatrie. 9(1996), S. 277 – 290.
- Self-organization of scientific specialization and diversification. A quantitative case-study. – In: Social Studies of Science. 27(1997), S. 147 – 170.
- Science-technology coupling: The case of mathematical logic and computer science. – In: Journal of the American Society for Information Science. 47(1997), S. 171 – 183.
- Time dependencies of Bradford distributions: Structures of journal output in 20th-century logic and 19th-century mathematics. – In: Scientometrics. 39(1997), S. 231 – 252.
- Eröffnungen – die populärsten, die erfolgreichsten und die friedlichsten. Eine historisch-statistische Studie. – In: Rochade Europa. (1997)1, S. 17 – 19.
- Kognitive Mobilität. Eine makroskopische Untersuchung der Wanderung von Wissenschaftlern zwischen Forschungsgebieten am Beispiel der Mathematik. – In: Journal for General Philosophy of Science. 29(1998), S. 265 – 287.
- Scientometric evidence for the existence of long economic growth cycles in Europe 1500-1900. – In: Scientometrics. 41(1998), S. 201 – 208.
- Retrospective catalogue conversion and digitization of library collections in Germany. Towards The New Information Society of Tomorrow: Innovations, Challenges and Impact. Papers presented at the 49th FID Conference and Congress, New Delhi, 11-17 October 1998, S. III,64 – III,68.
- William Goffman's 'Mathematical Approach to the Prediction of Scientific Discovery' and its application to mathematical logic, revisited. – In: Scientometrics. 46(1999), S. 635 – 645.
- (mit Jan Berg) Physics 1800–1900: A quantitative outline. – In: Scientometrics (Oxford-Amsterdam). 46(1999). S. 213 – 285. Überarbeitet auch in: Collaboration in Science. Proceedings of the First Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, 16-19 August 1998. Ed. by Frank Havemann and Hildrun Kretschmer. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 155 – 165.
- (mit Jan Berg): Physics 1800-1900: A quantitative outline. – In: Scientometrics, Vol. 46, 1999, S. 213 – 285.

- Freiberufliche Informationsvermittlung als neue Arbeitsform für Bibliothekare? Ein Rückblick. – In: *Buch und Bibliothek*. 52(2000), S. 190 - 193.
- Rescher's principle of diminishing marginal returns of scientific research. – In: *Die Zukunft des Wissens*. - In: *Scientometrics*. 50(2001), S. 419 – 436.
- Die Nutzung von Zitationsindizes durch deutsche Soziologen. Ergebnisse einer Umfrage. – In: *nfd Information - Wissenschaft und Praxis*. 52(2001), S. 401–405.
- (mit John C. Huber): Scientific production: a statistical analysis of authors in mathematical logic. – In: *Scientometrics*. 50(2001), S. 323 – 337.
- (mit John C. Huber): Scientific production: a statistical analysis of authors in physics 1800-1900. – In: *Scientometrics*. 50(2001), S. 437– 453.
- Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 ? from a bibliometric point of view. – In: *Scientometrics*. 52(2001), S. 503 – 517
- (mit John C. Huber): Using the Mann-Whitney test on informetric data. – In: *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 54(2003) S. 798 – 801.
- (mit Philipp Gahn, Harald Schmid): Die Retrokonversion an der Bibliothek der Philosophisch-Theologischen Hochschule der Salesianer Don Boscos in Benediktbeuern. – In: *Bibliotheksdienst*. 36(2002), S. 1547 – 1555.
- (mit Claudia Borchardt, Anja Müller, Janina Richter): Literaturversorgung auf fünf Sondersammelgebieten 1991-2000: Bestandsstruktur und –entwicklung in Wirtschaftswissenschaften, Mathematik, Sprach- und Literaturwissenschaft, Bibliothekswissenschaft, Keltologie. – In: *Bibliothek - Forschung und Praxis*. 27(2003), S. 190 – 194.
- V pamjat o Viljame Gofmane, pervoprochodze v razvitii dinamickoi informacijonnoi teorii [In memoriam William Goffman, pioneer of dynamic information theory, russ.]. – In: *Naukovedenie*. (2003)2.
- Information quality policy. – In: *Information Policy and the European Union. The 11th Bobcatss Symposium 2003, Febr. 3-5, Torun, Proceedings*. S. 145 – 151.
- (mit Frank Havemann & Michael Heinz): Growth dynamics of German university enrolments and of scientific disciplines in the 19th century: scaling behaviour under weak competitive pressure. – In: *Proceedings of the 9th*

- International Conference on Scientometrics and Informetrics, Beijing 2003. Ed. by Jiang Gouha, Ronald Rousseau and Wu Yishan. Beijing: Dalian Univ. of Technol. Press 2003. S. 91 – 98. (slightly revised version published in the special ISSI issue of *Scientometrics*. 60(2003)3, S. 283 – 294).
- (mit Frank Havemann & Michael Heinz): Growth dynamics of German university enrolments and of scientific disciplines in the 19th century: scaling behaviour under weak competitive pressure. – In: *Scientometrics*. 60(2004). S. 283 – 294.
- (mit Projektseminarteilnehmern des Instituts für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin): Was taugen Print- und Online-Ausgaben? Informationsmittel im direkten Usability-Vergleich. – In: *Information – Wissenschaft und Praxis*. 55(2004), S. 225 - 229.
- (mit Projektseminarteilnehmern des Instituts für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin): Literaturversorgung deutscher Sondersammelgebiete im nationalen und im internationalen Vergleich: Quantitative Fallbeispiele aus Psychologie, Geschichte, Musikwissenschaft sowie Wirtschaftswissenschaften und Mathematik. – In: *Bibliotheksdienst*. 38(2004), S. 488 – 497.
- (mit Ben Kaden, Andrea Kaufmann): Wissensmanagement in der Wissenschaft. Bericht über die Tagung der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. – In: *B.I.T. online*, 7(2004), S. 149 –150.
- (mit Projektseminarteilnehmern des Instituts für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität Berlin): Literaturversorgung deutscher Sondersammelgebiete im nationalen und im internationalen Vergleich: Quantitative Fallbeispiele aus Psychologie, Geschichte, Musikwissenschaft sowie Wirtschaftswissenschaften und Mathematik. – In: *Bibliotheksdienst*. 38(2004), S. 488 – 497.
- Sondersammelgebiete: Keine „Evaluierung“. – In: *Bibliotheksdienst*. 38(2004), S. 1455 – 1456. [Erwiderung auf publizierte Stellungnahmen.]
- (mit Projektseminarteilnehmern des Instituts für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin): Was taugen Print- und Online-Ausgaben? Informationsmittel im direkten Usability-Vergleich. – In: *Information – Wissenschaft und Praxis*. 55(2004), S. 225 – 229.
- (mit Frank Havemann & Michael Heinz): Firm-like behaviour of journals? Scaling properties of their output and impact growth dynamics. – In: *Journal of*

the American Society for Information Science and Technology. 56(2005), S. 3 – 12.

(mit Liming Liang, Frank Havemann & Michael Heinz): Structural similarities between science growth dynamics in China and in western countries. – In: Scientometrics. 66(2006), S. 311 – 325.

