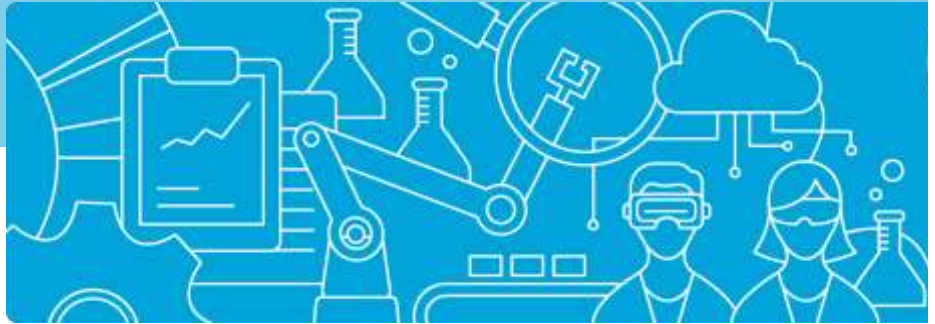


Studie zum deutschen Innovationssystem | Nr. 13-2022



Peter Neuhäusler, Christian Rammer, Rainer Frietsch,
Alexander Feidenheimer, Gero Stenke, Andreas Kladroba

Neue Liste FuE-intensiver Güter und Wirtschaftszweige sowie wissensintensiver Wirtschaftszweige 2021



Diese Studie wurde im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Die EFI hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Durchführende Institute

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim
L7, 1, 68161 Mannheim
www.zew.de

SV gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH
Baedekerstraße 1, 45128 Essen
www.stifterverband.org/forschung-und-entwicklung

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 13-2022
ISSN 1613-4338

Stand

September 2022

Herausgeberin

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Geschäftsstelle

Pariser Platz 6 | 10117 Berlin
www.e-fi.de

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der EFI oder der Institute reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen

Dr. Peter Neuhäusler
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Competence Center Policy and Regions
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
T + 49 (0) 721 6809 335
M peter.neuhaeusler@isi.fraunhofer.de

Inhalt

0	Zusammenfassung	3
1	Einleitung	4
2	Identifizierung forschungsintensiver Wirtschaftszweige.....	7
3	Umlegung FuE-intensiver Wirtschaftszweige auf die Gütersystematik der Außenhandelsstatistik	14
4	Technologieorientierte Klassifikationskriterien für Wirtschaftszweige	22
5	Wissensintensive Wirtschaftszweige.....	27
5.1	Analyse auf Basis der Qualifikation der Beschäftigten.....	27
5.2	Analyse auf Basis von Investitionen in Wissenskapital	30
5.3	Wissensintensive Wirtschaftszweige auf Ebene der WZ- Abteilungen (2-Steller).....	38
6	Literatur	44

Tabellen

Tabelle 1:	FuE-intensive Wirtschaftszweige der ISI/ZEW/SV-Liste 2021 auf Ebene von Klassen der WZ 2008	11
Tabelle 2:	FuE-intensive Wirtschaftszweige der ISI/ZEW/SV-Liste 2021 auf Ebene von Gruppen der WZ 2008.....	12
Tabelle 3:	FuE-intensive Wirtschaftszweige ohne eine Entsprechung in der Gütersystematik.....	15
Tabelle 4:	Liste forschungsintensiver Güter 2021 in der Abgrenzung der SITC Rev. 4.....	16
Tabelle 5:	Außenhandelsvolumina nicht mehr gelisteter Güter; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$)	19
Tabelle 6:	Außenhandelsvolumina neu gelisteter Güter; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$)	19
Tabelle 7:	Gesamtübersicht der Außenhandelsvolumina nach der alten und neuen Liste; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$).....	20
Tabelle 8:	Gesamtübersicht der Außenhandelsvolumina nach der alten und neuen Liste; OECD-Länder, 2018 (in Mrd. US\$).....	20
Tabelle 9	Homogene vs. heterogene Wirtschaftszweige, 2009-2013 vs. 2014-2018.....	23
Tabelle 10	Generische vs. spezifische Technologiefelder, 2009-2013 vs. 2014-2018.....	24
Tabelle 11	Wissenschafts- vs. anwendungsgetriebene Wirtschaftszweige, 2009-2013 vs. 2014-2018.....	26
Tabelle 12:	Liste wissensintensiver Wirtschaftszweige (3-stellige Gruppen) auf Basis der Qualifikation der Beschäftigten	29
Tabelle 13:	Anzahl der WZ-Klassen, die auf Basis von Ausgaben für Wissenskapital als wissensintensiv klassifiziert wurden.....	33
Tabelle 14:	Wissensintensive WZ-Klassen nach Kategorie der Wissenskapitalintensität	34
Tabelle 15:	Ergebnisse für Indikatoren zur Wissensintensität nach WZ-Abteilungen	40
Tabelle 16:	Wissensintensive WZ-Abteilungen: Liste 2021	43

0 Zusammenfassung

Mit dieser Studie wird die Liste forschungsintensiver Industrien (die sogenannte "Hochtechnologie-Liste"), in aktualisierter Form vorgelegt. Die neue "ISI/ZEW/SV-Liste" wurde auf Basis der aktuellen Klassifikation der Wirtschaftszweige aus dem Jahr 2008 (WZ 2008) erstellt. Im Unterschied zur Vorgängerliste deckt die neue Liste in tief gegliederter Ebene sowohl den Industrie- als auch den Dienstleistungssektor ab. Zudem enthält die Studie eine Liste für das aktuelle internationale Warenverzeichnis für den Außenhandel (SITC rev. 4).

Darüber hinaus wurde auch die Liste wissensintensiver Wirtschaftszweige aktualisiert, die auf Basis des Anteils von Beschäftigten mit Hochschulabschluss bestimmt wird. Zudem wurden weitere Indikatoren der Wissensintensität betrachtet, die verschiedene Investitionen in Wissenskapital abbilden (Humankapitalinvestitionen, Investitionen in Software und Datenbanken, in Markenwerte und Reputation sowie in sonstiges nicht-technisches Wissen).

Als eine weitere Neuerung im Vergleich zu den bisherigen Listen forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige werden Wirtschaftszweige nach der Art der genutzten Technologie klassifiziert. Dabei werden drei Dimensionen betrachtet: die Homogenität bzw. Heterogenität der Technologien, ob es sich um generische oder spezifische Technologien handelt, sowie die Wissenschaftsnähe, das heißt wie wichtig neue wissenschaftliche Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Technologien sind.

1 Einleitung

Das Ziel dieser Studie ist es, die Liste forschungsintensiver Industrien (die sogenannte "Hochtechnologie-Liste"), die zuletzt im Jahr 2012 im Auftrag der EFI durch das Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung (NIW), das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) und das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) vorgelegt wurde („NIW/ISI/ZEW-Liste“, vgl. Gehrke et al. 2013), zu aktualisieren und an aktuelle technologische Entwicklungen anzupassen. Diese neue, hier vorgelegte "ISI/ZEW/SV-Liste" wurde, wie auch ihre Vorgängerin, auf Basis der aktuellen Klassifikation der Wirtschaftszweige aus dem Jahr 2008 (WZ 2008) erstellt. Im Unterschied zur Vorgängerliste deckt die neue Liste sowohl den Industrie- als auch den Dienstleistungssektor ab. Zudem wird eine Liste für das aktuelle internationale Warenverzeichnis für den Außenhandel (SITC rev. 4) erstellt.

Darüber hinaus wird auch die Liste wissensintensiver Wirtschaftszweige aktualisiert, die auf Basis des Anteils von Beschäftigten mit Hochschulabschluss bestimmt wird. Zusätzlich zu diesem Indikator werden in diesem Bericht weitere Indikatoren der Wissensintensität betrachtet, die verschiedene Investitionen in Wissenskapital abbilden. Neben Humankapitalinvestitionen zählen dazu Investitionen in Software und Datenbanken, in Markenwerte und Reputation sowie in sonstiges nicht-technisches Wissen.

Als eine weitere Neuerung im Vergleich zu den bisherigen Listen forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige werden Wirtschaftszweige nach der Art der genutzten Technologie klassifiziert. Dabei werden drei Dimensionen betrachtet: die Homogenität bzw. Heterogenität der Technologien, ob es sich um generische oder spezifische Technologien handelt, sowie die Wissenschaftsnähe, d.h. wie wichtig neue wissenschaftliche Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Technologien sind.

Für die Erstellung solcher Listen ist eine Vielzahl aktueller Daten auf tief gegliederter Ebene der Wirtschaftszweig- und Gütersystematik notwendig, die es erlauben, die FuE- oder Wissensintensität von Wirtschaftszweigen und Gütern in internationaler Perspektive zu bewerten. In Fortführung der bisherigen Arbeiten zur Erstellung einer Liste forschungsintensiver Wirtschaftszweige und Güter wird als zentraler Indikator die Relation zwischen internen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) und dem Produktionswert ("FuE-Intensität") herangezogen. Um mögliche Effekte unterschiedlicher Vorleistungsintensitäten von Branchen zu berücksichtigen, werden als Bezugsgröße für den Produktionswert sowohl die Bruttowertschöpfung als auch der Bruttoproduktions-

wert herangezogen. Analog zur Vorgängerliste umfassen forschungsintensive Wirtschaftszweige den Bereich der "Hochwertigen Technologie", zu der Sektoren und Gütergruppen zählen, bei denen der Anteil der internen FuE-Aufwendungen am Bruttoproduktionswert zwischen 2,5 % und 7 % liegt, sowie den Bereich der "Spitzentechnologie" (FuE-Intensität von 7 % oder mehr). Beide zusammengenommen werden auch als "Hochtechnologie" bezeichnet.

Als Datenquellen dienen die FuE-Erhebung in Deutschland, FuE-Erhebungen anderer großer Länder (insbesondere der USA und Japan) sowie die FuE-Statistiken von Eurostat und der OECD. Für Deutschland wurde eine Sonderauswertung der FuE-Erhebung auf tief gegliederter Ebene der Wirtschaftszweigsystematik (4-Steller) durch den Stifterverband vorgenommen. Relevant waren hierfür insbesondere die Berichtsjahre 2017 und 2019, in denen eine Vollerhebung unter allen als FuE-aktiv bekannten oder zu vermutenden Unternehmen durchgeführt wird. Zentraler Indikator sind die internen FuE-Aufwendungen, die angeben, welche finanziellen Aufwendungen für innerhalb des Unternehmens durchgeführte FuE geleistet wurden.

In Ergänzung zur früheren Liste schließt die neue ISI/ZEW/SV-Liste forschungsintensiver Wirtschaftszweige auch den Bereich der Dienstleistungen mit ein. Deshalb wurden auch Angaben zu FuE-Aufwendungen und Produktionswert für jene Wirtschaftszweige des Dienstleistungssektors zusammengetragen, in denen in relevantem Umfang FuE stattfindet (d.h. die Bereiche Information und Kommunikation sowie freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen).

Wichtig für die Aussagekraft der FuE-Intensität als Indikator ist es, eine globale Betrachtung der FuE-Aufwendungen und der Produktion vorzunehmen. Denn bei einer Betrachtung nur von entwickelten Industrieländern können manche Wirtschaftszweige als sehr forschungsintensiv erscheinen, wenn die Produktionsaktivitäten in diesen Wirtschaftszweigen überwiegend in Nicht-Industrieländern stattfinden und in den Industrieländern primär FuE-Aktivitäten und andere strategische Aktivitäten (z.B. Marketing) verblieben sind. Daher wurde bei der Erstellung der Listen versucht, auf Basis von Statistiken der Vereinten Nationen und anderer global tätiger Institutionen den gesamten globalen Produktionswert in jedem Wirtschaftszweig in die Betrachtung einzubeziehen und die FuE-Aufwendungen in den OECD-Ländern und wichtigen Nicht-Industrieländern (z.B. China, Indien, Russland, Brasilien, Taiwan, Singapur, Südafrika) in Bezug zu diesem gesamten globalen Produktionswert zu setzen. Dies ist allerdings nur sehr grob und approximativ möglich, da es keine einheitliche globale Produktionsstatistik gibt und die nationalen bzw. regionalen Wirtschaftszweigsystematiken nicht direkt zusammengeführt werden

können. Hinzu kommt, dass für Nicht-Industrieländer nur selten Angaben zu Produktionswerten auf einer tief disaggregierten sektoralen Ebene vorliegen.

2 Identifizierung forschungsintensiver Wirtschaftszweige

Die Erstellung einer Liste forschungsintensiver Wirtschaftszweige setzt unmittelbar auf dem Untersuchungsansatz auf, der in der Vergangenheit für die Erstellung solcher Listen genutzt wurde (vgl. Grupp und Legler 1987, Grupp und Legler 2000, Legler und Frietsch 2006, Gehrke und Legler 2010, Gehrke et al. 2013) und der auch vergleichbaren Klassifikationen durch die OECD (Hatzichronoglou 1997, Galindo-Rueda und Verger 2016) zugrunde liegt. Dieser Untersuchungsansatz geht davon aus, dass die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften mit einem hohen Pro-Kopf-Einkommen und damit einem hohen Preisniveau für Produktionsfaktoren im internationalen Vergleich auf der Hervorbringung neuen Wissens und von "radikalen" Innovationen¹ beruht. Diese verschaffen den Volkswirtschaften absolute Wettbewerbsvorteile gegenüber Schwellen- und Entwicklungsländern, aber auch, zumindest temporär, Alleinstellungsmerkmale auf internationalen Märkten im Wettbewerb mit anderen hochentwickelten Volkswirtschaften.

Der Fokus von hochentwickelten Volkswirtschaften auf Produktionen, die auf neuem Wissen beruhen, ist konsistent mit der Nutzung komparativer Vorteile, da sich hochentwickelten Volkswirtschaften von Schwellen- und Entwicklungsländern vor allem durch das relativ reichliche Vorhandensein von Humankapital und Forschungskapazitäten unterscheiden. Im Wettbewerb zwischen hochentwickelten Volkswirtschaften bedeutet der Fokus auf wissens- und innovationsintensive Produktionen eine Spezialisierung auf Basis eines inter-industriellen Handels. Denn zur Erlangung wissensbasierter Wettbewerbsvorteile im intraindustriellen Handel ist oft die Ausrichtung der knappen Wissens- und Innovationsressourcen auf spezifische Technologien und Anwendungen notwendig, um so weitere technologische Fortschritte zu erzielen.

