Wissensbasiertes Kapital in Deutschland: Analyse zu Produktivitäts- und Wachstumseffekten und Erstellung eines Indikatorsystems

Studie im Auftrag Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Heike Belitz, Alexander Eickelpasch, Marie Le Mouel, Alexander Schiersch

Berlin, Juni 2017

Kontakt:
DIW Berlin
Dr. Alexander Schiersch
E-Mail: aschiersch@diw.de
Tel.: 030 89789-262

Inhalt

Executive Summary 1
1. Einleitung 5
2. Wissensbasiertes Kapital 6
3. Literaturüberblick 9
3.1 Forschung und Entwicklung 9
3.2 Organisationskapital 13
3.3 Wissenskapital (KBC) 16
4. Unternehmensdaten sowie Abgrenzung und Erfassung von KBC 21
4.1 Erfassung der Investitionen in KBC-Elemente in den Unternehmensdaten 22
4.1.1 Investitionen in Organisationskapital 22
4.1.2 Investitionen in FuE, Software, Lizenzen & Patente 23
4.2 Vorgehen zur Berechnung der Kapitalstöcke 24
4.3 Datensatzsbeschreibung 25
5. Modelle und Schätzmethode 28
5.1 Modelle 28
5.2 Empirische Methoden 30
5.2.1 Ökonometrische Herausforderungen von Produktionsfunktionsschätzungen 30
5.2.2 Struktureller Ansatz der Produktionsfunktionsschätzung 32
6. Bedeutung des Wissenskapitals in der deutschen Wirtschaft – deskriptive Befunde 34
6.1 Sektorale Investitionsvolumen 34
6.2 Investitionsquote und Anteil der investierenden Firmen 38
6.3 Unterschied zwischen KMU und Großunternehmen 42
7. Zusammenhang zwischen KBC und der Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität 46
7.1 Arbeitsproduktivität von investierenden und nicht-investierenden Unternehmen 46
7.2 Zusammenhang zwischen KBC und der Wertschöpfungsentwicklung 47
7.3 Zusammenhang zwischen KBC und der TFP-Entwicklung 52
7.4 Ergebnisse für KMU 56
7.4.1 Schätzergebnisse auf Basis von Modell I 56
7.4.2 Schätzergebnisse auf Basis von Modell II 57
7.5 Komplementarität oder Substituierbarkeit von KBC-Elementen 60
7.6 Alternative Spezifikationen - Robustheitsprüfungen 65
8. Sektorale Indikatoren für KBC-Elemente 69
8.1 Einleitung 69

8.2 Berechnungsmethoden 69
8.2.1 FuE-Investitionen in der VGR 69
8.2.2 Investitionen in Software und Datenbanken in der VGR 71
8.2.3 Künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen in der VGR 72
8.2.4 Organisationskapital 72
8.2.5 Marketing und Werbung 73
8.2.6 Design im Architektur- und Ingenieurbereich 74
8.2.7 Finanzinnovationen 74
8.2.8 Unternehmensspezifisches Training und Weiterbildung 74
8.3 Ein Indikatorensatz für Investitionen in wissensbasiertes Kapital für Deutschland ab 2009 76
9. Zusammenfassung 80
Literaturverzeichnis 85
Anhang 90
A. Daten 90
A.1 Firmendaten der amtlichen Statistik 90
A.1.1 AFiD-Panel Unternehmensregister 90
A.1.2 AFiD-Panel Dienstleistungen 91
A.1.3 AFiD-Panel Industrieunternehmen 93
A.2 Betriebs- und Beschäftigtendaten der Bundesagentur für Arbeit 97
A.3 Sektorale Daten 99
B. Methodische Anhang 100
B.1 Berechnung der Bruttorenditen von FuE 100
B.2 Verknüpfung von IAB- und AFiD-Daten 101
B.3 Alternative Spezifikationen für die Funktionen F() und G() 102
C. Wirtschaftszweige und Variablen 104
D. Abbildungen 107
E. Tabellen 112

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Anteil der geschätzten Investition in KBC-Elemente in der deutschen gewerblichen Wirtschaft ohne Wohnungsbau, 2010 7

Abbildung 2: Elastizitäten (Mediane) und Bruttorenditen (Mediane) von FuE in bisherigen Studien 11

Abbildung 3: Klassifikation bisheriger Studien zu KBC 16

Abbildung 4: Durchschnittliche Investitionen in Software, Lizenzen etc. und Organisationskapital nach zweistelligen Wirtschaftszweigen, 2009-2013, Millionen Euro 35

Abbildung 5: Durchschnittliche Investitionen in FuE je zweistelligem Wirtschaftszweig, 2009 bis 2013, Millionen Euro 37