(mit Aparna Basu): „Cognitive mobility“ or migration of authors between fields used in mapping a network of mathematics. – In: Scientometrics. 91(2012), S. 353 – 368.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden

Theorien epidemischer Prozesse in der Informationswissenschaft. – In: Wissensbasierte Informationssysteme und Informationsmanagement. Proceedings d. 2. Intern. Symposiums für Informationswissenschaft zus. mit d. 17. Intern. Kolloquium für Information und Dokumentation. Hrsg. v. Harald Killenberg, Rainer Kuhlen u. Hans-Jürgen Manecke. Konstanz: Universitätsverlag 1991. S. 40 – 51.

Juris, ein juristischer Zitations-Index. Rechts-, informationswissenschaftliche und dokumentarische Anwendungsmöglichkeiten. – In: Information und Dokumentation in den 90er Jahren: Neue Herausforderung, neue Technologien. Deutscher Dokumentartag 1991. Hrsg. v. Wolfram Neubauer u. Karl-Heinz Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1992. S. 251 – 264.

Publikationsverhalten gestern und heute: 15 000 Autoren einer mathematischen Spezialdisziplin auf dem Prüfstand. – In: Technik und Information. Dt. Dokumentartag 1992. Hrsg. v. Wolfram Neubauer u. Karl-Heinz Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesesellschaft für Dokumentation 1993. S. 679 – 686.

Perspektiven der Wissenschaftsforschung über die Mathematik. – In: Philosophie der Mathematik. Akten des 15. Intern. Wittgenstein-Symposiums, 1992. T. 1. Hrsg v. Johannes Czermak. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1993. S. 417–427.

Informationsvermittler, Information Broker - ein neuer Freier Beruf? – In: Informationsvermittlungsstellen als Kern des internen Informationsmanagements. Hrsg. v. Bernd Markscheffel u. Hans-Jürgen Manecke.. Proceedings des 18.

Internationalen Kolloquiums über Information und Dokumentation, Oberhof/Thüringen, April 1994.

Selektivität in Informationssystemen: Der Einsatz quantitativer Indikatoren zur Charakterisierung von Autoren und Zeitschriften. – In: Mehrwert von Information - Professionalisierung der Informationsarbeit. Proceedings des 4. Intern. Symposiums für Informationswissenschaft, Graz, 2.-4. Nov. 1994. Hrsg. v. Wolf Rauch [u.a.]. Konstanz: Universitätsverlag 1994.

Innovationsebben und Innovationsfluten. Kondratieff-Zyklen aus der Perspektive der Wissenschaftsforschung. – In: Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 1996/7. Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Marburg: BdWi – Verlag 1998. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 65 – 75.

Scientometric evidence for the existence of long economic growth cycles in Europe 1500-1900. 6. International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, Jerusalem, June 16-19, 1997. – In: Proceedings. 6. International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, June 16-19, 1997, S. 473 – 478.

Was ist eine Bibliothek. – In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 281 – 293.

Wissenschaftskonjunkturen und die Möglichkeiten ihrer szientometrischen Analyse. – In: Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 1999. Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 101 – 122.

William Goffman's "Mathematical Approach to the Prediction of Scientific Discoveries", revisited. – In: Proceedings of the 7th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, July 5-8, 1999, Colima, México, S. 522 – 531.

Cognitive Mobility. – In: Emerging Trends in Scientometrics. Essays in honour of Ashok Jain. Ed. by P. S. Nagpaul (u.a.). New Delhi (u.a.): Allied Publishers 1999. S. 225 – 245. 2 nd ed. 2000. [Überarb. engl. Version von: Kognitive

- Mobilität. Eine makroskopische Untersuchung der Wanderung von Wissenschaftlern zwischen Forschungsgebieten am Beispiel der Mathematik. - In: *Journal for General Philosophy of Science*. Vol. 29, 1998, S. 265 – 287.]
- William Goffman's „Mathematical Approach to the Prediction of Scientific Discoveries, revisited. – In: *Proceedings of the 7th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, Juli 5–8, 1999, Colima, México. Ed. by Cèsar A. Macias-Chhapula. Colima, Mexiko: Universidad de Colima 1999. S. 522 – 531.
- Rescher's principle of diminishing marginal returns of scientific research. – In: *Die Zukunft des Wissens*. 18. Deutscher Kongreß für Philosophie, Konstanz 1999. Workshop-Beiträge. Hrsg. v. Jürgen Mittelstraß. Konstanz: Universitätsverlag 1999. S. 464 – 465.
- Was ist eine Bibliothek? - In: *Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert-Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 283 – 296.
- Cognitive Mobility. - In: *Emerging Trends in Scientometrics. Essays in honor of Ashok Jain*. Ed. by P. S. Nagpaul (u.a.). 2 nd ed.. New Dehli: Allied Publishers 2000. S. 225 – 245.
- Wissenschaftliche Information und das Prinzip abnehmenden Grenznutzens naturwissenschaftlicher Forschung. – In: *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 103-120.
- Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 - from a bibliometric point of view (gekürzt). – In: *Collaboration in Science and in Technology. Proceedings of the Second Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics*, Sept. 1-3, 2000. Ed. by Frank Havemann (et al.). Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. S. 197– 210.
- Evaluation in prä-institutionellen Stadien wissenschaftlicher Forschung. – In: *Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003*. Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. S. 129 – 141.

- Kognitive Mobilität und Zipfs „Principle of Least Effort“. – In: Wissensorganisation in kooperativen Lern- und Arbeitsumgebungen; Proceedings der 8. Tagung der Deutschen Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation, Regensburg 2002. Hrsg. v. Gerhard Budin u. H. Peter Ohly. Würzburg: Ergon-Verl. 2004. S. 23 – 32 (= Fortschritte in der Wissensorganisation, Bd. 8).
- (mit Walther Umstätter): Kybernetik und Interdisziplinarität in der Bibliothekswissenschaft. – In: Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften – Georg Klaus zum 90. Geburtstag. Gemeinsames Kolloquium der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik im November 2002 in Berlin. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski u. Siegfried Piotrowski. (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 11). Berlin: trafo Verlag 2004. S. 363 – 366.
- Tacit knowledge, knowledge management, library science - no bridge between? – In: Knowledge Management. Libraries and Librarians taking up the challenge. Ed. by Hans-Christoph Hobohm. München: Saur 2004 (IFLA Publications; 108). S. 39 – 46.
- Pareto's Law im Rechtssystem: Ergebnisse bibliometrischer Analysen. – In: Gerechtigkeitswissenschaft. Kolloquium aus Anlass des 70. Geburtstages von Lothar Philipps. Hrsg. v. B. Schünemann (u.a.). Berlin: Berliner Wissenschafts-Verl. 2005. S. 317 – 325.
- Schach – ein Lotka-Volterra-Spiel? – In: Suomalaisen filosofian 'enfant terrible'. Kriittinen ajattelijä ja tiedepoliittinen keskustelijä. Juhlakirja tohtori Pertti Lindforsin 75-vuotispäivänä. Monitieteinen antologia. Hrsg. v. Erkki Hartikainen (u.a.). Helsinki: Otamedia 2005. S. 227 – 234.
- Das Forschungsprogramm der Bibliothekswissenschaft. Einige Beobachtungen und Anregungen aus der Perspektive eines Wissenschaftstheoretikers und (ehemaligen) Bibliothekars (Nicht autorisierte Version). – In: Bibliothekswissenschaft – quo vadis. Bad Honnef: Bock und Herchen 2005.
- Umberto Ecos Betrachtung einer benutzerfeindlichen Bibliothek – 25 Jahre danach. – In: Vom Wandel der Wissensorganisation im Informationszeitalter. Festschrift für Walther Umstätter zum 65. Geburtstag. Hrsg. v. Petra Hauke u. Konrad Umlauf. Bad Honnef: BOCK+HERCHEN Verlag 2006. S. 183 – 190.
- (mit Theo Leiber): Nicholas Rescher on Scientific Progress: Science in the Face of Limited Cognitive and Technological Resources. – In: Rescher Studies. A Col-