Grundlagen für die Produktion neuen Wissens und radikaler Innovationen sind insbesondere hochqualifizierte Beschäftigte und systematische Forschung und Entwicklung (FuE). Je höher in einem Wirtschaftszweig die Ausstattung mit diesen Produktionsfaktoren in Relation zum Produktionsoutput ist, desto stärker ist der Wirtschaftszweig auf einen Wissens- und Innovationswettbewerb ausgerichtet. Dieser Grundgedanke leitet die hier vorgelegte Klassifikation von Wirtschaftszweigen.

¹ Radikale Innovationen bezeichnen hier Innovationen, die sich zumindest in einigen Merkmalen grundlegend von bisherigen Lösungen unterscheiden und sich dadurch von inkrementellen Innovationen unterscheiden, welche Weiterentwicklungen und nutzerspezifische Anpassungen vorhandener Lösungen darstellen. Radikale Innovationen können auf neuen Technologien beruhen, können aber auch neuartige Kombinationen vorhandener Technologien darstellen ebenso wie Innovationen, die auf nicht-technischem Wissen aufbauen.

In diesem Abschnitt werden Wirtschaftszweige nach ihrer FuE-Intensität klassifiziert. Die FuE-Intensität stellt die Höhe der internen FuE-Ausgaben in Relation zum Produktionswert. Als zentrales Maß wird die auf den Bruttoproduktionswert bezogene FuE-Intensität herangezogen. Zusätzlich wird auch die FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung betrachtet.

Zur Klassifikation von Wirtschaftszweigen nach der FuE-Intensität wird ein ähnliches Vorgehen wie in Legler und Frietsch (2006), Gehrke und Legler (2010) und Gehrke et al. (2013) gewählt:

- In einem ersten Schritt wird die FuE-Intensität von Wirtschaftszweigen für die entwickelten Industrieländer (d.h. die Mitgliedstaaten der OECD) berechnet. Dies erfolgt auf Basis der Abteilungen (2-Steller) der NACE rev. 2 bzw. WZ 2008, da dies die am tiefsten gegliederte Ebene ist, für die Angaben zu internen FuE-Aufwendungen und Produktionswerten im internationalen Vergleich vorliegen. Datenbasis bilden die Angaben der OECD (sektorale FuE-Statistik ANBERD, sektorale Produktionsstatistik STAN) für das jeweils aktuellste Berichtsjahr, das zu einem Land vorliegt (i.d.R. 2017 oder 2018). Ergebnis dieses Schritts ist eine Liste von WZ-Abteilungen mit einer international überdurchschnittlichen FuE-Intensität (d.h. interne FuE-Ausgaben je Bruttoproduktionswert von 2,5 % oder mehr). Die Liste entspricht weitgehend dem Ergebnis von Galindo-Rueda und Verger (2016), die eine solche Untersuchung auf derselben Datenbasis durchgeführt haben.
- In einem zweiten Schritt wird auf Basis von internationalen Produktionsstatistiken der Anteil der Produktion außerhalb der OECD-Länder für ausgewählte Wirtschaftszweige approximiert. Dabei erfolgt eine Beschränkung auf Wirtschaftszweige, die in der OECD forschungsintensiv sind und für die aus der Außenhandelsstatistik Hinweise vorliegen, dass ein bedeutender Teil der Produktion in Nicht-OECD-Ländern stattfindet (wie z.B. Elektronik). Gleichzeitig wird auf Basis nationaler Statistiken für ausgewählte Länder die Höhe der FuE-Ausgaben in jenen Wirtschaftszweigen ermittelt, für die z.B. aufgrund von Patentanmeldungen hohe FuE-Ausgaben vermutet werden. Dies betrifft insbesondere die BRICS²-Länder. Anhand dieser Daten werden die im ersten Schritt erzielten Ergebnisse qualifiziert, indem für die untersuchten FuE-intensiven Wirtschaftszweige vermerkt wird, ob das globale Niveau der FuE-Intensität vermutlich merklich niedriger liegt (was der Fall ist, wenn ein großer Teil der Produktion außerhalb der

² BRICS: Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika.

OECD erfolgt und gleichzeitig große Nicht-OECD-Länder in diesen Wirtschaftszweigen nur wenig FuE betreiben).

- In einem dritten Schritt wird die FuE-Intensität auf einer tiefer gegliederten Ebene (4-Steller) für die - gemessen an den FuE-Ausgaben der Wirtschaft - drei größten OECD-Länder (USA, Japan, Deutschland) ermittelt. Für Deutschland (zu den Berichtsjahren 2017 und 2019) und Japan (zum Berichtsjahr 2018) wird hierzu auf Sonderauswertungen durch die Organisationen, die die FuE-Erhebung durchführen, zurückgegriffen, im Falle Deutschlands also der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Für die USA wurde auf die Tabellen 9 und 16 der FuE-Erhebung zum Berichtsjahr 2018 durch die National Science Foundation zurückgegriffen. Auf Basis dieser Daten wird für die als überdurchschnittlich FuE-intensiv identifizierten WZ-Abteilungen untersucht, welche 4-Steller die hohe FuE-Intensität bestimmen. Gleichzeitig wird für WZ-Abteilungen, die insgesamt auf globaler Ebene als nicht FuE-intensiv klassifiziert wurden, untersucht, ob einzelne 4-Steller als überdurchschnittlich FuE-intensiv angesehen werden können.
- In einem vierten Schritt wird auf Basis von Patentdaten die aktuelle Dynamik der technologischen Entwicklung in ausgewählten Wirtschaftszweigen untersucht. Der Fokus liegt dabei auf jenen Wirtschaftszweigen, für die keine eindeutigen Ergebnisse in Bezug auf eine Zuordnung zu Spitzentechnologie, Hochwertige Technologie oder nicht FuE-intensiv aus den ersten drei Schritten vorliegen. Außerdem werden jene Wirtschaftszweige (4-Steller) untersucht, bei denen sich im Vergleich zur bisherigen Liste starke Veränderungen in der FuE-Intensität ergeben haben. Als Patentindikatoren wurde die Veränderung der transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 2000 bis 2018 (insbesondere ein Vergleich zwischen der Dynamik 2008-2010 und 2010-2018) durch Anmelder in Deutschland und durch Anmelder weltweit betrachtet. Zusätzlich wurde berücksichtigt, ob sich eine Verschiebung von Technologiefeldern von "niedrigen FuE-Kosten" zu "hohen FuE-Kosten" zeigen. "Niedrige" und "hohen FuE-Kosten" bezieht sich dabei auf die durchschnittliche Höhe der FuE-Aufwendungen je Patentanmeldung in den einzelnen Wirtschaftszweigen, die aus einer früheren, mikrodaten-basierten Studie (Frietsch et al. 2019) entnommen wurde.

Die Ergebnisse der vier Schritte wurden in der Projektgruppe sowie in unklaren Fällen mit Experten der entsprechenden Industrien bzw. Technologiefelder erörtert.

Die neue Liste FuE-intensiver Wirtschaftszweige ("ISI/ZEW/SV-Liste 2021") ist in Tabelle 1 dargestellt. Es wurden 16 Klassen (4-Steller) der WZ 2008 der Spitzentechnologie und 34 der Hochwertigen Technologie zugeordnet. Gegenüber der Vorgängerliste aus dem Jahr 2012 (mit Datenstand 2008-2010) ergaben sich folgende Änderungen:

- In die **Spitzentechnologie** neu aufgenommen wurde der 4-Steller 20.52 (Herstellung von Klebstoffen), der zuvor der Hochwertigen Technologie zugeordnet war. Außerdem wurden drei 4-Steller aus dem Dienstleistungsbereich der Spitzentechnologie zugewiesen: 72.11 (FuE im Bereich Biotechnologie), 72.19 (sonstige FuE im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin) und 72.20 (Forschung und Entwicklung im Bereich Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Bereich Sprach-, Kultur- und Kunstwissenschaften). Ein 4-Steller, der zuvor der Spitzentechnologie angehört hat, ist nun der Hochwertigen Technologie zugeordnet (25.40: Herstellung von Waffen und Munition).
- In die **Hochwertige Technologie** wurden zusätzlich zu WZ 25.40 drei WZ-Klassen aus dem Bereich des Verarbeitenden Gewerbes neu aufgenommen: 20.14 (Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien), 20.17 (Herstellung von synthetischem Kautschuk in Primärformen), 26.80 (Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern) und 28.91 (Herstellung von Maschinen für die Metallerzeugung, von Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen). Außerdem kamen sieben WZ-Klassen aus dem Dienstleistungsbereich hinzu: 58.21 (Verlegen von Computerspielen), 58.29 (Verlegen von sonstiger Software), 62.01 (Programmierungstätigkeiten), 63.11 (Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten), 63.12 (Webportale), 71.12 (Ingenieurbüros) und 71.20 (Technische, physikalische und chemische Untersuchung). Neun WZ-Klassen, die in der früheren Liste noch der Hochwertigen Technologie zugerechnet waren, sind nunmehr nicht mehr als FuE-intensiv klassifiziert: 20.52 (Herstellung von etherischen Ölen), 22.19 (Herstellung von sonstigen Gummiwaren), 26.12 (Herstellung von bestückten Leiterplatten), 27.11 (Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren), 27.90 (Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten), 28.13 (Herstellung von Pumpen und Kompressoren), 28.15 (Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen), 28.29 (Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen) und 30.20 (Schienenfahrzeugbau).

Tabelle 1: FuE-intensive Wirtschaftszweige der ISI/ZEW/SV-Liste 2021 auf Ebene von Klassen der WZ 2008

	WZ	Beschreibung
Spitzentechnologie (≥ 7 % FuE-Intensität)	20.20	Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
	20.52	Herstellung von Klebstoffen
	21.10	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen
	21.20	Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen
	26.11	Herstellung von elektronischen Bauelementen
	26.20	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
	26.30	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
	26.51	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen
	26.60	Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten
	26.70	Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten
	29.31	Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungsgegenstände für Kraftwagen
	30.30	Luft- und Raumfahrzeugbau
	30.40	Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen
	72.11	Forschung und Entwicklung im Bereich Biotechnologie
	72.19	Sonstige Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin
72.20	Forschung und Entwicklung in Rechts-, Wirtschafts-, Sozial-, Sprach-, Kultur- Kunstwissenschaften	
Hochwertige Technologie ($\geq 2,5$ % bis < 5 % FuE-Intensität)	20.13	Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien
	20.14	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
	20.17	Herstellung von synthetischem Kautschuk in Primärformen
	20.59	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.
	22.11	Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen
	23.19	Herstellung, Veredlung und Bearbeitung von sonstigem Glas einschließlich technischen Glaswaren
	25.40	Herstellung von Waffen und Munition
	26.40	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
	26.80	Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern
	27.20	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
	27.40	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
	27.51	Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten
	28.11	Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Motoren für Luft- und Straßenfahrzeuge)
	28.12	Herstellung von hydraulischen und pneumatischen Komponenten und Systemen
	28.23	Herstellung von Büromaschinen (ohne Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte)
	28.24	Herstellung von handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb
	28.30	Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
	28.41	Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung
	28.49	Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen
	28.91	Herstellung von Maschinen für die Metallerzeugung, von Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen
	28.93	Herstellung von Maschinen für die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung
	28.94	Herstellung von Maschinen für die Textil- und Bekleidungsherstellung und die Lederverarbeitung
	28.95	Herstellung von Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung
	28.99	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige a. n. g.
	29.10	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
	29.32	Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen
	32.50	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien
	58.21	Verlegen von Computerspielen
	58.29	Verlegen von sonstiger Software
62.01	Programmierungstätigkeiten	
63.11	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten	
63.12	Webportale	
71.12	Ingenieurbüros	
71.20	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	

Quelle: Zusammenstellung nach eigener Berechnung.

Auf der Ebene der Gruppen (3-Steller) der Wirtschaftszweigsystematik werden 13 Gruppen der Spitzentechnologie und 21 der Hochwertigen Technologie zugeordnet. Tabelle 2 zeigt diese WZ-Gruppen.

Tabelle 2: FuE-intensive Wirtschaftszweige der ISI/ZEW/SV-Liste 2021 auf Ebene von Gruppen der WZ 2008

	WZ	Beschreibung
Spitzentechnologie	20.2	Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
	21.1	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen
	21.2	Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen
	26.1	Herstellung von elektronischen Bauelementen
	26.2	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
	26.3	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
	26.5	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen
	26.6	Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten
	26.7	Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten
	30.3	Luft- und Raumfahrzeugbau
	30.4	Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen
	72.1	Forschung und Entwicklung im Bereich Biotechnologie
	72.2	Forschung und Entwicklung in Rechts-, Wirtschafts-, Sozial-, Sprach-, Kultur- Kunstwissenschaften
Hochwertige Technologie	20.1	Herstellung chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Kunststoffen in Primärformen und synthetischem Kautschuk in Primärformen
	20.5	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen
	22.1	Herstellung und Gummiwaren
	25.4	Herstellung von Waffen und Munition
	26.4	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
	26.8	Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern
	27.2	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
	27.4	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
	27.5	Herstellung von Haushaltsgeräten
	28.1	Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen
	28.3	Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
	28.4	Herstellung von Werkzeugmaschinen
	28.9	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige
	29.1	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
	29.3	Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen
	32.5	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien
	58.2	Verlegen von Computerspielen
	62.0	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
63.1	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	
71.1	Architektur- und Ingenieurbüros	
71.2	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	

Quelle: Zusammenstellung nach eigener Berechnung.