Abbildung 6: Durchschnittliche Investitionsquoten nach Wirtschaftszweigen, 2009 bis 2013 39

Abbildung 7: durchschnittlicher Anteil investierender Unternehmen an allen Unternehmen nach Wirtschaftszweigen und KBC-Element, 2009 bis 2013 41

Abbildung 8: Prozentuale Abweichung der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität zwischen investierenden und nicht-investierenden Unternehmen, 2009-2013 46

Abbildung 9: Boxplot für signifikante Produktionselastizitäten von KBC-Elementen in Schätzungen für KMU und in Schätzungen mit dem gesamten Datensatzes, Modell I, 2003-2013 58

Abbildung 10: Boxplot für signifikante Produktionselastizitäten von KBC-Elementen in Schätzungen für KMU und in Schätzungen mit dem gesamten Datensatzes, Modell II, 2003-2013 59

Abbildung 11: Berechnungsschritte von den FuE-Aufwendung zum FuE-Produktionswert in der VGR 70

Abbildung 12: Investitionen in Wissenskapital nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Mrd. Euro) 78

Abbildung 13: Investitionen in Elemente des Wissenskapitals in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Prozent) 79

Abbildung A-1: Quellen des *Linked Employer-Employee* Datensatzes (LIAB) des IAB 98

Abbildung D-1: Bruttorenditen von FuE in den Übersichtsstudien von Ugur et al. (2016) und Hall et al. (2010) 107

Abbildung D-2: Isoquantenverläufe für diverse Substitutionselastizitäten 107

Abbildung D-3: Investitionen in Wissenskapital innerhalb und außerhalb der der VGR in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Prozent) 108

Abbildung E-4: Verteilung der Investitionen in ausgewählte Elemente des KBC nach Wirtschaftsabschnitten 2015 (in Prozent) 109

Abbildung E-5: Investitionen in KBC in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten 2009-2015 (in Prozent) 110

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und Datensatz 26

Tabelle 2: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und Wirtschaftszweig (WZ-1-Steller) 27

Tabelle 3: Durchschnittlicher Wertschöpfungsanteil und Abweichung zwischen Investitionsanteil und Wertschöpfungsanteil von KMU in Prozentpunkten, 2009-2013 44

Tabelle 4: Produktionselastizitäten für einstellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013 48

Tabelle 5: Produktionselastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013 50

Tabelle 6: Elastizitäten in Schätzungen einstelliger Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013 53

Tabelle 7: Elastizitäten in Schätzungen zweistelliger Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013 55

Tabelle 8: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen KBC-Elementen, Modell I 61

Tabelle 9: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen KBC-Elementen, Modell II 63

Tabelle 10: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen physischem Kapital und KBC-Elementen und Kapitel, Modell II 64

Tabelle 11: Deskription der signifikanten Elastizitäten aus Schätzungen der Basis- und der Testspezifikationen, Modell II, 2003-2013 67

Tabelle 12: Bruttoinvestitionen in Wissenskapital in Deutschland 2009 - 2015 77

Tabelle E-1: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und zweistelligem Wirtschaftszweig 112

Tabelle E-2: Investitionen in Ausrüstungen und Bauten; in 1.000 Euro, je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig 114

Tabelle E-3: Investitionen in Software; in 1.000 Euro, je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig 115

Tabelle E-4: Investitionen in Lizenzen & Patente usw.; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig 116

Tabelle E-5: Investitionen in Forschung und Entwicklung; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig 117

Tabelle E-6: Investitionen in Organisationskapital; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig 118

Tabelle E-7: durchschnittlicher Anteil der KMU am Investitionsvolumen je Wirtschaftszweig, 2009-2013 119

Tabelle E-8: durchschnittlicher Anteil investierender Unternehmen an allen Unternehmen nach einstelligen Wirtschaftszweigen, 2009 bis 2013 120

Tabelle E-9: durchschnittlichen Arbeitsproduktivität zwischen investierenden und nicht-investierenden Unternehmen, 2009-2013 120

Tabelle E-10: Produktionselastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013, ACF mit erster Stufe nach De Loecker und Warzynski (2012) 121

Tabelle E-11: Elastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013, ACF mit erster Stufe nach De Loecker und Warzynski (2012) 122

Tabelle E-12: Produktionselastizitäten von KMU für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013 123

Tabelle E-13: Elastizitäten von KMU für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013 124

Tabelle E-14: Deskription der Produktionselastizitäten aus Schätzungen auf Basis von KMU und aus Schätzungen auf Basis des gesamten Datensatzes, Modell I, 2003-2013 125