lection of Essays on the Philosophical Work of Nicholas Rescher. Ed. by Robert Almeder. Frankfurt am Main: Ontos-Verl. 2008, S. 363-399 (Reading Rescher; Vol. 2).

„Zettelkatalog“. - In: Lexikon des gesamten Buchwesens. LGB2. Lfg. 61. Völlig neue bearbeitete Auflage. Hrsg. v. Severin n Corsten, Claus W. Gerhardt und andere. Stuttgart: Hiersemann 2014. S. 397 - 400.

IV. Rezensionen

(Rezension) Hans Jonas: Das Prinzip Verantwortung. – In: Kindlers Neues Literatur-Lexikon. Hrsg. von Walter Jens. Bd. 8. München: Kindler 1990. S. 839.

(Rezension) Jutta Bachmann: Der Information Broker. Informationen suchen, sichten, präsentieren. (Die Integrierte Qualifizierung.) München (u.a.): Addison-Wesley 2000. – In: Buch und Bibliothek. 53(2001), S. 422 – 423.

(Rezension) Rafael Ball & Dirk Tunger: Bibliometrische Analysen – Daten, Fakten und Methoden. Grundwissen Bibliometrie für Wissenschaftler, Wissenschaftsmanager, Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Jülich: Forschungszentrum Jülich, Zentralbibliothek 2005. – In: ABI Technik, 25(2005), S. 311 – 312.

Publikationen der Mitglieder im Jahre 2013

*Gerhard Banse*¹, Robert Hauser, Petr Machleidt & Oliver Parodi (Hrsg.): Von der Informations- zur Wissensgesellschaft: e-Society – e-Participation – e-Identity. Reihe „e-Culture – Network Cultural Diversity and New Media“, Band 17. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. 450 Seiten.

Gerhard Banse & Siegfried Wollgast (Hrsg.): Toleranz gestern heute, morgen. Beiträge zu den Oranienburger Toleranzkonferenzen 2002 bis 2011. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. 358 Seiten.

Gerhard Banse & Ernst-Otto Reher (Hrsg.): Technik – Sicherheit – Techniksicherheit. 163 Seiten. (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 116).

Gerhard Banse & Bernd Meier (Hrsg.): Inklusion und Integration. Theoretische Grundfragen und Fragen der praktischen Umsetzung im Bildungsbereich. Frankfurt am Main u. a.: Peter Lang, Internationaler Verlag der Wissenschaften 2013. 242 Seiten.

Petra von Both, *Gerhard Banse*, Sven Matthiesen, Matthias Pfeifer & Anne Ruckpaul: Idee – Entwurf – Gestaltung. Intuition und Methodik in frühen Entwurfsphasen technischer Systeme. – In: TATuP – Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis. 22 (2013)2, S. 72 – 74.

Gerhard Banse: Der gläserne Mensch. – RFID in der Diskussion. – In: Von der Informations- zur Wissensgesellschaft. e-Society – e-Partizipation – e-Identität. Hrsg. v. *Gerhard Banse*, Robert Hauser, Petr Machleidt u. Oliver Parodi. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 401 – 413 (e-Culture – Network Cultural Diversity and New Media, Bd. 17).

Gerhard Banse & Lucia Belyová: Höhere Sicherheit durch bessere Sicherheitskultur?! – In: Von der Informations- zur Wissensgesellschaft. e-Society – e-Partizipation – e-Identität. Hrsg. v. *Gerhard Banse*, Robert Hauser, Petr Machleidt

1 Kursiv für Mitglieder der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung.

u. Oliver Parodi. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 415 – 427 (e-Culture – Network Cultural Diversity and New Media, Bd. 17).

Gerhard Banse: Was hat Technik mit Toleranz zu tun? – In: Toleranz – gestern, heute, morgen. Hrsg. v. *Gerhard Banse* u. Siegfried Wollgast. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 83 – 101 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 33).

Gerhard Banse & Ernst-Otto Reher: Einleitung. – In: Technik – Sicherheit – Techniksicherheit. Hrsg. v. *Gerhard Banse* u. Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 9 – 20. (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 116).

Gerhard Banse & Lucia Belyová: Sicherheit und Sicherheitskultur. – In: Technik – Sicherheit – Techniksicherheit. Hrsg. v. *Gerhard Banse* u. Ernst-Otto Reher. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 21 – 31 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 116).

Gerhard Banse: Erkennen und Gestalten oder: über Wissenschaften und MACHENSCHAFTEN. – In: Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung / Methoden des Technikunterrichts. Hrsg. v. Wolf Bienhaus u. Wilfried Schlagenhauf. Freiburg: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V. 2013. S. 21 – 49.

Gerhard Banse: Sicherheit. – In: Handbuch Technikethik. Hrsg. v. Armin Grunwald. Stuttgart/Weimar: Verlag J. B. Metzler 2013. S. 22 – 27.

Gerhard Banse & Bernd Meier: Technische Bildung. – In: Handbuch Technikethik. Hrsg. v. Armin Grunwald. Stuttgart/Weimar: Verlag J. B. Metzler 2013. S. 421 – 425.

Gerhard Banse: Donald Brinkmann, Mensch und Technik. Grundzüge einer Philosophie der Technik. Bern 1946. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 108 – 110.

Gerhard Banse: Richard Nikolaus Coudenhove-Kalergi, Apologie der Technik. Leipzig 1922. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning

- u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 125 – 128.
- Gerhard Banse*: Peter Klimentitsch von Engelmeyer, Der Dreiakt als Lehre von der Technik und der Erfindung. Berlin 1910. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 139 – 142.
- Gerhard Banse*: Julius Goldstein, Die Technik. Frankfurt am Main 1912. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 160 – 163.
- Gerhard Banse*: Alois Huning, Das Schaffen des Ingenieurs. Beiträge zu einer Philosophie der Technik. Düsseldorf 1974. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 183 – 186.
- Gerhard Banse*: Klaus Koch & Dieter Senghaas (Hrsg.), Texte zur Technokratiediskussion. Frankfurt am Main 1970. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 220 – 226.
- Gerhard Banse*: Hans Lenk, Zur Sozialphilosophie der Technik. Frankfurt am Main 1982. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 236 – 239.
- Gerhard Banse*: Manfred Schröter, Philosophie der Technik. München 1934. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013, S. 346 – 350.
- Gerhard Banse*: Hugo Wögebauer, Die Technik des Konstruierens. München/Berlin 1943; Fritz Kesselring, Technische Kompositionslehre. Anleitung zu technisch-wirtschaftlichem und verantwortungsbewußtem Schaffen. Berlin u. a. 1954. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphiloso-

phie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 396 – 400.