Auf Ebene der Abteilungen (2-Steller) der Wirtschaftszweigsystematik können 11 Abteilungen als FuE-intensive Wirtschaftszweige klassifiziert werden:

- 20: Herstellung von chemischen Erzeugnissen
- 21: Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
- 26: Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
- 27: Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
- 28: Maschinenbau
- 29: Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
- 30: Sonstiger Fahrzeugbau
- 62: Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
- 63: Informationsdienstleistungen
- 71: Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung
- 72: Forschung und Entwicklung

Die Liste entspricht de facto den Klassen "high R&D intensity industries" und "medium-high R&D intensity industries" der OECD-Klassifikation aus dem Jahr 2016 (Galindo-Rueda und Verger 2016). Einziger Unterschied ist, dass hier auch die Abteilung 71 als FuE-intensiv einbezogen wird. In der OECD-Klassifikation wird diese Abteilung nicht getrennt betrachtet, sondern ist Teil des Abschnitts M (ohne Abteilung 72). Die Einbeziehung der Abteilungen 27 und 30 in der hier vorgelegten Klassifikation ergibt sich dadurch, dass zwar größere Teilbereiche (Gruppen und Klassen) dieser Abteilungen als nicht FuE-intensiv klassifiziert wurden, weil sie knapp unter dem Schwellenwert von 2,5 % FuE-Intensität liegen, gleichzeitig aber andere Gruppen und Klassen eine deutlich überdurchschnittliche FuE-Intensität aufweisen, sodass bei einer aggregierten Betrachtung auf Abteilungsebene beide Abteilungen knapp den Schwellenwert überschreiten. Dieses Ergebnis ist konsistent mit der OECD-Klassifikation.

3 Umlegung FuE-intensiver Wirtschaftszweige auf die Gütersystematik der Außenhandelsstatistik

In diesem Abschnitt wird die erstellte Liste forschungsintensiver Wirtschaftszweige (WZ) auf die Ebene der Gütersystematik der Außenhandelsstatistik umgelegt. Hierfür müssen einige Umschlüsselungen verwendet werden. Da die Gütersystematik wesentlich feiner gegliedert ist als die Wirtschaftszweigsystematik, besteht die große Herausforderung der Umschlüsselung darin, aus der Liste aller Güter eines als forschungsintensiv klassifizierten Wirtschaftszweigs jene Güter zu identifizieren, die besonders stark auf FuE-Inputs beruhen, und jene Güter auszuschließen, für die FuE eine geringere Rolle spielt. Darüber hinaus wird in Wirtschaftszweigen, die insgesamt nicht als forschungsintensiv klassifiziert wurden, die aber eine mittlere FuE-Intensität aufweisen, geprüft, ob es einzelne Güter/Gütergruppen in diesem Wirtschaftszweig gibt, die als forschungsintensiv charakterisiert werden können.

Die Umlegung von (wissensintensiven) Wirtschaftszweigen auf Waren- bzw. Gütergruppen ist standardmäßig nicht in den üblichen Konkordanzverzeichnissen (z.B. RAMON) enthalten. Eine Ausnahme hierzu bildet die Konvergenztabelle von SITC Rev.3 auf ISIC Rev. 3 (Affendy et al. 2010).³ Die zugrundeliegenden Klassifikationen sind allerdings bereits über 30 Jahre alt und somit nicht mehr aktuell. Andere Quellen bieten lediglich eine grobe Zuweisung von Produktgruppen zu Wirtschaftszweigen. Eine Alternative hierzu bietet die von World Integrated Trade Solution (WITS) herausgegebene Konvergenztabelle zwischen dem Harmonized System aus dem Jahre 2007 (H3) und SITC Rev 3.⁴ Gegenüber anderen Konvergenzpfaden hat dieser Weg den Vorteil, dass zum einen die Produktklassifizierung aktueller ist und zum anderen das Aggregationsniveau auf dem niedrigsten Level gehalten wird (6-Steller für H3 bzw. 5-Steller für SITC). Nichtsdestotrotz muss die Umschlüsselung von WZ bzw. NACE Rev. 2 Codes über ältere Klassifizierungsversionen umgesetzt werden. Das ist ein großes Manko, da vor allem bezüglich der Wissensintensität bei der Entwicklung von innovativen Produkten ein möglichst aktuelles Klassifizierungsschema zwingend notwendig ist. Andernfalls besteht die Gefahr, dass viele neue Technologien und Produkte nicht in die älteren Kategorien eingeordnet

³ Eurostat RAMON: CORRESPONDENCE TABLES SITC REV. 3 - ISIC REV. 3, https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/reasons/index.cfm?TargetUrl=LST_LINK&StrNomRel-Code=SITC%20REV.%203%20-%20ISIC%20REV.%203&StrLanguageCode=EN, letzter Zugriff: 15.10.2021

⁴ Weltbank (2021): WITS: World Integrated Trade Solution, https://wits.worldbank.org/product_concordance.html, letzter Zugriff: 15.10.2021

werden können. Beim Umstieg basierend auf veralteten Systemen fallen sie somit des Öfteren in nicht näher definierte Sub-Klassen, oder entfallen gänzlich. Neben der uneindeutigen Zugehörigkeit von Güterkategorien zu Wirtschaftszweigen stellt dies eine weitere Schwierigkeit dar.

In unserem finalen Ansatz werden die wissensintensiven Wirtschaftszweige zunächst von NACE rev.2 über ISIC Rev. 4 auf ISIC Rev. 3 umgeschlüsselt⁵. An dieser Stelle wird die Konvergenztabelle von WITS herangezogen, um den Industriezweigen die entsprechenden Produktkategorien von HS2007 zuzuordnen. Diese werden im letzten Schritt auf HS2017 bzw. SITC Rev. 4 aktualisiert⁶. Die Verlustrate bei der Aktualisierung von HS2007 zu HS2017 beträgt ca 2 %. Für einige WZ war es nicht möglich eine Güter- oder Produktgruppe zuzuweisen (Tabelle 3), wobei es sich hierbei ausschließlich um Dienstleistungssektoren handelt, in denen keine "Güter" im klassischen Sinne gehandelt werden.

Tabelle 3: FuE-intensive Wirtschaftszweige ohne eine Entsprechung in der Gütersystematik

Zuordnung	WZ 2008	Beschreibung
Spitzentechnologie	72.11	Forschung und Entwicklung im Bereich Biotechnologie
	72.19	Sonstige Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin
	72.20	Forschung und Entwicklung in den Rechts-, Wirtschafts-, Sozial-, Sprach-, Kultur- Kunstwissenschaften
Hochtechnologie	58.21	Verlegen von Computerspielen
	58.29	Verlegen von sonstiger Software
	62.01	Programmierungstätigkeiten
	63.11	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten
	63.12	Webportale
	71.20	Technische, physikalische und chemische Untersuchung

Quelle: Eigene Darstellung.

Die so entstandene Liste umfasst insgesamt über 5000 HS 6-Steller Codes, von denen jedoch der überwiegende Teil nicht zu wissensintensiven Gütern gerechnet werden können. Auf dieser Basis wurden die SITC Rev. 4 Gütergruppen den WZ zugewiesen. Zusätzlich wurden die bereits bestehenden Zuweisungen der Hochtechnologie Liste aus 2012 als Vergleichsbasis herangezogen und der aktuellen Liste in der Umlegung auf SITC Rev. 4 gegenüber gelegt. Hierdurch ist es zum einen möglich, die Gesamtzahl der zu prüfenden Codes erheblich zu reduzieren. Zum anderen kann so eine möglichst hohe Kompatibilität zu der Systematik der früheren Liste sichergestellt werden. Somit enthält

⁵ Eurostat RAMON: INDEX OF CORRESPONDENCE TABLES, https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/relations/index.cfm?TargetUrl=LST_REL, letzter Zugriff: 15.10.2021

⁶ United Nations Statistics Division: Classifications on economic statistics, <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ>, letzter Zugriff: 15.10.2021

die neue Umsetzung eine Gesamtzahl von 786 SITC Rev. 4 Kodes, wovon 236 auf den Bereich der Spitzentechnologie und 550 auf Hochtechnologie entfallen. Im Zuge einer finalen Prüfung und Zusammenlegung konnte die finale Fassung auf 31 3-stellige Kodes für ST und 246 Kodes für HT reduziert werden. Die Liste der Güter in der Abgrenzung der SITC Rev. 4 ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Liste forschungsintensiver Güter 2021 in der Abgrenzung der SITC Rev. 4

Spitzentechnologie			
Schädlingsbekämpfung, Pflanzenzucht, Saatzucht		Nachrichtentechnik	
591		764	<i>ohne</i> 764.2
Biotechnologie, Pharmawirkstoffe, Arzneimittel		Elek. Ausrüstungen für Verbrennungsmotoren u. Fahrzeuge	
515.76			
516.91		778.3	
541.3			
541.5		Elektromedizintechnik	
541.6		774	
Luft- und Raumfahrzeuge		899.61	
713.1		899.67	
714.4			
714.81		Spitzeninstrumente	
714.91		871	
792		874.1	
Datenverarbeitungsgeräte, -einrichtungen		874.4	
752.2		874.7	
752.3			
752.9		Optik	
Elektronik		884.19	
776.3		884.3	
776.4			
776.8			

Hochwertige Technologie

Anorganische Grundstoffe		Beleuchtung, elektrische Ausrüstungen etc.	
281.4		778	<i>ohne</i> 778.3
522.1			<i>ohne</i> 778.4
522.2	<i>ohne</i> 522.21	813	<i>ohne</i> 813.92
522.3	<i>ohne</i> 522.33	Rundfunk und Fernsehtechnik	
522.4		776.1	
522.62		776.2	

522.63				
522.64			Motoren, Kraftmaschinen, Antriebstechnik	
522.65			712	
522.66			713.3	
522.68			713.8	
524	<i>ohne</i>	524.96	714.89	
667.41			714.99	
Organische Grundstoffe			718	<i>ohne</i> 718.7
335.2	<i>ohne</i>	335.21	746	
431.1			747.1	
511			747.2	
512	<i>ohne</i>	512.17	748.4	
513	<i>ohne</i>	513.91	748.6	
514			Pumpen und Kompressoren	
515.4			742	
515.6	<i>ohne</i>	515.69	743.1	<i>ohne</i> 743.13
515.7	<i>ohne</i>	515.76	Heiz-, Filter-, Luft- und Reinigungstechnik	
	<i>ohne</i>	515.79	741.71	
516.92			741.72	
			741.73	
			741.84	
			741.85	
Übrige Spezialchemie			741.86	
598.5			741.87	
598.63			741.89	
598.64			743.6	<i>ohne</i> 743.69
598.67			743.95	
598.8			745.2	
598.9	<i>ohne</i>	598.98	Landwirtschaftliche Maschinen, Zugmaschinen	
		598.99	721	
882.2			722	<i>ohne</i> 722.3
882.3			Werkzeugmaschinen	
882.4			695.63	
Elektrische Haushaltsgeräte			731	
775.1			733	
775.2			735	
775.5			737.43	
775.7			745.1	
775.82			778.4	
775.86			Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige	
775.87			723.35	
775.88			723.37	

775.89			723.43	
Büromaschinen			723.44	
751.2	<i>ohne</i>	751.24	723.47	
751.9			723.93	
Ein-/Ausgabehilfen von DV-Maschinen			723.99	
752.6			724	
759.97			725	
Kriegsschiffe, Waffen, Munition			726	<i>ohne</i> 726.35
793.29			727	
891	<i>ohne</i>	891.13	728.2	
Optische und fotografische Geräte			728.4	<i>ohne</i> 728.42
665.95				<i>ohne</i> 728.44
665.99			728.5	<i>ohne</i> 728.52
881	<i>ohne</i>	881.35	Medizintechnik	
	<i>ohne</i>	881.36	665.91	
884.17			741.83	
Synthetischer Kautschuk			872	<i>ohne</i> 872.35
232			899.6	<i>ohne</i> 899.61
Magnetische und optische Medien				<i>ohne</i> 899.67
752.7			541.9	
898.4	<i>ohne</i>	898.46	542	
Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen			Hochwertige Instrumente	
737.1			745.3	
737.2			873	
Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung			874.2	
728.2	<i>ohne</i>	728.22	874.3	
		728.29	874.5	<i>ohne</i> 874.52
731			874.6	
737.3			874.9	
737.4			Technisches Glas, Bauglas	
Unterhaltungselektronik			664.93	
761			664.94	
762.1			664.96	
762.2			Kraftwagen, -motoren und -teile	
762.8			781	
763			782	<i>ohne</i> 782.11
764.2			783	
			784	

Quelle: Zusammenstellung nach eigener Berechnung

Obwohl viele Felder der überarbeiteten Version in ähnlicher Form erhalten bleiben, beinhaltet die aktuelle neue Liste forschungs- und wissensintensiver Güter einige strukturelle Veränderungen gegenüber der früheren Liste. Um die Zu- bzw. Abgänge genauer zu veranschaulichen, zeigt Tabelle 5 das Außenhandelsvolumen (Deutschland, Jahr 2018) der Felder, die in der neuen Liste nicht mehr geführt werden. Die Rückgänge sind nach ihrem Umfang farblich gekennzeichnet. Der größte Anteil entfällt auf das Feld GuE Stromerzeugung und -verteilung sowie Gummiwaren aus dem Bereich der Hochwertigen Technologie. Vor allem beim Export ist ebenfalls ein starker Rückgang durch das Herausfallen des Feldes elektrische Maschinen, Apparate und Einrichtungen zu beobachten.

Tabelle 5: Außenhandelsvolumina nicht mehr gelisteter Güter; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$)

		Import	Export
HT	Ätherische Öle, grenzflächenaktive Stoffe	1,85	2,38
HT	Elektrische Maschinen, Apparate und Einrichtungen	6,86	9,54
HT	GuE Stromerzeugung und -verteilung	22,74	29,43
HT	Gummiwaren	11,99	12,41
HT	Schienenfahrzeuge	2,73	4,37
ST	Radioaktive Stoffe, Kernreaktoren	0,90	1,01
	Total	47,07	59,15

Quelle: UN – Comtrade (SITC Rev 4), Berechnung des Fraunhofer ISI

Zieht man einen Vergleich zum Importvolumen bei GuE Stromerzeugung und -verteilung sowie Gummiwaren, wird deutlich, dass diese für Deutschland zentrale Exportgüter darstellen. Insgesamt ergibt sich aus der neuen Liste für Deutschland ein Unterschied von 47,07 Mrd. US\$ bei den Einfuhren, bzw. 59,15 Mrd. US\$ bei den Ausfuhren im Vergleich zur früheren Hochtechnologie-Liste.

Tabelle 6: Außenhandelsvolumina neu gelisteter Güter; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$)

		Import	Export
HT	Magnetische und optische Medien	1,81	2,43
HT	Metallerzeugung, Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen	0,33	0,93
HT	Synthetischer Kautschuk	1,41	1,75
HT	Unterhaltungselektronik	0,86	0,41
HT	Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	1,28	4,05
	Total	5,69	9,57

Quelle: UN – Comtrade (SITC Rev 4), Berechnung des Fraunhofer ISI

Dem gegenüber stehen die in Tabelle 6 gelisteten Zugewinne der Außenhandelsvolumina nach der überarbeiteten Liste. Diese fallen insgesamt kleiner aus, da es sich bei den hinzugekommenen WZ um kleinere Bereiche handelt. Die Zugewinne beim Import sind im

Wesentlichen auf die Felder magnetische und optische Medien; synthetischer Kautschuk; und Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung zurückzuführen. Exportseitig entfällt das höchste Volumen auf Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung, gefolgt von magnetischen und optischen Medien.

Tabelle 7: Gesamtübersicht der Außenhandelsvolumina nach der alten und neuen Liste; Deutschland, 2018 (in Mrd. US\$)

	Liste 2012		Liste 2021		Relation 2021 zu 2012	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Hochwertige Technologie	370,60	628,24	334,78	582,80	0,90	0,93
Spitzentechnologie	142,79	160,05	137,23	155,91	0,96	0,97
Hochtechnologie gesamt	513,39	788,29	472,92	740,04	0,92	0,94

Quelle: UN – Comtrade, eigene Berechnungen.

Zusammen genommen ergeben die zu- bzw. Abgänge im Außenhandelsvolumen für Deutschland für das Jahr 2018 einen Unterschied bei den Importen von 41,4 Mrd. US\$ und einen Unterschied bei den Exporten von 49,6 Mrd. US\$ gegenüber der alten Liste, beides vorwiegend im Bereich der hochwertigen Technologie und vor allem auf das Herausfallen der GuE Stromerzeugung und -verteilung der Gummiwaren zurückzuführen. Bei Spitzentechnologie fällt dieser Vergleich wesentlich niedriger aus, da die Änderungen im Vergleich zur früheren Liste geringer sind. Das zeigt deutlich die Gesamtübersicht der Importe/Exporte für Deutschland bei hochwertiger- bzw. Spitzentechnologie (Tabelle 7). Für das Jahr 2018 ergibt sich ein Rückgang der Importe (10 %) und Exporte (7 %) im Bereich der hochwertigen Technologie gegenüber der alten Liste aus 2012.

Tabelle 8: Gesamtübersicht der Außenhandelsvolumina nach der alten und neuen Liste; OECD-Länder, 2018 (in Mrd. US\$)

	Liste 2012		Liste 2021		Relation 2021 zu 2012	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Hochwertige Technologie	3264,55	3427,23	3045,08	3266,43	0,93	0,95
Spitzentechnologie	1420,03	1199,87	1355,91	1146,41	0,95	0,96
Hochtechnologie gesamt	4684,58	4627,10	4411,68	4421,00	0,94	0,96

Quelle: UN – Comtrade, eigene Berechnungen.

Anmerkung: Inkl. bilateraler Handel

Bei der Spitzentechnologie sind es 4 % bei den Importen und 3 % bei den Exporten, wobei der Rückgang bei Spitzentechnologie in erster Linie darauf zurückzuführen ist, dass einige Güter nun unter Hochtechnologie geführt werden und lediglich ein kleiner Teil

gänzlich entfällt. Im Vergleich zu den OECD-Ländern (s. Tabelle 8) fällt der Rückgang in der hochwertigen Technologie etwas geringer aus: 7 % bei den Importen und 5 % bei den Exporten. Das zeigt, dass Deutschland gegenüber der OECD-Ländergruppe stärker durch die Neustrukturierung der FuE-intensiven Güter nachteilig betroffen ist – zumindest im Bereich der Hochtechnologie. Bei Spitzentechnologie dagegen liegt Deutschland etwas über dem Durchschnitt – etwa 1 %, sowohl beim Import, als auch beim Export.

Insgesamt zeigt die Neuauflage der Liste wissensintensiver Güter einige Veränderungen gegenüber der fast 10 Jahre älteren Version – vor allem im Bereich der hochwertigen Technologie. Der Ausschluss großer Felder, wie GuE Stromerzeugung und -verteilung, Gummiwaren und elektrische Maschinen, Apparate und Einrichtungen schlagen sich merkbar in der Außenhandelsstatistik nieder, sowohl für Deutschland, als auch in den OECD-Ländern. Die Neuaufnahme einiger Felder gleicht den Rückgang aufgrund der Größe der neuen Felder nur bedingt aus. Insgesamt spiegeln die Veränderungen bei den Gütern also die Veränderungen in der WZ-Klassifikation der Hochtechnologie insgesamt wider.

4 Technologorientierte Klassifikationskriterien für Wirtschaftszweige

Neben einer Klassifikation der Wirtschaftszweige nach der Höhe der FuE-Intensität in Spitzentechnologie und Hochwertige Technologie existieren weitere Kriterien, die eine Klassifizierung von Wirtschaftszweigen im Hinblick auf die Rolle neuen technischen Wissens erlauben. In diesem Projekt wurden drei Kriterien betrachtet:

- Homogenität bzw. Heterogenität der Technologien, d.h. die Vielfalt der Technologien, auf die für die Hervorbringung von Innovationen in einem Wirtschaftszweig zurückgegriffen wird;
- generische vs. spezifische Technologien, d.h. ob Innovationen in einem Wirtschaftszweig auf wirtschaftszweigspezifischen Technologien beruhen;
- Wissenschaftsnähe von Technologien, d.h. ob Innovationen auf technologischem Wissen beruhen, das zu höheren Anteilen als andere Felder auf Erkenntnissen aus der wissenschaftlichen Forschung aufbaut.

Die Trennung nach der **Homogenität bzw. Heterogenität** der in den jeweiligen Wirtschaftszweigen erforschten Technologien bezieht sich auf die Frage, ob in dem jeweiligen Wirtschaftszweig die Forschung breit über mehrere Technologiefelder stattfindet oder sich verstärkt auf eine oder wenige Technologien beschränkt. Um sich einer solchen Einteilung anzunähern, wurden Berechnungen auf Basis von Patentindikatoren vorgenommen. Konkret wurde analysiert, wie stark die Patentanmeldungen in den Wirtschaftszweigen über die Technologiefelder streuen, differenziert nach den Hochtechnologie-Feldern der neuen Liste.⁷ Als Maß für die Streuung wurde hierbei der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) verwendet. Hierbei indizieren hohe Werte auf einer Skala von 0 bis 1 eine starke Konzentration der Patentanmeldungen eines Wirtschaftszweiges über die Technologiefelder, also einen eher technologiehomogenen Sektor. Umgekehrt weisen niedrige Werte auf eine starke Streuung der Patentanmeldungen eines Wirtschaftszweiges über die Technologiefelder hin, also einen technologieheterogenen Sektor. Um Verzerrungen oder Fehlzuordnungen durch geringe Fallzahlen zu vermeiden, wurden bei der Erstellung der homogenen vs. heterogenen Wirtschaftszweige nur die Sektoren berücksichtigt, für die im angegebenen Zeitraum mindestens 50 (transnationale⁸) Patentanmeldungen vorlagen. Zudem wurden nur Wirtschaftszweige (nur Verarbeitendes Gewerbe sowie technische

⁷ Hierzu wurde noch die Felder der Liste der FuE-intensiven Güter und Wirtschaftszweige von 2012 verwendet, da bis dato nur auf dieser Basis Patentindikatoren zur Verfügung stehen.

⁸ Transnationale Patentanmeldungen sind Anmeldungen, die entweder am EPA oder bei der WIPO erfolgen, wobei Doppelzählungen ausgeschlossen werden (Frietsch et al. 2010).

Dienstleistungen und Gesundheit) berücksichtigt, die aufgrund hoher bzw. niedriger HHI Werte eindeutig einer Kategorie zugeordnet werden konnten ($HHI < 0,1$ bzw. $HHI > 0,5$, d.h. unteres und oberes 20 %-Quantil). In einem finalen Schritt wurde die Einteilung durch Interviews mit Technologieexperten validiert. Ein Überblick über homogene und heterogene Wirtschaftszweige ist in Tabelle 9 dargestellt.

Aus der Tabelle wird über die beiden Zeiträume hinweg zunächst deutlich, dass es zu einer Verschiebung von homogenen hin zu heterogenen Wirtschaftszweigen kommt, d.h. dass im Zeitraum 2009-2013 noch deutlich mehr Wirtschaftszweige als sehr technologiehomogen eingestuft wurden als dies am aktuellen Rand der Fall ist. Umgekehrt werden im aktuellen Zeitraum mehr Wirtschaftszweige als technologieheterogen eingestuft. Vor allem bei den technologiehomogenen Wirtschaftszweigen kommt es verstärkt auch zu Überschneidungen über die Jahre hinweg (fett gedruckt), während das bei den heterogeneren Wirtschaftszweigen weniger der Fall ist, was als weiteres Indiz für eine "Verbreiterung" der Wirtschaftszweige über erforschte Technologien angesehen werden kann.

Tabelle 9 Homogene vs. heterogene Wirtschaftszweige, 2009-2013 vs. 2014-2018

2009-2013		2014-2018	
WZ-Code	Zuordnung	WZ-Code	Zuordnung
2351	homogen	6110	homogen
0910	homogen	2894	homogen
4222	homogen	2920	homogen
2540	homogen	2830	homogen
2894	homogen	2841	homogen
1200	homogen	6190	homogen
1412	homogen	2211	homogen
2920	homogen	3109	homogen
2211	homogen	1071	homogen
2830	homogen	2599	heterogen
2841	homogen	2611	heterogen
5829	homogen	7120	heterogen
3099	homogen	2651	heterogen
2896	homogen	7219	heterogen
3109	homogen	2561	heterogen
2712	heterogen	2511	heterogen
2561	heterogen	2041	heterogen
7010	heterogen	2824	heterogen
2829	heterogen	2811	heterogen
3299	heterogen	7010	heterogen
7112	heterogen	2229	heterogen
7022	heterogen	3299	heterogen
7490	heterogen	2712	heterogen
		2790	heterogen
		7022	heterogen
		7112	heterogen

Quelle: EPA - PATSTAT, BvD - ORBIS. Anmerkungen: Fett gedruckt sind Wirtschaftszweige, die in beiden Zeiträumen gelistet sind.

Analog zu den Wirtschaftszweigen kann auch für Technologiefelder ein Streuungsmaß berechnet werden, um dadurch Hinweise auf **generische versus spezifische Technologien** zu erhalten und auf diesem Wege die Bedeutung von so genannten "general purpose" Technologien (Arora et al. 2011; Bresnahan et al. 1995; Cantner et al. 2012; Gambardella et al. 2013; Jovanovic et al. 2008; Petralia 2020; Thoma 2008) zu identifizieren. Um dies zu erreichen, die Streuung der Patentanmeldungen innerhalb der Technologiefelder über die Wirtschaftszweige berechnet. Als Maß für die Streuung wurde auch hier der HHI verwendet, wobei hohe HHI-Werte eine starke Konzentration der Patentanmeldungen eines Technologiefelds auf einen oder wenige Wirtschaftszweige belegen und damit auf ein eher spezifisches Technologiefeld hindeuten. Niedrige Werte wiederum weisen auf eine starke Streuung der Patentanmeldungen eines Technologiefelds über mehrere Wirtschaftszweige und damit auf ein generisches Technologiefeld bzw. eine "general purpose" Technologie hin.

Tabelle 10 Generische vs. spezifische Technologiefelder, 2009-2013 vs. 2014-2018

Jahr	Feld	Zuordnung
2009-2013	Elektrische Haushaltsgeräte	spezifisch
	Schädlingsbekämpfung, Pflanzenschutz, Saatzucht	spezifisch
	Luft- u. Raumfahrzeuge	spezifisch
	Elek. Ausrüstungen für Verbrennungsmotoren u. Fahrzeuge	spezifisch
	Landwirtschaftliche Maschinen, Zugmaschinen	spezifisch
	Biotechnologie, Pharmawirkstoffe, Arzneimittel	spezifisch
	Organische Grundstoffe	spezifisch
	Arzneimittel	spezifisch
	Schienenfahrzeuge	spezifisch
	Gummiwaren	spezifisch
	Werkzeugmaschinen	generisch
Spitzeninstrumente	generisch	
Heiz-, Filter-, Lufttechnik	generisch	
Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige a.n.g.	generisch	
2014-2018	Gummiwaren	spezifisch
	Landwirtschaftliche Maschinen, Zugmaschinen	spezifisch
	Elektrische Haushaltsgeräte	spezifisch
	Elek. Ausrüstungen für Verbrennungsmotoren u. Fahrzeuge	spezifisch
	Schädlingsbekämpfung, Pflanzenschutz, Saatzucht	spezifisch
	Organische Grundstoffe	spezifisch
	Technisches Glas, Bauglas	spezifisch
	Anorganische Grundstoffe	generisch
	Werkzeugmaschinen	generisch
	Büromaschinen	generisch
	Heiz-, Filter-, Lufttechnik	generisch
Andere Konsumgüter (Low-Tech)	generisch	
Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige a.n.g.	generisch	

Quelle: EPA - PATSTAT, BvD - ORBIS. Anmerkungen: Fett gedruckt sind Wirtschaftszweige, die in beiden Zeiträumen gelistet sind.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 10 dargestellt. Auch hier wurden nur die Technologiefelder ausgewiesen, deren HHI entweder im oberen oder unteren 20 %-

Quantil (hier $HHI < 0,15$ und $HHI > 0,5$) lag. Zudem wurden Technologiefelder mit weniger als 50 Patenten im Zeitraum 2014-2018 von der Analyse ausgeschlossen, um Verzerrungen durch geringe Fallzahlen zu vermeiden. Wie bei den Wirtschaftszweigen zeigt sich auch bei den Technologien ein Verbreiterungseffekt. Während im Zeitraum 2009-2013 nur vier Technologiefelder als generisch eingestuft wurden, waren dies im Zeitraum von 2014-2018 insgesamt sechs Technologiefelder, nämlich Anorganische Grundstoffe, Werkzeugmaschinen, Büromaschinen, Heiz-, Filter und Lufttechnik, Andere Konsumgüter (Low-Tech) sowie Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige.