Gerhard Banse: Eberhard Zschimmer, Philosophie der Technik. Vom Sinn der Technik und Kritik des Unsinnns über die Technik. Jena 1914. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 405 – 408.

Gerhard Banse: Klaus Kornwachs, Strukturen technologischen Wissens. Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik. Berlin 2012. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 472 – 476.

Gerhard Banse: Carl Mitcham, Thinking through Technology. The Path between Engineering and Philosophy. Chicago/London 1994. – In: Nachdenken über Technik. Die Klassiker der Technikphilosophie und neuere Entwicklungen. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning u. Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: edition sigma 2013. S. 489 – 493.

Werner Ebeling: Über das Gedächtnis des Zufalls – zur Dialektik von Gesetz und Zufall. – In: Leibniz Online 2013 (<http://www.leibniz-sozietaet.de>). S. 1 – 7.

Werner Ebeling, A. P. Chetverikov, G. Röpke & M. G. Velarde: High Conductivity Mediated by Thermal Excitation of Solitons. – In: Contributions to Plasma Physics. 53(2013)10, S. 736 – 743.

Yu. M. Romanovsky, A. V. Kargovskii & *Werner Ebeling*: Model-factive Brownian based on internal oscillations. – In: The European Physics Journal. Special Topics. 22(2013)S. 2465 – 2479.

A. P. Chetvenko, *Werner Ebeling* & M. G. Velarde: Nonlinear soliton-like excitations in two-dimensional lattices and charge transport. – In: The European Physics Journal. Special Topics. 22(2013)S. 2531 – 2546.

Klaus Fischer: Generalisierbare Bedingungen kreativer Forschung. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. Thomas

- Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink.* Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 183 – 204.
- Klaus Fischer:* Verstehen und Verständigung aus konstruktivistischer Sicht. - In: Verstehen und Verständigung in einer veränderten Welt. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi u. *Klaus Fischer.* Wiesbaden: Springer VS 2013, S. 169-181.
- Klaus Fischer:* Toleranz und Wissenschaft. - In: Toleranz im Weltkontext. Hrsg. v. Hamid Reza Yousefi u. Harald Seubert. Wiesbaden: Springer VS 2013, S. 303 - 312.
- Klaus Fischer:* Empirismus (wissenschaftstheoretisch). - In: Lexikon der Erkenntnistheorie. Hrsg. v. Thomas Bonk. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2013, S. 30 - 40.
- Klaus Fischer:* Fallibilismus. - In: Lexikon der Erkenntnistheorie. Hrsg. v. Thomas Bonk. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2013, S. 62-69.
- Klaus Fischer:* Realismus und Fiktionalismus in der Wissenschaft des späten 19. Jahrhunderts. - In: Das Leben der Vernunft. Beiträge zur Philosophie Kants. Hrsg. v. Dieter Hüning, Stefan Klingner u. Carsten Olk. Berlin/Boston: Walter de Gruyter 2013, S. 661-690.
- Klaus Fischer & Hamid Reza Yousefi (Hrsg.):* Verstehen und Verständigung in einer veränderten Welt. Wiesbaden: Springer VS 2013, 193 Seiten.
- Klaus Fuchs-Kittowski:* Ethik und Informatik – Moralität und Historizität – Zur notwendigen Solidarität mit den Whistleblowern. – In: FIFF-Kommunikation, Weltweite Datenausspähung / Informatik und Bildung, 3/2013, S. 41 – 42.
- Klaus Fuchs-Kittowski:* Umweltinformatik und Gesellschaft Vorlesung und Projektarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft im Studiengang Umweltinformatik. – In: FIFF-Kommunikation, Weltweite Datenausspähung / Informatik und Bildung, 3/2013, S. 54 – 59.
- Klaus Fuchs-Kittowski:* Die Schwierigkeiten mit dem sozialen Aspekt – Zur Umprofilierung des Lehrstuhls: Informatik in Bildung und Gesellschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin. – In: FIFF-Kommunikation, Weltweite Datenausspähung / Informatik und Bildung, 4 /2013.
- Jochen Gläser:* Der Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität in der Forschung – Umriss eines Forschungsprogramms. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas*

Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 89 – 108.

Jochen Gläser & Grit Laudel: Life With and Without Coding: Two Methods for Early-Stage Data Analysis in Qualitative Research Aiming at Causal Explanations [96 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* 14(2013)2, Art. 5.

E. Dröge, J. Iwanowa, V. Trkulj, S. Hennicke & *Stefan Gradmann:* Wege zur Integration von Ontologien im Beispiel des European Data Model. – In: *Informationswissenschaft zwischen virtueller Infrastruktur und materiellen Lebenswelten.* Proceedings des 13. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft. Glückstadt: VWH 2013. S. 273 – 284,

Frank Havemann: Methoden der Informatik. – In: *Handbuch Methoden der Bibliotheks und Informationswissenschaft: Bibliotheks-, Benutzerforschung, Informationsanalyse.* Hrsg. v. Konrad Umlauf, Simone Fühles-Ubach u. Michael Seadle. Berlin /Boston: Walter de Gruyter 2013. S. 338 – 367.

Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur & Rüdiger Wink (Hrsg.): *Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012.* Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.

Thomas Heinze: Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptuelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde. – In: *Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012.* Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink.* Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 29 – 49.

Thomas Heinze: Trends und Entwicklungslinien der außeruniversitären Forschung im internationalen Vergleich. – In: *Wissenschaft als Beruf. Bestandsaufnahme - Diagnosen - Empfehlungen.* Wien. Hrsg. v. Max Haller. Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften 2013. S. 74 – 87.

Thomas Heinze: Networks and Scientific Innovation. – In: *Springer Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation, and Entrepreneurship.* Hrsg. v. Elias

Thomas Heinze: Creative accomplishments in science: definition, theoretical considerations, examples from science history, and bibliometric findings. – In: *Scientometrics* 95(2013), S. 927 – 940.