In einem dritten Schritt wird zwischen **wissenschaftsbasierten** und **praxisbasierten Technologien** differenziert. Bei den wissenschaftsbasierten Wirtschaftszweigen ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Input für die Technologieentwicklung aus neuen Forschungsergebnissen der Wissenschaft bzw. der Grundlagenforschung stammt. Bei stärker praxisbasierten Wirtschaftszweigen ist davon auszugehen, dass technologische Entwicklungsimpulse primär aus Anwendungsproblemen entstehen.

Hierzu wurden so genannte Non-Patent-Literature (NPL) Zitierungen herangezogen. NPL-Zitierungen bezeichnen Referenzen, die im Verlauf des Patentierungsprozesses vom Patentprüfer oder vom Patentanmelder vergeben werden und sich auf frühere Literatur beziehen, die außerhalb des Patentsystems liegt. Häufig beziehen sich diese Zitierungen auf wissenschaftliche Artikel, wobei im Grunde jede beliebige Nicht-Patent-Literatur zitiert werden kann (Callaert et al. 2006). Da jedoch häufig wissenschaftliche Papiere zitiert werden, lässt sich durch Berechnung des Anteils der Patente mit NPL-Zitierungen an allen Anmeldungen im jeweiligen Wirtschaftszweig die "Wissenschaftsbasierung" des Wirtschaftszweigs berechnen. Dies ist in Tabelle 11 dargestellt. Hier wurden nur die Wirtschaftszweige mit einbezogen, die im Zeitraum 2014-2018 mehr als 100 Patente aufweisen. Außerdem wurden nur Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes sowie technische Dienstleistungen und Gesundheit berücksichtigt. Auch hier werden nur das untere und obere 20 %-Quantil (Anteil an Patenten mit NPL-Zitierungen $< 10\%$ bzw. $> 60\%$) berücksichtigt.

Über die Zeit analysiert wird deutlich, dass die Anzahl der praxisbasierten Wirtschaftszweige stark gewachsen ist, während die Zahl der stark wissenschaftsbasierten Wirtschaftszweige rückläufig ist. Interessant ist jedoch auch, dass kaum neue wissenschaftsbasierte Wirtschaftszweige im Zeitraum 2014-2018 hinzukommen, sondern eher die Wirtschaftszweige wissenschaftsbasiert sind, die dies auch vorher bereits waren. Jedoch bleiben auch die meisten praxisbasierten Wirtschaftszweige über die Zeit hinweg konstant praxisbasiert.

Insgesamt lassen sich aus dieser Analyse zwei generelle Trends ableiten, nämlich eine Verbreiterung der Wirtschaftszweige sowie der Technologiefelder, d.h. eine stärkere Streuung der Technologien. Dies geht mit einer stärkeren Anwendungsbezogenheit der Wirtschaftszweige über die Zeit einher.

Tabelle 11 Wissenschafts- vs. anwendungsgetriebene Wirtschaftszweige, 2009-2013 vs. 2014-2018

2009-2013		2014-2018	
WZ-Code	Zuordnung	WZ-Code	Zuordnung
2020	wissenschaftsgetrieben	7211	wissenschaftsgetrieben
7211	wissenschaftsgetrieben	2020	wissenschaftsgetrieben
2012	wissenschaftsgetrieben	2013	wissenschaftsgetrieben
2013	wissenschaftsgetrieben	0729	wissenschaftsgetrieben
2120	wissenschaftsgetrieben	2059	wissenschaftsgetrieben
0729	wissenschaftsgetrieben	2120	wissenschaftsgetrieben
2059	wissenschaftsgetrieben	2014	wissenschaftsgetrieben
2014	wissenschaftsgetrieben	2110	wissenschaftsgetrieben
2110	wissenschaftsgetrieben	2712	anwendungsgetrieben
2051	wissenschaftsgetrieben	2829	anwendungsgetrieben
3212	wissenschaftsgetrieben	2920	anwendungsgetrieben
5829	wissenschaftsgetrieben	2594	anwendungsgetrieben
2041	wissenschaftsgetrieben	2814	anwendungsgetrieben
2670	wissenschaftsgetrieben	2572	anwendungsgetrieben
7219	wissenschaftsgetrieben	2830	anwendungsgetrieben
3109	anwendungsgetrieben	2733	anwendungsgetrieben
2751	anwendungsgetrieben	2892	anwendungsgetrieben
2830	anwendungsgetrieben	2894	anwendungsgetrieben
2920	anwendungsgetrieben	2512	anwendungsgetrieben
3101	anwendungsgetrieben	2751	anwendungsgetrieben
2512	anwendungsgetrieben	2223	anwendungsgetrieben
		3109	anwendungsgetrieben

Quelle: EPA - PATSTAT. Anmerkungen: Fett gedruckt sind Wirtschaftszweige, die in beiden Zeiträumen gelistet sind.

5 Wissensintensive Wirtschaftszweige

Die bisher vorliegende Liste forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige und Güter (NIW/ISI/ZEW-Liste 2012) enthält neben einer Klassifizierung von Wirtschaftszweigen nach der FuE-Intensität auch eine Klassifizierung nach der Wissensintensität. Grundlage für diese Einteilung ist primär die Qualifikation der Beschäftigten (Hochschulabschluss, Abschluss im Bereich Natur- und Ingenieurwissenschaften). Im Folgenden wird zum einen eine Aktualisierung dieser Klassifikation auf Basis von Daten zum Qualifikationsniveau der Beschäftigten sowie der Art der Beschäftigung vorgenommen. Datenbasis hierfür ist die Arbeitskräfteerhebung von Eurostat. Zum anderen wird ein erweiterter Ansatz der Wissensintensität angewandt, der neben dem Aspekt des Humankapitals weitere Wissensarten berücksichtigt, die für die Wettbewerbsfähigkeit und technologische Leistungsfähigkeit relevant sind. Hierbei wird auf den Arbeiten zu immateriellen Vermögensgütern ("intangible assets" bzw. Wissenskapital) als eine spezifische Form von Kapital aufgebaut. Diese Arbeiten, die insbesondere durch Corrado, Hulten und Sichel (2005) angestoßen wurden, unterscheiden drei Arten von Wissenskapital:

- Innovationskapital: technisches und nichttechnisches Wissen, das für die Entwicklung von Innovationen relevant ist,
- Computerbasierte Information: Wissen, das in Computerprogrammen und digitalen Datenbanken enthalten ist,
- Wirtschaftliche Kompetenzen: Wissen, das in unternehmensspezifischem Humankapital, in Markenwerten oder organisatorischen Strukturen enthalten ist.

Mit Hilfe von Daten des Mannheimer Unternehmenspanels wird eine Klassifizierung von Wirtschaftszweigen auf tief gegliederter Ebene (4-Steller) nach der Wissensintensität auf Basis dieses breiteren Ansatzes vorgenommen. Ergänzend wird für Wissenskapital in Form von computerbasierter Information eine Auswertung auf höher aggregierter sektoraler Ebene (2-Steller) auf Basis von Daten von Eurostat durchgeführt.

5.1 Analyse auf Basis der Qualifikation der Beschäftigten

Zur Abgrenzung der Wissensintensität von Wirtschaftszweigen auf Basis der Qualifikation der Beschäftigten wurden zunächst zwei Indikatoren berechnet:

- Der Anteil der Akademiker:innen im jeweiligen Wirtschaftszweig an allen Beschäftigten des Wirtschaftszweigs ("Akademikerquote", d.h. alle Beschäftigte, die

mindestens einen Bachelor-Abschluss aufweisen, ISCED-2011⁹ Gruppen 6, 7 und 8)

- Der Anteil der Beschäftigten, die nicht notwendigerweise einen akademischen Abschluss haben, aber einen Beruf ausüben, in dem diese Qualifikationen normalerweise erforderlich (Human Resources in Science and Technology, HRST-Konzept von Eurostat, d.h. Beschäftigte ISCO-08¹⁰ Hauptgruppen 2 und 3) an allen Beschäftigten des jeweiligen Wirtschaftszweigs ("HRST-Quote").

Die Datenbasis hierzu bietet die Arbeitskräfteerhebung (Labour Force Survey, LFS) von Eurostat, die die Rohdaten zu den jeweiligen Indikatoren auf Basis der 3-stelligen Wirtschaftszweiggliederung (Gruppen der WZ 2008) für Deutschland, Großbritannien, Italien, Frankreich und der EU-27 insgesamt zur Verfügung gestellt hat. Dabei wurden Beobachtungen (Wirtschaftszweig-Angaben zu einem bestimmten Land) mit weniger als 5.000 Beschäftigten in der Grundgesamtheit sowie Fälle, zu denen Eurostat eine unsichere Datenlage vermerkt hat, nicht berücksichtigt.

Zur Identifizierung der wissensintensiven Wirtschaftszeige wurde ein mehrstufiges Verfahren angewandt. Im ersten Schritt wurde das 75%-Quartil der Akademikerquote sowie der HRST-Quote pro Wirtschaftszweig für alle Wirtschaftszweige in Deutschland berechnet. Alle Wirtschaftszweige, die im Zeitraum 2018 bis 2020 bei beiden Quoten mindestens einmal einen Wert über dem 75% Quartil aufwiesen, also bei der Akademikerquote und bei der HRST-Quote in den oberen 25% lagen, wurden als wissensintensiv eingestuft. Dies ist für 50 der 86 ausgewählten Wirtschaftszweige (61%) der Fall. Für die Wirtschaftszweige, die nur bei einer der beiden Quoten im oberen Quartil in Deutschland lagen, wurde im zweiten Schritt überprüft, ob sie im europaweiten Vergleich¹¹ bei mindestens einer der Quoten im oberen Quartil zu finden waren. Dies war für weitere 21 Wirtschaftszweige der Fall (26%). In einem finalen Schritt wurden die verbleibenden Wirtschaftszweige, die im europaweiten Vergleich im oberen Quartil lagen, einer manuellen Prüfung unterzogen und mit den berechneten FuE-Quoten abgeglichen. Hierdurch wurden noch einmal 11 Wirtschaftszweige als wissensintensiv eingestuft (13%). Die vollständige Liste der wissensintensiven Wirtschaftszweige ist in Tabelle 12 zu finden.

⁹ International Standard Classification of Education in der Fassung von 2011.

¹⁰ International Standard Classification of Occupations in der Fassung von 2008.

¹¹ In den europaweiten Vergleich wurden alle Wirtschaftszweige einbezogen, die im Zeitraum 2018-2020 mindestens einmal in mindestens 3 Ländern (DE, FR, IT, GB sowie EU27 als Ganzes) auftauchen.

Tabelle 12: Liste wissensintensiver Wirtschaftszweige (3-stellige Gruppen) auf Basis der Qualifikation der Beschäftigten

WZ	WZ-Name	Zuordnungsschritt
91	Erbringung von Dienstleistungen für die Gewinnung von Erdöl und Erdgas	3
211	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen	3
212	Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen	1
262	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	1
263	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	1
264	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	1
265	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen; Herstellung von Uhren	2
266	Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	1
267	Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	2
268	Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	1
289	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige	2
302	Schienenfahrzeugbau	2
303	Luft- und Raumfahrzeugbau	1
325	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien	1
332	Installation von Maschinen und Ausrüstungen a. n. g.	1
411	Erschließung von Grundstücken; Bauträger	3
465	Großhandel mit Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik	3
581	Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	3
582	Verlegen von Software	1
591	Herstellung von Filmen und Fernsehprogrammen, deren Verleih und Vertrieb; Kinos	1
592	Tonstudios; Herstellung von Hörfunkbeiträgen; Verlegen von bespielten Tonträgern und Musikalien	1
601	Hörfunkveranstalter	1
602	Fernsehveranstalter	1
611	Leitungsgebundene Telekommunikation	2
612	Drahtlose Telekommunikation	2
613	Satellitentelekommunikation	3
619	Sonstige Telekommunikation	1
620	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	1
631	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	1
639	Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen	1
641	Zentralbanken und Kreditinstitute	3
642	Beteiligungsgesellschaften	1
643	Treuhand- und sonstige Fonds und ähnliche Finanzinstitutionen	3
649	Sonstige Finanzierungsinstitutionen	2
651	Versicherungen	2
652	Rückversicherungen	3
661	Mit Finanzdienstleistungen verbundene Tätigkeiten	1
662	Mit Versicherungsdienstleistungen und Pensionskassen verbundene Tätigkeiten	2
663	Fondsmanagement	2
681	Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen	1
682	Vermietung, Verpachtung von eigenen oder geleasten Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen	2
683	Vermittlung und Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte	2
691	Rechtsberatung	1
692	Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung	1
701	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben	1
702	Public-Relations- und Unternehmensberatung	1
711	Architektur- und Ingenieurbüros	1
712	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	1
721	Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin	1
	Forschung und Entwicklung im Bereich Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Bereich	
722	Sprach-, Kultur- und Kunstwissenschaften	1
731	Werbung	1
732	Markt- und Meinungsforschung	1
741	Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- u. ä. Design	1
742	Fotografie und Fotolabors	1
743	Übersetzen und Dolmetschen	1
749	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten a. n. g.	1
750	Veterinärwesen	1
774	Leasing von nichtfinanziellen immateriellen Vermögensgegenständen (ohne Copyrights)	3
781	Vermittlung von Arbeitskräften	1
799	Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen	2
823	Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter	3
841	Öffentliche Verwaltung	1

843	Sozialversicherung	2
851	Kindergärten und Vorschulen	1
852	Grundschulen	1
853	Weiterführende Schulen	1
854	Tertiärer und post-sekundärer, nicht tertiärer Unterricht	1
855	Sonstiger Unterricht	1
856	Erbringung von Dienstleistungen für den Unterricht	1
861	Krankenhäuser	2
862	Arzt- und Zahnarztpraxen	2
869	Gesundheitswesen a. n. g.	2
872	Stationäre Einrichtungen zur psychosozialen Betreuung, Suchtbekämpfung u. Ä.	1
879	Sonstige Heime (ohne Erholungs- und Ferienheime)	1
889	Sonstiges Sozialwesen (ohne Heime)	1
900	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten	1
910	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten	2
941	Wirtschafts- und Arbeitgeberverbände, Berufsorganisationen	1
942	Arbeitnehmervereinigungen	2
949	Kirchliche Vereinigungen; politische Parteien sowie sonstige Interessenvertr. und Vereinigungen a. n. g.	1
951	Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten	2
990	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	2

Quelle: Eurostat, Labour Force Survey.

5.2 Analyse auf Basis von Investitionen in Wissenskapital

Um Wissenskapital auf Basis des Ansatzes von Corrado, Hulten und Sichel (2005) zu messen, haben sich folgende Indikatoren bewährt:

- Ausgaben für FuE
- Weitere Ausgaben für Innovationsaktivitäten und andere kreative Aktivitäten wie z.B. Design
- Ausgaben für Software und Datenbanken
- Ausgaben für unternehmensspezifische Weiterbildung
- Ausgaben für Marketing
- Ausgaben für Organisationsentwicklung (neue Organisationsstrukturen, organisatorischer Wandel in Unternehmen)

Für Wirtschaftszweige liegen Angaben zu diesen Indikatoren nur zum Teil aus amtlichen Statistiken vor. Dies gilt primär für FuE-Ausgaben, Ausgaben für Software und Datenbanken sowie in eingeschränkter Form für Ausgaben zu unternehmensspezifischer Weiterbildung. Für Ausgaben für sonstige Innovations- und kreative Aktivitäten, für Marketing und für Organisationsentwicklung wurde sich zumeist mit groben Näherungswerten beholfen wie z.B. den Personalausgaben für bestimmte Tätigkeiten oder den Bezug von Vorleistungen aus bestimmten Wirtschaftszweigen. Mit Ausnahme von FuE liegen Indikatoren zu Wissenskapitalausgaben aus Strukturstatistiken nur auf höher aggregierter sektoraler Ebene (2-Steller) vor.

Um Analysen auf einer tief disaggregierten sektoralen Ebene (4-Steller) vornehmen zu können, wird im Folgenden auf Angaben aus dem Mannheimer Innovationspanel (MIP)

zurückgegriffen. Dort liegen für einen längeren Zeitraum Angaben zur Höhe der Ausgaben für fünf der sechs o.a. Formen von Wissenskapital vor. Keine Informationen existieren für die Ausgaben zur Organisationsentwicklung. Ein Versuch, diese zu erfassen, scheiterte daran, dass ein sehr hoher Anteil der Unternehmen keine Angaben machen konnten (vgl. Aschhoff et al. 2014). Hinzu kommt, dass aus konzeptionellen Gründen die Höhe der für Organisationsentwicklung getätigten Ausgaben ein schlechter Indikator für die Höhe des in einem Unternehmen vorhandenen Organisationskapitals ist, da primär Unternehmen mit defizitärem Organisationskapital solche Ausgaben tätigen, während Unternehmen mit hohem Organisationskapital tendenziell nicht-monetäre Formen der Pflege dieser Form von Wissenskapital verfolgen (vgl. Trunschke et al. 2020).

Es werden fünf Kategorien von Ausgaben für Wissenskapital betrachtet, die jeweils unternehmensinterne Kosten als auch Ausgaben für den Erwerb entsprechenden Wissenskapitals von Dritten umfassen

- 1) FuE-Ausgaben
- 2) Laufende Innovationsausgaben zusätzlich zu FuE (dies sind insbesondere innovationsspezifische Ausgaben für Konzeption, Konstruktion, Design, Messen/Testen/Prüfen, Marktanalysen und Entwicklung von Vermarktungskonzepten, Weiterbildung sowie weitere Aktivitäten für die Entwicklung und Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen)¹²
- 3) Ausgaben für Software und Datenbanken
- 4) Ausgaben für unternehmensspezifische Weiterbildung
- 5) Ausgaben für Marketing (Werbung, Produktmarketing wie z.B. Messepräsentationen, Konzeption von Marketingstrategien, Marktforschung)
- 6) Ausgaben für Design

Die Differenzierung nach diesen sechs Ausgabenkategorien ist nicht völlig überschneidungslos. Insbesondere zwischen FuE-Ausgaben und Software-/Datenbankausgaben kann es zu einer Doppelerfassung kommen, wenn z.B. interne Softwareentwicklungsak-

¹² Nicht enthalten in dieser Kategorie sind investive Innovationsausgaben zusätzlich zu FuE, zu denen die Anschaffung von Ausrüstungen (z.B. Maschinen, Anlagen, Fahrzeuge, Einrichtungen), der Erwerb von Software sowie der Erwerb gewerblicher Schutzrechte (z.B. Patente, Marken) zählen. Die Anschaffung von Ausrüstungen stellt eine Investition in tangibles Kapital dar und fällt nicht unter den Wissenskapitalbegriff nach Corrado et al. (2005). Die Anschaffung von Software wird unter der eigenen Kategorie "Ausgaben für Software und Datenbanken" erfasst. Die Anschaffung von gewerblichen Schutzrechten wird teilweise bei Ausgaben für Marketing erfasst (Erwerb von Markenrechten). Der Erwerb von Patenten und anderen gewerblichen Schutzrechten (insbesondere Gebrauchs- und Geschmacksmuster) bleibt bei dieser Analyse außen vor.

tivitäten im Rahmen von FuE-Aktivitäten stattfinden. Dasselbe gilt für FuE- und Designausgaben, wenn z.B. Designstudien als Teil von Entwicklungsaktivitäten durchgeführt werden. Zwischen laufenden Innovationsausgaben ohne FuE-Ausgaben einerseits und Weiterbildungs-, Marketing- und Designausgaben andererseits kann es ebenfalls zu einer Mehrfacherfassung kommen. Abschätzungen haben gezeigt, dass die in den laufenden Innovationsausgaben erfassten Weiterbildungs- sowie Marketingausgaben nicht mehr als 10 % der gesamten Weiterbildungs- sowie Marketingausgaben ausmachen (Rammer und Peters 2016, Rammer 2020). Diese Mehrfacherfassungen werden für die folgende Analyse in Kauf genommen, da es nicht Ziel ist, die gesamte Höhe der Ausgaben für Wissenskapital zu untersuchen, sondern die Ausgaben für einzelne Wissensarten.

Angaben zur Höhe dieser Ausgaben werden im MIP direkt abgefragt. Um eine möglichst große Beobachtungszahl auf der tief gegliederten Wirtschaftszweigebene der Klassen (4-Steller) zu erreichen, werden die Ausgaben für die ersten fünf Kategorien für die sieben Berichtsjahre 2014 bis 2020 betrachtet. Angaben zur Höhe der Designausgaben liegen nur für die Berichtsjahre 2018 bis 2020 vor. Die Höhe der Ausgaben für jede der sechs Kategorien wird für jeden 4-Steller in Relation zum Umsatz sowie in Relation zur Beschäftigtenzahl gesetzt, um Wissenskapitalintensitäten zu erhalten. Dabei muss eine Mindestbeobachtungszahl von 10 Unternehmen je 4-Steller und Ausgabenkategorie vorliegen. Die Umsatz- und Beschäftigtenintensitäten für einen 4-Steller werden zum einen als Mittelwert von unternehmensspezifischen Intensitäten und zum anderen als umsatz- bzw. beschäftigungsgewichtete Intensitäten ermittelt (d.h. es werden einerseits die Ausgaben und andererseits die Umsatz- und Beschäftigtenwerte je 4-Steller aufsummiert und dann die Intensität berechnet). Für die Bewertung, ob eine Wirtschaftszweigklasse als überdurchschnittlich wissenskapitalintensiv anzusehen ist, werden beide Intensitätsmaße betrachtet. Grundsätzlich wird eine Wirtschaftszweigklasse als überdurchschnittlich wissenskapitalintensiv klassifiziert, wenn sie eine Intensität aufweist, die im oberen Drittel der Werteverteilung liegt.

Da das MIP eine Stichprobenerhebung ist und nicht alle Wirtschaftszweige abdeckt, liegen nicht für alle Klassen der Wirtschaftszweigsystematik ausreichend Beobachtungszahlen vor, um Wissenskapitalintensität zu berechnen. Für den Untersuchungsbereich der WZ-Abschnitte B bis N lagen für 450 der insgesamt 506 WZ-Klassen Angaben vor, die eine Zuordnung nach der Wissenskapitalintensität erlaubten. Nicht klassifiziert werden konnten insbesondere WZ-Klassen der Abteilungen 47, 55, 56 und 77, da diese nicht zum Berichtskreis der Innovationserhebung zählen.

Von den 450 betrachteten Klassen (4-Stellern) wurden 230 in zumindest einer Kategorie als wissensintensiv klassifiziert:

- 80 WZ-Klassen wurden als FuE-intensiv klassifiziert,
- 97 WZ-Klassen weisen eine hohe Intensität an sonstigen laufenden Innovationsausgaben auf,
- 93 WZ-Klassen weisen eine hohe Intensität an Software- und Datenbankausgaben auf,
- 146 WZ-Klassen sind durch eine hohe Weiterbildungsintensität gekennzeichnet,
- 91 WZ-Klassen weisen eine hohe Intensität an Marketingausgaben auf,
- 71 WZ-Klassen sind durch eine hohe Designintensität gekennzeichnet.

Tabelle 13 zeigt in einer Matrixdarstellung die Anzahl der WZ-Klassen, die nach den sechs unterschiedenen Kategorien von Wissenskapitalinvestitionen als wissensintensiv klassifiziert wurden. FuE-intensive WZ-Klassen weisen häufig auch eine hohe Intensität in Bezug auf sonstige laufende Innovationsausgaben und Weiterbildungsausgaben auf. WZ-Klassen mit einer hohen Weiterbildungsintensität sind relativ häufig auch softwareintensive klassifiziert. Eine relativ hohe Überlappung gibt es außerdem zwischen Marketingintensität und der Intensität an sonstige laufenden Innovationsausgaben. WZ-Klassen mit einer hohen Designintensität wurden relativ häufig auch als weiterbildungsintensiv eingestuft.

Tabelle 13: Anzahl der WZ-Klassen, die auf Basis von Ausgaben für Wissenskapital als wissensintensiv klassifiziert wurden

	FuE	sonst. Innov.	Software/DB	Weiterbild.	Marketing	Design
FuE	80	60	33	54	28	25
sonst. Innovat.	60	97	46	61	50	34
Software/DB	33	46	93	79	33	29
Weiterbildung	54	61	79	146	41	39
Marketing	28	50	33	41	91	31
Design	25	34	29	39	31	71

Quelle: ZEW, Mannheimer Innovationspanel.

Der größte Teil der als wissensintensiv klassifizierten 4-Steller weist bei mehr als einer Kategorie eine überdurchschnittliche Wissensintensität auf. Nur 62 der 230 klassifizierten 4-Steller zeigen nur bei einer der sechs Kategorien einen überdurchschnittlichen Wert. 7 WZ-Klassen wurden bei allen sechs Kategorien als wissensintensiv klassifiziert (26.30, 26.40, 26.51, 26.60, 29.10, 58.29, 63.12).

Tabelle 14: Wissensintensive WZ-Klassen nach Kategorie der Wissenskapitalintensität

WZ	Bezeichnung	Kategorie*	Trend**
610	Gewinnung von Erdöl	H S T	0
910	Erbringung von Dienstleistungen für die Gewinnung von Erdöl und Erdgas	H S	+
1032	Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften	D H M	-
1041	Herstellung von Ölen und Fetten (ohne Margarine u.ä. Nahrungsfette)	D N	-
1051	Milchverarbeitung (ohne Herstellung von Speiseeis)	M N	-
1052	Herstellung von Speiseeis	M	0
1082	Herstellung von Süßwaren (ohne Dauerbackwaren)	D M	+
1083	Verarbeitung von Kaffee und Tee, Herstellung von Kaffee-Ersatz	M	-
1085	Herstellung von Fertiggerichten	M	0
1089	Herstellung von sonstigen Nahrungsmitteln a. n. g.	M N	0
1101	Herstellung von Spirituosen	D M	0
1102	Herstellung von Traubenwein	M	0
1105	Herstellung von Bier	M	0
1107	Herstellung von Erfrischungsgetränken; Gewinnung natürlicher Mineralwässer	D M	+
1200	Tabakverarbeitung	M	-
1330	Veredlung von Textilien und Bekleidung	N	0
1392	Herstellung von konfektionierten Textilwaren (ohne Bekleidung)	D	0
1399	Herstellung von sonstigen Textilwaren a. n. g.	D H N	+
1411	Herstellung von Lederbekleidung	M	+
1412	Herstellung von Arbeits- und Berufsbekleidung	D M	+
1413	Herstellung von sonstiger Oberbekleidung	D M N	0
1414	Herstellung von Wäsche	D	0
1419	Herstellung von sonstiger Bekleidung und Bekleidungszubehör a. n. g.	D M	0
1512	Lederverarbeitung (ohne Herstellung von Lederbekleidung)	D	0
1520	Herstellung von Schuhen	D M N T	0
1722	Herstellung von Haushalts-, Hygiene- u. Toilettenartikeln aus Zellstoff, Papier u. Pappe	D M N	+
1820	Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	D M N	0
1920	Mineralölverarbeitung	H M S	-
2012	Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten	N T	0
2013	Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien	H T	0
2014	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	H T	0
2015	Herstellung von Düngemitteln und Stickstoffverbindungen	T	-
2016	Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	T	0
2020	Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln	H M N T	0
2030	Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitt	N T	0
2041	Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln	M N T	-
2042	Herstellung von Körperpflegemitteln und Duftstoffen	D M N T	0
2052	Herstellung von Klebstoffen	H M N T	-
2053	Herstellung von etherischen Ölen	H T	0
2059	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.	H M N T	0
2060	Herstellung von Chemiefasern	T	0
2110	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen	H M N T	0
2120	Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten u. sonst. pharmazeut. Erzeugnissen	H M N T	0
2211	Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen	H M N T	0
2313	Herstellung von Hohlglas	H	0
2319	Herstellung, Veredlung u. Bearbeitung v. sonstigem Glas einschl. technischen Glaswaren	H N T	0
2341	Herstellung von keramischen Haushaltswaren und Ziergegenständen	D M N	-
2344	Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke	N T	+
2349	Herstellung von sonstigen keramischen Erzeugnissen	T	0
2351	Herstellung von Zement	H N	-
2370	Be- und Verarbeitung von Naturwerksteinen und Natursteinen a. n. g.	H	0
2399	Herstellung von sonstigen Erzeugnissen aus nichtmetallischen Mineralien a. n. g.	N	-
2443	Erzeugung und erste Bearbeitung von Blei, Zink und Zinn	H	0