Thomas Heinze, R. Heidler, H. Heiberger & R. Riebling: New patterns of scientific growth. How research expanded after the invention of Scanning Tunneling

- Microscopy and the discovery of Buckminsterfullerenes. – In: Journal of the American Society for Information Science and Technology. 64(2013), S. 829 – 843.
- Jan Youtie, Juan Roggers, *Thomas Heinze*, Philip Shapira & Li Tang: Career-based influence on scientific recognition in the United States and Europe: Longitudinal evidence from curriculum vitae data. – In: Research Policy. 42(2013) 8, S. 1341 – 1355.
- O. Hallonsten & *Thomas Heinze*: From particle physics to photon science: Multi-dimensional and multi-level renewal at DESY and SLAC. – In: Science and Public Policy. 40(2013), S. 591 - 603.
- Eckart Henning*: Archivalien und Archivare Preußens. Ausgewählte Aufsätze. Berlin: Duncker & Humblot 2013, 280 Seiten.
- Eckart Henning*: Der Übergang der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft auf die Max-Planck-Gesellschaft. Mit einem Ausblick auf die Gegenwart. - In: Akademische und außerakademische Forschung in Deutschland. Tendenzen und Zäsuren eines Jahrhunderts. Hrsg. v. Karl-Heinz Bernhardt u. *Hubert Laitko*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2013. S. 57 – 68.
- Eckart Henning*: Reinhard Lüdicke/Gottfried Wentz. – In: Lebensbilder brandenburgischer Archivare und Historiker. Berlin: be.bra 2013, S. 87 – 96 bzw. S. 536 – 544.
- Eckart Henning*: Die Kaiserliche Botschaft vom 11. Oktober 1910. Rückblick auf die Gründung der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft in Berlin. – In: Mitteilungen des Vereins für die Geschichte Berlins 109 (2013), S. 256 – 260.
- Eckart Henning*: Sind Historiker "im Bilde?" Zur Auseinandersetzung der Geschichtswissenschaft mit dem Visuellen. – In: Berliner Wissenschaftliche Gesellschaft, Jahrbuch 2013, S. 139 – 151.
- Horst Kant*: Leo Szilard. Neue Deutsche Biographie, Bd. 25. Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Berlin: Duncker & Humblot 2013. S. 746 – 747.
- Horst Kant & Jürgen Renn*: Eine utopische Episode – Carl Friedrich von Weizsäcker in den Netzwerken der Max-Planck-Gesellschaft. Preprint 441, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Berlin 2013. 47 Seiten.

- Dieter Fick & *Horst Kant*: The Concepts of Light Atoms and Light Molecules and Their Final Interpretation. - In: Traditions and Transformations in the History of Quantum Physics – HQ-3: Third International Conference on the History of Quantum Physics, Berlin, June 28–July 2, 2010. Berlin: Edition Open Access 2013. S. 89 – 124.
- Horst Kant & Jürgen Renn*: Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 141 – 154.
- Klaus Kornwachs*: Besprechungen über U. Beck, M. Bunge, E. Cassirer, S. Lem, F. Pollock, J. Weizenbaum, S. Wollgast, G. Banse, VDI-Grundsätze der Ingenieursverantwortung. Beiträge in: Nachdenken über Technik II – Klassiker der Technikphilosophie. Hrsg. v. Christoph Hubig, Alois Huning und Günter Ropohl. 3. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: editionsigma 2013.
- Klaus Kornwachs*: Philosophie der Technik - eine Einführung. Reihe Wissen, , München: Ch. Beck 2013. (Auch als Hörbuch, gelesen von Günter Merlau. Hamburg: Laausch Medien 2013.)
- Klaus Kornwachs* (Hrsg.): Technisches Wissen. Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert. Berlin - Heidelberg: Springer 2013.
- Klaus Kornwachs*: Alle wissen alles und stimmen über alles ab - e-Governance und e-Participation nach Stuttgart 21 und Wikileaks. – In: Von der Informations- zur Wissensgesellschaft: e-Society – e-Partizipation - e-Identität. Reihe „e-Culture -Cultural Diversity and New Media“, Band 17. Hrsg. v. *Gerhard Banse*, Robert Hauser, Petr Machleidt und Oliver Parodi. Berlin: Trafo Wissenschaftsverlag 2013.
- Klaus Kornwachs*: System Surfaces - there is neuer just only one Structure. - In: Evolution of Semantic Systems. Vol 1. Ed. by B. O. Köppers, U. Hahn and S. Artmann. G. Frege Center for Structural Science. Berlin - Heidelberg: Springer 2013. S. 31 - 66.
- Klaus Kornwachs & andere*: Technikwissenschaften. Erkennen - Gestalten - Verantworten. - In: acatech IMPULS. Hrsg. v. acatech. Heidelberg: Springer 2013.

- Klaus Kornwachs*: Faszination der Oberfläche. - In: Künste, Ästhetik, Philosophie. Im Spannungsfeld der Disziplinen. Hrsg. v. H. Friesen und andere. Münster: Mentis 2013, S. 291 - 312
- Klaus Kornwachs*: Strukturen der ethischen Debatte um Geo-Engineering. Kommentargutachten zum Entwurf des TAB-Arbeitsberichts Geoengineering im Auftrag des Deutschen Bundestages, vorgelegt dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin (TAB). Argenbühl-Eglofs 2013
- Klaus Kornwachs*: Fortschritt. Kultur und Technik. Beiträge in: Technikethik - ein Handbuch. Hrsg. v. Armin Grundwald. Stuttgart: J. Metzler 2013, S. 28 -32, 208 - 211
- Hubert Laitko*: Der Ambivalenzbegriff in Carl Friedrich von Weizsäckers Starnberger Institutskonzept. Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte 2013. 35 Seiten.
- Karl-Heinz Bernhardt & *Hubert Laitko* (Hrsg.): Akademische und außerakademische Forschung in Deutschland. Tendenzen und Zäsuren eines Jahrhunderts. Berlin: Trafo Wissenschaftsverlag 2013. 144 Seiten-
- Hubert Laitko* & Herbert Hörz (Hrsg.): Akademie und Universität in historischer und aktueller Sicht: Arbeitsteilung, Konkurrenzen, Kooperationen. Jahreskonferenz der Leibniz-Sozietät 2010. Berlin: Trafo Wissenschaftsverlag 2013. 263 Seiten
- Grit Laudel*: Wie beeinflussen nationale Karriere-Institutionen innovative Forschung. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur* u. *Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 109 – 140.
- Jochen Gläser* & *Grit Laudel*: Life With and Without Coding: Two Methods for Early-Stage Data Analysis in Qualitative Research Aiming at Causal Explanations [96 paragraphs]. – In: Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research 14(2013)2, Art. 5.
- Harald A. Mieg* & Christoph Heyl (Hrsg.): Stadt: Ein interdisziplinäres Handbuch. Stuttgart: J. B. Metzler 2013. 335 Seiten.
- Harald A. Mieg* & Klaus Töpfer (Eds.): Institutional and social innovation for sustainable urban development. London: Earthscan 2013. 421 Seiten.