2540	Herstellung von Waffen und Munition	H N T	+
2571	Herstellung von Schneidwaren und Bestecken aus unedlen Metallen	M N	0
2572	Herstellung von Schlössern und Beschlägen aus unedlen Metallen	M	0
2611	Herstellung von elektronischen Bauelementen	D H S T	+
2612	Herstellung von bestückten Leiterplatten	H T	0
2620	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	H M N S T	-
2630	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	D H M N S T	+
2640	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	D H M N S T	0
2651	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen	D H M N S T	0
2652	Herstellung von Uhren	D H N	-
2660	Herstellung von Bestrahlungs- u. Elektrotherapiegeräten u. elektromedizinischen Geräten	D H M N S T	0
2670	Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	H N S T	0
2680	Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	H N S T	0
2711	Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren	H N S T	0
2712	Herstellung von Elektrizitätsverteilungs- und -schalteinrichtungen	H N S T	0
2720	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren	D H N T	-
2733	Herstellung von elektrischem Installationsmaterial	N	0
2740	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten	D N T	0
2751	Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten	M N T	+
2790	Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten a. n. g.	H N S T	-
2811	Herstellung von Verbrennungsmotoren u. Turbinen (o. Motoren f. Luft- u. Straßenfahrz.)	H N S T	-
2812	Herstellung von hydraulischen und pneumatischen Komponenten und Systemen	N T	0
2813	Herstellung von Pumpen und Kompressoren a. n. g.	D H T	0
2814	Herstellung von Armaturen a. n. g.	M N T	0
2815	Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen	T	0
2821	Herstellung von Öfen und Brennern	M N T	0
2822	Herstellung von Hebezeugen und Fördermitteln	D T	0
2823	Herstellung von Büromaschinen (ohne Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte)	D N T	0
2824	Herstellung von handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	M T	0
2825	Herstellung von kälte- und lufttechnischen Erzeugnissen, nicht für den Haushalt	D T	0
2829	Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen a. n. g.	H N S T	+
2830	Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen	H M N T	+
2841	Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung	D H N T	0
2849	Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen	N S T	+
2891	Herstellung von Maschinen f. d. Metallerzeugung, v. Walzwerkseinricht. u. Gießmaschinen	H T	0
2892	Herstellung von Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen	H T	0
2893	Herstellung von Maschinen f. d. Nahrungs- u. Genussmittelerz. u. d. Tabakverarbeitung	H N T	0
2894	Herstellung von Maschinen f. d. Textil- und Bekleidungsherstell. u. d. Lederverarbeitung	N T	+
2895	Herstellung von Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung	D H N T	+
2896	Herstellung von Maschinen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Kautschuk	N T	-
2899	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige a. n. g.	D H N S T	0
2910	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	D H M N S T	0
2931	Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungsgegenstände für Kraftwagen	H N S T	+
2932	Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen	N T	0
3011	Schiffbau (ohne Boots- und Yachtbau)	D N T	0
3012	Boots- und Yachtbau	D H	+
3020	Schienenfahrzeugbau	H N S T	+
3030	Luft- und Raumfahrzeugbau	H M N S T	+
3040	Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen	H M N S T	0
3091	Herstellung von Krafrädern	H M N T	-
3092	Herstellung von Fahrrädern sowie von Behindertenfahrzeugen	M	-
3102	Herstellung von Küchenmöbeln	D	-
3103	Herstellung von Matratzen	M	+
3109	Herstellung von sonstigen Möbeln	D	-
3212	Herstellung von Schmuck, Gold- und Silberschmiedewaren (ohne Fantasieschmuck)	D	-
3230	Herstellung von Sportgeräten	D N T	0
3240	Herstellung von Spielwaren	D M	0

3250	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien	H M N T	0
3291	Herstellung von Besen und Bürsten	N	+
3299	Herstellung von sonstigen Erzeugnissen a. n. g.	M N	+
3312	Reparatur von Maschinen	H	-
3313	Reparatur von elektronischen und optischen Geräten	H	-
3314	Reparatur von elektrischen Ausrüstungen	H S	+
3316	Reparatur und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrzeugen	H S	+
3317	Reparatur und Instandhaltung von Fahrzeugen a. n. g.	H	-
3319	Reparatur von sonstigen Ausrüstungen	H	-
3320	Installation von Maschinen und Ausrüstungen a. n. g.	H T S	-
3511	Elektrizitätserzeugung	H	+
3512	Elektrizitätsübertragung	H N S	0
3513	Elektrizitätsverteilung	H	+
3514	Elektrizitätshandel	H N M S	+
3521	Gaserzeugung	H N	+
3522	Gasverteilung durch Rohrleitungen	H S	+
3523	Gashandel durch Rohrleitungen	M N S	-
3900	Beseitigung von Umweltverschmutzungen und sonstige Entsorgung	H	+
4110	Erschließung von Grundstücken; Bauträger	H N	0
4520	Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen	H	0
4531	Großhandel mit Kraftwagenteilen und -zubehör	H S	+
4618	Handelsvermittlung von sonstigen Waren	D M	+
4619	Handelsvermittlung von Waren ohne ausgeprägten Schwerpunkt	H	-
4638	Großhandel mit sonstigen Nahrungs- und Genussmitteln	H	0
4645	Großhandel mit kosmetischen Erzeugnissen und Körperpflegemitteln	H M	-
4646	Großhandel mit pharmazeutischen, medizinischen und orthopädischen Erzeugnissen	H	+
4649	Großhandel mit sonstigen Gebrauchs- und Verbrauchsgütern	M	0
4651	Großhandel mit Datenverarbeitungsgeräten, peripheren Geräten und Software	D H S	0
4652	Großhandel mit elektronischen Bauteilen und Telekommunikationsgeräten	S	+
4690	Großhandel ohne ausgeprägten Schwerpunkt	D H	+
4751	Einzelhandel mit Textilien	M	0
4752	Einzelhandel mit Metallwaren, Anstrichmitteln, Bau- und Heimwerkerbedarf	M	0
4759	Einzelhandel mit Möbeln, Einrichtungsgegenständen und sonstigem Hausrat	M	0
4771	Einzelhandel mit Bekleidung	M	0
4778	Sonstiger Einzelhandel in Verkaufsräumen (ohne Antiquitäten und Gebrauchtwagen)	M	+
4791	Versand- und Internet-Einzelhandel	M	0
4910	Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr	H	0
4920	Güterbeförderung im Eisenbahnverkehr	H	+
4950	Transport in Rohrfernleitungen	H	+
5010	Personenbeförderung in der See- und Küstenschifffahrt	H M	-
5030	Personenbeförderung in der Binnenschifffahrt	M	0
5110	Personenbeförderung in der Luftfahrt	H	-
5221	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Landverkehr	D S	+
5223	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für die Luftfahrt	H M N S	0
5811	Verlegen von Büchern	D M N S	0
5812	Verlegen von Adressbüchern und Verzeichnissen	N S	0
5813	Verlegen von Zeitungen	M S	0
5814	Verlegen von Zeitschriften	D H M N	0
5819	Sonstiges Verlagswesen (ohne Software)	D S	0
5821	Verlegen von Computerspielen	D H S T	0
5829	Verlegen von sonstiger Software	D H M N S T	0
5911	Herstellung von Filmen, Videofilmen und Fernsehprogrammen	D H	0
5912	Nachbearbeitung und sonstige Filmtechnik	D H N S	0
5913	Filmverleih und -vertrieb (ohne Videotheken)	M S	+
5920	Tonstudios; Herstellung v. Hörfunkbeiträgen; Verlegen v. bespielten Tonträg. u. Musikalien	D M N S	+
6010	Hörfunkveranstalter	H M	0
6020	Fernsehveranstalter	D H M N S	0

6110	Leitungsgebundene Telekommunikation	HMNS	0
6120	Drahtlose Telekommunikation	HMNS	0
6130	Satellitentelekommunikation	HMNS	0
6190	Sonstige Telekommunikation	DHNMS	0
6201	Programmierungstätigkeiten	DHNST	0
6202	Erbringung von Beratungsleistungen auf dem Gebiet der Informationstechnologie	DHNST	+
6203	Betrieb von Datenverarbeitungseinrichtungen für Dritte	HNS	0
6209	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen der Informationstechnologie	HS	0
6311	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten	HNST	0
6312	Webportale	DHMNST	0
6391	Korrespondenz- und Nachrichtenbüros	HS	0
6399	Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen a. n. g.	HMNS	+
6411	Zentralbanken	HS	0
6419	Kreditinstitute (ohne Spezialkreditinstitute)	HS	+
6420	Beteiligungsgesellschaften	DHS	0
6430	Treuhand- und sonstige Fonds und ähnliche Finanzinstitutionen	HMS	+
6491	Institutionen für Finanzierungsleasing	HMNS	+
6492	Spezialkreditinstitute	HS	0
6499	Erbringung von sonstigen Finanzdienstleistungen a. n. g.	HS	0
6511	Lebensversicherungen	HS	0
6512	Nichtlebensversicherungen	HS	+
6520	Rückversicherungen	HS	-
6530	Pensionskassen und Pensionsfonds	HS	0
6611	Effekten- und Warenbörsen	HMNST	0
6612	Effekten- und Warenhandel	MS	0
6619	Sonstige mit Finanzdienstleistungen verbundene Tätigkeiten	HMNS	-
6621	Risiko- und Schadensbewertung	HS	+
6622	Tätigkeit von Versicherungsmaklerinnen und -maklern	H	0
6629	Sonstige mit Versicherungsdienstleistungen u. Pensionskassen verbundene Tätigkeiten	HS	0
6630	Fondsmanagement	HS	0
6810	Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen	H	-
6831	Vermittlung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte	HS	0
6832	Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte	HS	0
6910	Rechtsberatung	H	0
6920	Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung	HS	0
7010	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben	HS	+
7021	Public-Relations-Beratung	DHS	0
7022	Unternehmensberatung	H	0
7111	Architekturbüros	DHS	0
7112	Ingenieurbüros	DHS	0
7120	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	H	0
7211	Forschung und Entwicklung im Bereich Biotechnologie	HMNST	0
7219	Sonstige Forschung und Entwicklung i.B. Natur-, Ingenieur-, Agrarwissensch., Medizin	DHNST	0
7220	Forschung u. Entwicklung i.B. Rechts-, Wirtschafts-, Sozial-, Sprach-, Kultur-, Kunstwiss.	HNST	0
7311	Werbeagenturen	DHS	0
7312	Vermarktung und Vermittlung von Werbezeiten und Werbeflächen	D.MS	0
7320	Markt- und Meinungsforschung	HST	0
7410	Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- u. ä. Design	DH	0
7420	Fotografie und Fotolabors	DMNS	-
7430	Übersetzen und Dolmetschen	DHM	0
7490	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten a. n. g.	HS	0
7500	Veterinärwesen	H	0
7721	Vermietung von Sport- und Freizeitgeräten	H	0
7810	Vermittlung von Arbeitskräften	HS	0
7830	Sonstige Überlassung von Arbeitskräften	H	0
7911	Reisebüros	MS	+
7912	Reiseveranstalter	M	0

7990	Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen	D H M	0
8220	Call Center	D H	0
8230	Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter	D H M	0
8291	Inkassobüros und Auskunfteien	H S	+
8292	Abfüllen und Verpacken	H	-
8299	Erbringung sonst. wirtschaftl. Dienstleistungen f. Unternehmen u. Privatpersonen a. n. g.	D H S	+

* D: Designausgaben; H: Ausgaben für unternehmensspezifische Humankapitalentwicklung (Weiterbildung), M: Marketingausgaben; N: sonstige laufende Innovationsausgaben (Nicht-FuE-Ausgaben); S: Software- und Datenbankausgaben; T: Ausgaben für technisches Wissen (FuE).

** +: Zunahme der Wissensintensität 2006/13-2014/20; 0: keine merkliche Veränderung der Wissensintensität; -: Abnahme der Wissensintensität 2006/13-2014/20

Quelle: ZEW, Mannheimer Innovationspanel.

Tabelle 14 zeigt alle 230 WZ-Klassen aus dem Bereich der WZ-Abschnitte B bis N, die bei zumindest einer der sechs betrachteten Kategorien von Wissenskapital im Zeitraum 2014-2020 durch eine überdurchschnittliche Ausgabenintensität charakterisiert sind. Für jede WZ-Klasse ist angegeben, bei welchen Kategorien eine überdurchschnittliche Wissensintensität vorliegt. Außerdem ist der Entwicklungstrend der Wissensintensität im Vergleich der Periode 2006-2013 mit der Periode 2014-2020 angeführt. Für die meisten WZ-Klassen (138) zeigt sich kein klarer Trend. In 54 WZ-Klassen hat die Wissensintensität zugenommen, in 38 abgenommen.

5.3 Wissensintensive Wirtschaftszweige auf Ebene der WZ-Abteilungen (2-Steller)

Die vorangegangenen Kapitel enthalten eine Zusammenstellung wissensintensiver Wirtschaftszweige auf Ebene von WZ-Gruppen (3-Stellern) auf Basis des Indikators Akademikerquote (Anteil der Beschäftigten mit zumindest einem Bachelor-Abschluss) sowie eine Zusammenstellung wissensintensiver Wirtschaftszweige auf Ebene von WZ-Klassen (4-Steller) auf Basis eines Multi-Indikator-Ansatzes, der verschiedene Dimensionen von Wissen.

Für verschiedene analytische Fragestellungen ist ergänzend eine Liste wissensintensiver Wirtschaftszweige auf Ebene der WZ-Abteilungen (2-Steller) von Nutzen, da insbesondere im internationalen Vergleich keine tiefer gegliederten Informationen nach Wirtschaftszweigen zur Verfügung stehen. Diese Liste wird in diesem Kapitel vorgelegt. Für die Erstellung dieser Liste wurde die Methoden aus Abschnitt 5.1 und 5.2 kombiniert, das heißt:

- a) Zum einen wurde Wissensintensität über die **Akademikerquote** operationalisiert.