- Harald A. Mieg*, Judith Bauer & Stephan Bedenk: Being moved by moving images: The influence of filmmaking on sustainable consumption patterns. – In: *Gaia* 22(2013)3, S. 187 – 194.
- Harald A. Mieg*, Steffen de Sombre & Matthias A. Naef: How formality works: The case of environmental professionals. – In: *Professions & Professionalism* 3(2013)1. Online-Publication: <http://dx.doi.org/10.7577/pp.564>.
- Julian Jain, Fritz-Julius Grafe & *Harald A. Mieg*: Mumbai, the megacity and the global city: A view of the spatial dimension of urban resilience. – In: *Institutional and social innovation for sustainable urban development*. Ed. by *Harald A. Mieg* u. Klaus Töpfer. London: Earthscan 2013. S.193 – 213.
- Thomas Heinze*, *Heinrich Parthey*, *Günter Spur* & *Rüdiger Wink* (Hrsg.): *Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.
- Heinrich Parthey*: Phantasie in der Forschung und Kriterien der Wissenschaftlichkeit. – In: *Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012*. Hrsg. v. *Thomas Heinze*, *Heinrich Parthey*, *Günter Spur* u. *Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 9 – 28.
- Vivien Petras*: Methoden für die Evaluierung von Informationssystemen. – In: *Handbuch Methoden der Bibliotheks und Informationswissenschaft: Bibliotheks-, Benutzerforschung, Informationsanalyse*. Hrsg. v. Konrad Umlauf, Simone Fühles-Ubach u. Michael Seadle. Berlin /Boston: Walter de Gruyter 2013. S. 368 – 386.
- Vivien Petras*, J. Stiller, & M. Gäde: Building for Success (?) – Evaluating Digital Libraries in the Cultural <heritage Domain. – In: *Recent Developments in the Design, Construction and Evaluation of Digital Libraries: Case Studies*. Ed. by C. Cool. NG, K. B., ICI Global. 2013.
- Maxi Kindling, *Vivien Petras* & Michael Seadle: Informationswissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin. – In: *Information: Wissenschaft und Praxis*, 64(2013)2/3. S. 69 - 73.
- Jürgen Renn*: Schrödinger and the genesis of wave mechanics. – In: *Erwin Schrödinger – 50 years after*. Ed. by W. L. Reiter and J. Yngvason. Zürich: European Mathematical Society 2013. S. 9 – 36.
- Horst Kant* & *Jürgen Renn*: Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft. – In: *Kreativität*

- in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 141 – 154.
- Horst Kant & Jürgen Renn*: Eine utopische Episode – Carl Friedrich von Weizsäcker in den Netzwerken der Max-Planck-Gesellschaft. Preprint 441, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Berlin 2013. 47 Seiten.
- Horst Kant & Jürgen Renn*: Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft. – In: *Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012*. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 141 – 154.
- P. D. Omoden & *Jürgen Renn*: Das Prinzip Kontingenz in der Naturwissenschaft der Renaissance. Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte 2013. 43 Seiten.
- Paul Wouters, Anne Beaulien, *Andrea Scharnhorst* & Sally Wyatt (Eds.): *Virtual Knowledge. Experimenting in the Humanities and the Social Sciences*. Cambridge, Mass.: MIT Press 2013.
- A. Akdag Salah, Sally Wyatt, S. Passi & *Andrea Scharnhorst*: Mapping EINS - An exercise in mapping the Network of Excellence in Internet Science. In *Conference Proceedings of the First International Conference on Internet Science, April 9-11, 2013 Brussels*. Brussels: The FP7 European Network of Excellence in Internet Science 2013. S. 75 – 78.
- Anne Beaulieu, A. M. Ratto & *Andrea Scharnhorst*: Learning in a Landscape: Simulation-building as Reflexive Intervention. – In: *Mind & Society*. 12(2013)1.
- Michael Bonitz & *Andrea Scharnhorst*: Remembering Manfred Bonitz (7.3.1931 – 14.8.2012) on the first anniversary of his death. – In: *Scientometrics*, 97(2013)1.
- N. W. Jankowski, *Andrea Scharnhorst*, C. Tatum & Z Tatum: Enhancing Scholarly Publications: Developing Hybrid Monographs in the Humanities and Social Sciences. – In: *Scholarly and Research Communication*. 4(2013)1.
- M. Kouw, C. Van den Heuvel & *Andrea Scharnhorst*: Exploring Uncertainty in Knowledge Representations: Classifications, Simulations, and Models of the World. – In: *Virtual Knowledge. Experimenting in the Humanities and the*

Social Sciences. Ed. by Paul Wouters, Anne Beaulieu, Andrea Scharnhorst and Sally Wyatt. Cambridge, Mass.: MIT Press. 2013. S. 89 – 126.

Linda Reijnhoudt, Rodrigo Costas, Ed Noyons, Katy Boerner & *Andrea Scharnhorst*: CESeed+Expand: A Validated Methodology for Creating High Quality Publication Oeuvres of Individual Researchers. – In PROCEEDINGS OF ISSI 2013 Vienna - 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference Vienna, Austria 15th to 20th July 2013. Ed. by J. Gorraiz, E. Schiebel, C. Gumpenberger, M. Hörlesberger and H. Moed. Vienna: AIT Austrian Institute of Technology GmbH Vienna 2013. S. 1587 - 1600).

R. P. Smiraglia, *Andrea Scharnhorst*, A. Akdag Salah, & C. Gao: UDC in Action. – In: Classification and visualization: interfaces to knowledge. Ed. by A. Slavic, A. Akdag Salah and S. Davies. Würzburg: Ergon Verlag. 2013.S. 259 – 270.

Sally Wyatt, *Andrea Scharnhorst*, Anne Beaulieu & Paul Wouters: Introduction to Virtual Knowledge. – In: Virtual Knowledge. Experimenting in the Humanities and the Social Sciences. Ed. by Paul Wouters, Anne Beaulieu, *Andrea Scharnhorst* and Sally Wyatt. Cambridge, Mass. 2013. S. 124.

Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur & Rüdiger Wink (Hrsg.): Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.

Kristina Starkhoff: Übertragbarkeit des Kostenmodells zur Langzeitarchivierung LIFE auf den archivischen Bereich. Transferarbeit im Rahmen des Archivreferendariats für den höheren Dienst an der Archivschule Marburg. Eingereicht am 27. März 2013. 44 Seiten.

Walther Umstätter: Über die katalytische Ausbreitung kreativer Ideen in der Wissenschaft. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 157 – 182.

Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur & Rüdiger Wink (Hrsg.): Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.

Rüdiger Wink: Kreativität in der Forschung und Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse. – In: Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012. Hrsg. v. *Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur*

u. *Rüdiger Wink*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. S. 51 – 68.

Namensregister

A

Admati, A. 64
Aebi, F. 93
Alexander, D. E 59
Apelojg, B. 95
Aschhoff, B. 41

B

Babbage, Ch. 7, 43, 54
Banse, G. 91-92, 94, 97-99, 104-105
Banthien, H. 93
Beckmann, J. 97
Belitz, H. 64
Bertoni, F. 63
Biedermann, W. 48, 90
Blum, U. 61
Bonitz, M. 90
Boschma, R 68
Bresinky, A., 43
Bristow, G. 58, 60
Brocke, B. vom 49
Brockhoff, K. 93
Broy M. 10
Broy, M. 12
Budenandt, A. 47
Busch, U. 91, 94

C

Cahan, D. 45
Castaldi, C. 69
Cellini, R. 68
Chapple, K. 65
Chemnitz, M. 15-16
Christopherson, S. 57
Collingridge, D. 100
Crass, D. 41

Cyranek, G. 23

D

Davies, S. 59
De Graaff, T. 58
Decker, M. 104
Demary, M. 66
Denffer, D. v. 43
Diodato, D. 68
Doherr, T. 41
Duschl, M. 67

E

Ebeling, W. 90, 92
Egeln, J. 62
Ehrendorfer, F. 43
Eickelpasch, A. 66
Engels, F. 44
Erdmann, V. 38
Erlach, K. 94
Eyth, M. 98

F

Felt, U. 99
Fernald, J. 64
Fingleton, B. 59
Fischbach, R. 92
Fischer, E. 46
Fischer, K. 91-92
Fischer, W. 93
Foders, F. 66
Förster, W. 45
Franzke, S. 62
Freeman, C. 63
Frenken, C. 69
Fricke, M. 93
Friedenberg, G. 43, 54
Frietsch, R. 32, 36-37

Fuchs-Kittowski, F. 95
Fuchs-Kittowski, K. 90-91, 95

G

Garretsen, H. 59
Gausemeier, J. 93
Gehrke, B. 37-38, 63
Geisberger, E. 10, 12
Gillwald, K. 102
Gläser, J. 92
Glöckner, U. 64
Gottschalk, S. 62
Greif, S. 44-45, 89-91
Grenzmann, Ch. 89-90
Grimmeiss, H. 94, 99, 104
Grunwald, A. 93-94, 99-100, 104
Guerron-Quintana, P. A. 65

H

Hacker, W. 94
Haeussler, C. 61
Hahn, O. 47
Halkier, H. 70
Harhoff, D. 61
Harnack, A. von 44, 46
Hartbrich, I. 25
Hartmann, E. 94
Hauser, H.-E. 89
Hauser, R. 105
Haustein, H.-D. 92
Havemann, F. 89
Healy, A. 58, 60
Heger, D. 62

- Heinze, Th. 91, 99
 Helbig, J. 10, 14, 27
 Hellwig, M. 64
 Helmholtz, H. 46
 Herzog-Stein, A. 66
 Heuberger, A. 93
 Hill, E. 59
 Hobijn, B. 63
 Hohwieler, E. 16
 Holling, C. S. 59
 Holm, J. R. 59
 Hölzle, Kh. 94
 Horn, G.A. 66
 Hottenrott, H. 64
 Howaldt, J. 102
 Hronsky, I. 99
 Hubig, Ch. 94
 Hud, M. 41, 66
 Humboldt, W. von 45,
 48
 Hünermund, P. 67
 Hussinger, K. 66
 Hüther, M. 53
 I
 Irrgang, B. 94
 J
 Jacobsen, H. 102
 Jaeger, A. 36
 Jackel, O. 48
 Jensen, M. 38
 Jinnai, R. 65
 Johnson, B. 38
 Jovanovic, B. 63
 Jungnickel, R. 93
 K
 Kagermann, H. 10, 14,
 27
 Kaiser, G. 89
 Kant, H. 46, 90, 92
 Kaplan, S.N. 61
 Kempermann, H. 39
 Kinkel, S. 36
 Kirchner, L. 66
 Kirner, E. 36
 Klement, B. 57, 66
 Klocke, F. 22
 Klodt, H. 93
 Knapp, M. 104
 Koch, F. 66
 Koch, G. 105, 107
 Koenen., J. 26
 Köhler, C. 41
 Kölbel, M. 90
 König, W. 45
 Koppel, O. 31, 36, 38
 Kornwachs, K. 93-94
 Koziolok, H. 92
 Kraft, M. 16
 Krause, P. 93
 Krebs, I. 99
 Krüger, J. 15-16, 69
 L
 Laitko, H. 44-45
 Langley, C. 65
 Laudel, G. 92
 Lay, G. 21
 Lee, E. A. 12
 Legler, H. 32, 36
 Lejpras, A. 64
 Lerner, J. 61
 Lester, T.W. 65
 Licht, G. 62
 Lichtblau, K. 39, 66
 Lorenz, E. 38
 Los, B. 69
 Lucas, K. 93
 Lüdtkke, K. 91
 Lukesch, R. 59
 Lundvall, B. 38
 Lundvall, B.-A. 63
 M
 Maiwald, J. 94
 Marquardt, R. 90
 Martin, M. 72
 Martin, R. 57, 59-60, 67
 Marx, K. 44, 53
 Mauersberger, K. 92
 McClelland, Ch. E. 46
 Meier, B. 94
 Meinberg, U. 99
 Meissner, J. 98
 Meliciani, V. 35
 Meltzer, J. 65
 Mergel, T. 61
 Merton, R. 70
 Michie, J. 57
 Mintchell, G. 27
 Mueller, E. 61
 Müller, H.-P. 92-93, 97-
 98
 Müller, S. 61
 N
 Nedelkoska, L. 68
 Neffke, F. 68
 Neuhäusler, P. 37
 Nijkamp, P. 58
 Noll, F. 43
 O
 Østergaard, C. R. 59
 Ostwald, W. 45
 Otto, A. 68
 P
 Parodi, O. 105
 Parthey, H. 44-46, 48,
 53, 58, 90-92, 94, 99
 Patzlaff, M. 15
 Payer, H. 59

- Peters, B. 41, 64
 Petschke, H.-J. 99
 Plickert, P. 70
 Plünnecke, A. 38
 Popplow, M. 92
 Priddat, B. 94
 Pritschow, G. 22
- R**
- Rammer, C. 33, 35-37,
 40-41, 64, 67
 Reggiani, A. 58
 Renn, J. 92
 Rescher, N. 44
 Röhl, K.-H. 62
 Röhrig, M. 21
 Ropohl, G. 93-94, 98
 Rorrisi, G. 68
 Rothe, H.-J. 94
- S**
- Sanchez, J. M. 65
 Schaffer, A. 105
 Scharnhorst, A. 89-90
 Scheer, A.-W. 23
 Schenk, H. 43
 Schewe, T. 90
 Schiersch, A. 38, 63
 Schimper, A.F.W. 43
 Schirrmeister, E. 21
 Schmitz, E. 66
 Schnabl, G. 64
 Schneider, D. P. 69
 Schreier, J. 26
 Schubert, T. 41
 Schuh, G. 93
 Schüler-Hainsch, E. 93
 Schulze, P. 59
 Schulze, T. 94
 Schumpeter, J. A. 44, 97
 Schütt, W. 95
- Schwarz, M. 102
 Schwarz, R. 92
 Schwiebacher, F. 41
 Seshia, S. A. 12
 Shapiro, S. 65
 Siemens, W. 45-46
 Simmie, J. 60
 Sinn, H.-W. 64
 Speda, D. 66
 Spengel, C. 42
 Spinnarke, S. 25
 Spur, G. 46, 48, 53, 90-
 91, 93-94, 99
 Stein, U. 66
 Steven, D. 65
 Strambach, S. 57, 66, 70
 Strasburger, E. 43
 Sunley, P. 57, 60
- T**
- Tembrock, G. 92
 Theis, D. 93
 Thielmann, A. 64
 Tuguldur, E.-O. 15
 Turner, M. A. 59
 Tyková, T. 63
 Tyler, P. 57
- U**
- Uhlmann, E. 16
 Umstätter, W. 90, 92
 Urbach, T. 94
- V**
- van den Daele, W. 94
 Vierhaus, R. 49
 Vogelsang, M. M. 66
- W**
- Wagner-Döbler, R. 89,
 100
 Wahlster, W. 10, 14, 27
 Warburg, O. 47
- Warneken, B. J. 105, 107
 Wassermann, A. 48
 Weis, H. 28
 Weterings, A. 68
 Wiegard, W. 42
 Wiemken, U. 93
 Wiendahl, H.-P. 21
 Wink, R. 57, 61, 66-68,
 90-91, 99
 Winkler-Rieder, W. 59
 Witczak, D. 93
 Witt, P. Ch. 49
 Wolf, J. 89
 Wölfling, M. 89, 92
 Wurzel, H. U. 92
 Wynne, B. 99
- Y**
- Yurdagul, E. 65
- Z**
- Zäh, M. F. 93
 Zapf, W. 98
 Ziegler, H. 43
 Zott, R. 45