- b) Zum anderen wurde Wissensintensität über die Höhe der **Ausgaben für unterschiedliche Typen von Wissenskapital** gemessen. Hierfür wurden, dem Konzept des immateriellen Wissenskapitals (intangible assets) folgend sechs Kategorien von Wissensausgaben betrachtet:
- 7) FuE-Ausgaben
 - 8) Laufende Innovationsausgaben zusätzlich zu FuE
 - 9) Ausgaben für Software und Datenbanken
 - 10) Ausgaben für unternehmensspezifische Weiterbildung
 - 11) Ausgaben für Marketing
 - 12) Ausgaben für Design

Dabei erfolgt eine Beschränkung auf die WZ-Abschnitte B bis H und J bis N, da für die anderen WZ-Abschnitte keine Angaben zur Höhe der Wissensausgaben in der verwendeten Datenquelle (Innovationserhebung) vorliegen.

Die Ergebnisse für Indikatoren zur Wissensintensität nach WZ-Abteilungen sind in Tabelle 15 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse für Indikatoren zur Wissensintensität nach WZ-Abteilungen

WZ*	AK	WK	relative Ausgabenintensität (1,0 = Durchschnitt für WZ B-H und J-N)						
			FuE	sIA	MK	WB	SD	DS	Ø
8			0,1	0,4	0,2	0,6	0,4	0,2	0,24
9			0,1	1,0	0,1	0,9	1,4	0,5	0,46
10			0,1	0,5	0,9	0,3	0,3	0,8	0,38
11			0,1	0,8	3,1	0,4	0,5	2,8	0,96
12			0,5	0,3	6,1	0,2	0,2	0,0	1,59
13			0,5	1,0	0,4	0,5	0,5	3,2	0,58
14	x	x	1,0	1,2	2,2	0,8	0,8	8,9	1,43
15		x	1,0	3,5	5,3	0,6	0,4	2,2	2,20
16			0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,39
17			0,2	0,5	0,8	0,4	0,6	0,5	0,45
18			0,3	0,4	0,4	0,4	0,9	0,4	0,45
19		x	1,1	1,0	2,4	1,0	1,0	1,5	1,35
20		x	2,8	1,9	1,5	1,2	0,5	0,3	1,96
21	x	x	7,6	4,7	4,4	1,7	0,8	0,7	5,17
22			0,6	0,8	0,5	0,6	0,5	1,4	0,62
23			0,6	0,9	0,7	0,7	0,5	0,2	0,65
24			0,4	0,9	0,2	0,6	0,3	0,1	0,42
25			0,3	0,5	0,3	0,6	0,5	0,4	0,38
26	x	x	5,3	2,7	1,0	0,9	2,3	2,1	3,36
27	x	x	2,7	1,6	0,8	0,9	1,6	1,4	1,87
28		x	2,5	1,7	0,7	1,0	0,9	2,0	1,69
29	x	x	3,1	2,1	1,0	0,8	0,8	0,8	2,01
30	x	x	3,4	2,1	1,0	1,5	1,0	6,4	2,38
31			0,3	0,5	0,8	0,4	0,5	3,2	0,51
32	x	x	1,6	1,4	1,2	1,1	0,6	1,3	1,32
33			1,1	0,8	0,6	1,3	1,5	0,8	0,99
35	x		0,2	0,6	0,6	1,4	1,1	0,1	0,50
36			0,1	0,1	0,2	0,7	0,7	0,0	0,22
37	x		0,1	0,3	0,2	1,2	0,9	0,1	0,32
38			0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	0,19
39			0,4	0,6	0,2	1,0	0,8	0,2	0,46
41			0,2	0,3	0,2	0,5	0,4	0,1	0,23
42			0,0	0,2	0,1	0,4	0,1	0,0	0,10
43			0,0	0,1	0,2	0,6	0,2	0,3	0,14
45			0,1	0,3	0,7	1,0	0,8	0,3	0,40
46			0,2	0,4	0,7	0,6	0,7	0,6	0,41
47			0,1	0,3	1,3	0,6	0,5	0,0	0,48
49			0,0	0,4	0,2	0,7	0,3	0,1	0,17
50	x		0,1	0,9	0,7	0,4	0,6	0,2	0,40
51	x		0,0	0,8	1,0	1,9	0,7	0,0	0,50
52			0,1	0,4	0,4	0,7	0,6	0,1	0,30
53			0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	0,0	0,24
58	x	x	1,0	2,1	2,2	0,9	2,8	2,7	1,68
59	x		0,3	1,2	1,0	0,8	1,0	1,5	0,68
60	x	x	0,4	3,1	2,3	1,1	1,4	3,2	1,39
61	x	x	0,7	3,1	3,4	1,0	3,0	6,1	2,06
62	x	x	3,5	2,3	1,0	2,2	7,4	1,8	3,28
63	x	x	1,5	1,7	0,9	1,3	2,2	4,1	1,53
64			0,3	0,7	1,0	1,6	2,9	0,2	0,93
65	x		0,4	0,7	0,8	1,3	1,8	1,4	0,78
66	x		0,2	1,0	1,0	1,9	1,2	0,5	0,67

Tabelle 15: Fortsetzung

WZ*	AK	WK	relative Ausgabenintensität (1,0 = Durchschnitt für WZ B-H und J-N)						
			FuE	sIA	MK	WB	SD	DS	Ø
68	x		0,1	0,4	0,7	0,8	0,6	0,5	0,37
69	x		0,1	0,8	0,4	6,1	1,7	0,2	0,73
70	x		0,8	0,8	0,7	2,1	1,2	1,9	0,91
71	x		0,6	0,7	0,5	2,1	1,2	6,5	0,85
72	x	x	13,7	5,3	0,8	2,3	1,7	15,5	7,75
73	x		0,2	0,3	0,6	0,8	1,2	17,9	0,90
74	x	x	0,7	0,9	1,0	1,4	1,5	4,4	1,02
77			0,1	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,19
78	x		0,0	0,1	0,4	0,7	0,6	0,1	0,25
79			0,2	0,4	1,7	0,7	1,1	1,5	0,71
80			0,1	0,1	0,5	0,8	0,5	0,1	0,26
81			0,0	0,2	0,3	0,6	0,4	0,1	0,20
82			0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	4,9	0,54

* Nur WZ-Abteilungen der Abschnitte B bis H und J bis N, keine Angaben für WZ-Abteilungen 5, 6, 7 und 75 wegen zu geringer Beobachtungszahlen zu Wissenskapitalausgaben.

AK: 'x' markiert eine überdurchschnittliche Akademikerquote

WK: 'x' markiert überdurchschnittliche Ausgaben für Wissenskapital (d.h. sowohl eine überdurchschnittliche Ausgabenintensität bei zumindest zwei Wissenskapitalarten und eine gewichtete Ausgabenintensität von >1,0)

FuE: Ausgaben für Forschung und Entwicklung

sIA: laufende Aufwendungen für sonstige Innovationsaktivitäten (ohne FuE)

MK: Ausgaben für Marketing

WB: Ausgaben für Weiterbildung

SD: Ausgaben für Software und Datenbanken

DS: Ausgaben für Design

Ø: gewichtete relative Ausgabenintensität, d.h. die Werte der relativen Ausgabenintensität für jede der sechs Wissenskapitalarten wurden mit dem Anteil der Wissenskapitalart an den gesamten Wissenskapitalausgaben gewichtet und addiert; die Gewichte wurden aus den hochgerechneten Ausgaben für die Jahre 2014-2020 ermittelt und sind für FuE 0,45, sIA 0,12, MK 0,22, WB 0,04, SD 0,15 und DS 0,02).

Quelle: Eurostat: Sonderauswertung des Public Use File des Labour Force Survey (LFS); ZEW: Mannheimer Innovationspanel. - Berechnungen des Fraunhofer-ISI und ZEW.

Die Kombination der Ergebnisse für die Wissensintensität auf Basis der Akademikerquote sowie der Ausgaben für Wissenskapital ergibt für die WZ-Abschnitte B bis H und J bis N die in Tabelle 16 dargestellte Liste wissensintensiver WZ-Abteilungen. Dabei wurden WZ-Abteilungen mit einem deutlich überdurchschnittlichen Wert bei einem Indikator und einem nur leicht unterdurchschnittlichen Wert bei dem anderen Indikator ebenfalls in die Liste aufgenommen. Die WZ-Abteilung 75, für die keine Angaben zu Ausgaben für Wissenskapital vorliegen, wurde auf Basis einer sehr hohen Akademikerquote in die Liste aufgenommen.

Für die WZ-Abteilungen in den WZ-Abschnitten A, I und O bis U wird die Wissensintensität auf Basis der Akademikerquote ermittelt, da für diese Wirtschaftszweige keine Angaben zu den Ausgaben für Wissenskapital vorliegen.

Tabelle 16: Wissensintensive WZ-Abteilungen: Liste 2021

WZ*	Bezeichnung	Anmerkung
14	Herstellung von Bekleidung	
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher AK aufgrund hoher WK
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	
28	Maschinenbau	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher AK aufgrund hoher WK
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	
30	Sonstiger Fahrzeugbau	
32	Herstellung von sonstigen Waren	
58	Verlagswesen	
59	Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
60	Rundfunkveranstalter	
61	Telekommunikation	
62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie	
63	Informationsdienstleistungen	
65	Versicherungen, Rückversicherungen und Pensionskassen (ohne Sozialversicherung)	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Tätigkeiten	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
69	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
70	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben; Unternehmensberatung	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
71	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
72	Forschung und Entwicklung	
73	Werbung und Marktforschung	Aufnahme trotz unterdurchschnittlicher WK aufgrund hoher AK
74	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten	
75	Veterinärwesen	nur auf Basis AK
84	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	nur auf Basis AK
85	Erziehung und Unterricht	nur auf Basis AK
86	Gesundheitswesen	nur auf Basis AK
88	Sozialwesen (ohne Heime)	nur auf Basis AK
90	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten	nur auf Basis AK
	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten	nur auf Basis AK
91	Gärten	
	Erbringung von Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung	nur auf Basis AK
93		
	Interessenvertretungen sowie kirchliche und sonstige religiöse Vereinigungen (ohne Sozialwesen und Sport)	nur auf Basis AK
94		
99	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	nur auf Basis AK

AK: Akademikerquote; WK: Intensität der Ausgaben für Wissenskapital

Quelle: Fraunhofer-ISI und ZEW.

6 Literatur

- Affendy, M. A.; Sim Yee, L.; Satoru, M. (2010): Commodity-Industry Classification Proxy A Correspondence Table between SITC Revision 2 and ISIC Revision 3. MPRA Paper No. 27626.
- Arora, A.; Gambardella, A. (2011): The Market for Technology. In: Hall, B. H.; Rosenberg, N. (Hrsg.): Handbook of the economics of innovation. Amsterdam: North Holland, S. 641–678.
- Bresnahan, T. F.; Trajtenberg, M. (1995): General purpose technologies ‘Engines of growth’? In: Journal of Econometrics, (65), S. 83–108.
- Callaert, J.; van Looy, B.; Verbeek, A.; Debackere, K.; Thijs, B. (2006): Traces of prior art: An analysis of non-patent references found in patent documents. In: Scientometrics, 69 (1), S. 3–20.
- Cantner, U.; Vannuccini, S. (2012): A New View of General Purpose Technologies. Jena.
- Frietsch, R., Rammer, C., Astor, M., Berger, M., Daimer, S., Hud, M., Klaus, C., Lerch, C., Limbers, J., Neuhäusler, P., 2019. Studie "Schrittweise Erhöhung der FuE-Quote auf bis zu 3,5% des BIP – Instrumente und Auswirkungen auf volkswirtschaftliche Kennzahlen. Fraunhofer ISI, Prognos, ZEW; beauftragt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, Karlsruhe.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets. In: Scientometrics, 82 (1), S. 185–200.
- Galindo-Rueda, F., Verger, F. (2016) OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2016/04, Paris: OECD Publishing.
- Gambardella, A.; Giarratana, M. S. (2013): General technological capabilities, product market fragmentation, and markets for technology. In: Research Policy, 42 (2), S. 315–325.
- Gehrke, B.; Rammer, C.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Leidmann, M. (2010): Listen wissens- und technologieintensiver Güter und Wirtschaftszweige. Studien zum deutschen Innovationssystem 19-2010. Berlin: EFI.

- Gehrke, B.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rammer, C.; Leidmann, M. (2013): Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter. Studien zum deutschen Innovationssystem 8-2013. Berlin: EFI.
- Grupp, H.; Legler, H. (1987), Spitzentechnik, Gebrauchstechnik, Innovationspotential und Preise. Trends, Positionen und Spezialisierung der westdeutschen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb, Köln.
- Grupp, H.; Legler, H. et al. (2000), Hochtechnologie 2000 - Neudefinition der Hochtechnologie für die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Karlsruhe/Hannover.
- Hatzichronoglou, T. (1997), Revision of the High-Technology Sector and Product Classification, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 1997/02, Paris: OECD Publishing.
- Jovanovic, B.; Rousseau, P. L. (2008): General Purpose Technologies. In: Aghion, P. (Hrsg.): Handbook of economic growth. Amsterdam: Elsevier, S. 1181–1224.
- Petralia, S. (2020): Mapping general purpose technologies with patent data. In: Research Policy, 49 (7), S. 104013.
- Rammer, C. (2020), Dokumentation zur Innovationserhebung 2019, ZEW-Dokumentation Nr. 20-01, Mannheim.
- Rammer, C.; Peters, B. (2016), Investitionsschwäche oder Strukturverschiebung der Investitionstätigkeit? Zur Rolle immaterieller Investitionen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Wirtschaftspolitische Blätter 1/2016, 67-86.
- Thoma, G. (2008): Striving for a large market: evidence from a general purpose technology in action. In: Industrial and Corporate Change, 18 (1), S. 107–138.
- Trunschke, M.; Rammer, C.; Roth, F. (2020), Measuring Organisation Capital at the Firm Level: A Production Function Approach, ZEW Discussion Paper No. 20-021, Mannheim.