Sachregister

- B**
Botanik
- Innovation in der 43
- C**
Collingridge-Dilemma
100-101
Crowdfunding 61
Crowdinvest 74
Crowdinvestment 77, 81-83, 85-86
Crowdlending 81-84, 86
- E**
Erfindung 91-93, 96, 98
Export 65-66
- und Import 31, 51
Export-Import-Saldo 37
- F**
Finanzintermediäre 75, 77, 84
Finanzkrise 66, 73, 79-80
- und Wirtschaftskrise 57, 65, 67
Finanzmarkt 74, 77, 82, 86
Forschungssituation
- Struktur 50, 52, 54
- H**
Hochtechnologie 37-39
Hochwertige Technologie 39, 63
- I**
Import
- und Export 31, 51
Industrie
- wissenschaftsbasiert 51
- Industrie 4.0 9-12, 14, 17, 24-29, 54-55, 69-70, 72
Informationsasymmetrie 42
Innovation 41-43, 51, 73, 77-78, 87-91, 93-94, 96-97
- Aufwendungen für 41
- Begriff 72, 97
- Definition 51
- Diffusion von 103
- in der Botanik 43
- Konzept der sozialen 101-102
- ökonomische Effektivität 53
- responsible 99
- soziale 72
Innovationsaufwendungen 41
Innovationsfähigkeit 59, 71
Innovationsfinanzierung 57, 61, 63-64, 66-67, 69, 71, 73-74, 77-78, 81-82, 86
Innovationsforschung 88, 95
Innovationskraft 36
Innovationskultur 104-106, 109
Innovationsprozess 38
Innovationssystem 63
Innovatoren
- der Hochtechnologie 38
Interdisziplinarität 32
- K**
Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 46
Koautorschaft 32
- und Interdisziplinarität 32
Kreativität 88, 91
Kulturelles 107-108
- N**
Neuerungsprozess 87
Neues 92, 98
- O**
ökonomische Effektivität
- und Innovation 53
- P**
Patent 38-39, 42, 47
Patentstatistik 39
Patentvergleiche
- international 35
Personaletat
Sachetat 47
Physikalisch-Technische Reichsanstalt 46
- R**
Related variety 68
Resilienz 57-60, 63, 67-68, 70-72
Responsible Innovation 99
- S**
Sachetat
Personaletat 47
Saldo

-
- | | | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| - Export-Import 37 | Technik 91 | V |
| - Techniksaldo 38 | Techniksaldo 38 | Venture-Capital 61-62 |
| Schattenbanken 77, 84, | Technikwissenschaften 91 | W |
| 86 | Technologie 94 | Wertschöpfung |
| Selbstorganisation 14-15, | - Hochtechnologie 37- | - hybride 39 |
| 29 | 39 | Wissenschaft 89-91, 94 |
| Solarbranche 40, 69 | - hochwertige 31-32, 34, | wissenschaftsbasiert |
| Spillover 42 | 39, 63 | - Industrie 51 |
| Spitzentechnologie 31-42 | - Spitzentechnologie 31- | Z |
| Systemintegration 39 | 42, 72 | Zins 73-74, 76-77, 80 |
| T | U | |
| Taxcredits 42 | Unsicherheit 99 | |

Jahrbücher Wissenschaftsforschung

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1994/95.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Jutta Petersdorf. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Günter Hartung, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Renate Müller, Heinrich Parthey u. Manfred Wölfling. Marburg: BdWi – Verlag 1996. 306 Seiten

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.

Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Claudia Hermann, Gunter Kayser, Karlheinz Lüdtke, Werner Meske, Heinrich Parthey, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Regine Zott. Marburg: BdWi – Verlag 1998. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 254 Seiten.

Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Wolfgang Stock, Walther Umstätter, Roland Wagner-Döbler, Petra Werner u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 368 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999.

Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Hans-Eduard Hauser, Frank Havemann, Gunter Kayser, Andrea Scharnhorst, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Janos Wolf. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 227 Seiten.

Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Christian Dame, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für

Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Werner Ebeling, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Horst Kant, Matthias Kölbl, Rüdiger Marquardt, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Tankred Schewe, Günter Spur u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 234 Seiten.

Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Horst Kant, Alice Keller, Matthias Kölbl, Heinrich Parthey, Diann Rusch-Feja, Andrea Scharnhorst, Uta Siebeky, Walther Umstätter u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 224 Seiten

Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Frank Havemann, Marina Hennig, Heinrich Parthey, Dagmar Simon u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 250 Seiten.

Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Vladimir Bodrow, Klaus Fuchs-Kittowski, Jay Hauben, Matthias Kölbl, Peter Mambrey, Erhard Nullmeier, Walther Umstätter, Rose Vogel u. Sven Wippermann. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 200 Seiten.

Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Kornwachs, Reinhard Mocek, Heinrich Parthey, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 244 Seiten.

Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Gerhard Banse, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Klaus Fuchs-Kittowski, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Frankfurt am Main-Berlin-Bern-Bruxelles-New York-Oxford-Wien: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007. 248 Seiten.

Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007.

Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Bettina Berendt, Stefan Gradmann, Frank Havemann, Andrea Kaufmann, Philipp Mayr, Heinrich Parthey, Wolf Jürgen Richter, Peter Schirmbacher, Uta Siebecky, Walther Umstätter u. Rubina Vock. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. Zweite Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 296 Seiten.

Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008.

Hrsg. v. Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Werner Ebeling, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Jochen Gläser, Frank Havemann, Michael Heinz, Karlheinz Lüdtke, Oliver Mitesser, Heinrich Parthey u. Andrea Scharnhorst. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2009.

Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Ulrich Busch, Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010. 233 Seiten.

Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010.

Hrsg. v. Klaus Fischer, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Michael Böcher, Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Erhard Gey, Horst Kant, Max Krott, Hubert Laitko, Harald A. Mieg, Heinrich Parthey u. Volker Wohlgemuth. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.

Digital Humanities: Wissenschaften vom Verstehen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2011.

Hrsg. v. Stefan Gradmann u. Felix Sasaki. Mit Beiträgen von Hans-Walter Gabler, Stefan Gradmann, Christian Kassung, Laurent Romary u. Felix Sasaki. (Im Druck).

Kreativität in der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012.

Hrsg. v. Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Klaus Fischer, Jochen Gläser, Thomas Heinze, Horst Kant, Grit Laudel, Heinrich Parthey, Jürgen Renn, Günter Spur, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2013. 266 Seiten.

Forschung und Publikation in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2013.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Boni, Heinrich Parthey, Nils Taubert, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2014. 172 Seiten.

Jahrbücher Wissenschaftsforschung im Internet:

www.d-nb.de

www.wissenschaftsforschung.de

www.sciencestudies.eu