Tabelle E-15: Deskription Elastizitäten aus Schätzungen auf Basis von KMU und aus Schätzungen auf Basis des gesamten Datensatzes, Modell II, 2003-2013 125

Tabelle E-16: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation A für Modell II, 2003-2013 126

Tabelle E-17: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation B für Modell II, 2003-2013 127

Tabelle E-18: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation C für Modell II, 2003-2013 128

Tabelle E-19: Deskription für alle Elastizitäten aus Schätzungen der Basis- und der Testspezifikationen, Modell II, 2003-2013 129

Tabelle E-20: Laufende Ausgaben für Innovationen im Wirtschaftsabschnitt Finanzdienstleistungen (K) in Deutschland 2009 - 2015.....129

Tabelle E-21: Anteil der in der VGR erfassten Investitionen in Wissenskapital in Deutschland 2009 – 2015 130

Tabelle E-22: Vergleich der Schätzungen für Investitionen in Wissenskapital in Deutschland des DIW Berlin und von INTAN-Invest 131

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Elemente des wissensbasierten Kapitals nach OECD 8

Übersicht 2: Literaturüberblick zu KBC-Studien.....18

Übersicht 3: Systematik der Berufsklassifikation am Beispiel der Software- und Programmierberufe.....23

Übersicht 4: Indikatorensatz der jährlichen Investitionen in die Elemente von KBC in den Wirtschaftsabschnitten Deutschlands 75

Übersicht A-1: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Dienstleistungen, 2003 bis 2013.....92

Übersicht A-2: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die an der Investitionserhebung teilgenommen haben, 2003 bis 2014.....94

Übersicht A-3: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die für den Jahresbericht gemeldet haben, 2003 bis 2014 95

Übersicht A-4: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die an der Kostenstrukturerhebung teilgenommen haben, 2003 bis 2014.....96

Übersicht C-1: Liste der Wirtschaftszweige.....104

Übersicht C-2: Variablen im finalen Datensatz.....106

Executive Summary

Unternehmen in den entwickelten Volkswirtschaften stehen unter großem Wettbewerbs- und Innovationsdruck. Makroökonomische Untersuchungen zeigen, dass Investitionen in sogenanntes wissensbasiertes Kapital (Knowledge Based Capital - KBC) eine wichtige Voraussetzung sind, um diesem Druck standzuhalten. Welche Bedeutung das wissensbasierte Kapital inzwischen gewonnen hat, zeigt sich daran, dass die private deutsche Wirtschaft schätzungsweise ein Zehntel der Wertschöpfung in KBC investiert und damit fast so viel wie in Maschinen, Anlagen und Gebäude.

In der vorliegenden Studie werden Produktivitäts- und Wachstumseffekte von wissensbasiertem Kapital auf Basis von Unternehmensdaten für Deutschland analysiert. Dazu werden die Unternehmens- und Betriebsdaten der amtlichen Statistik und der Bundesagentur für Arbeit genutzt. Auf Grund der Datenlage ist die mikroökonometrische Analyse auf die KBC-Elemente Forschung und Entwicklung (FuE), Software, Lizenzen & Patente sowie Organisationskapital beschränkt. Diese machen rund 60 Prozent aller relevanten Investitionen in KBC aus. Nicht berücksichtigt werden können Finanzinnovationen, neue architektonische und technische Designs, Werbung sowie die unternehmensspezifische Aus- und Weiterbildung, die ebenfalls zum KBC zählen.

Die Studie unterscheidet sich von bisherigen Untersuchungen erstens dadurch, dass die deskriptiven Auswertungen und die ökonometrischen Analysen separat für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig durchgeführt werden. Derartig detaillierte sektorale Betrachtungen liegen für ein westliches Industrieland und im speziellen für Deutschland bisher nicht vor. Zweitens werden sowohl das Organisationskapital als auch Software explizit in den Schätzungen auf Unternehmensebene berücksichtigt. Schließlich wird ein struktureller Ansatz zur Schätzung von Produktionsfunktionen verwendet, der die Schwächen bisheriger Ansätze überwindet und die Analyse der Wirkung der KBC-Elemente auf die Totale Faktorproduktivität (TFP) ermöglicht.

Die deskriptive Auswertung zeigt, dass sich die Investitionen in KBC im Wesentlichen in sieben Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes und in sechs Dienstleistungssektoren konzentrieren. Dies gilt nicht nur für Forschung und Entwicklung (FuE), wo dieses Phänomen bekannt ist, sondern auch für Software und für Lizenzen & Patente. Die Investitionen in Organisationskapital sind dagegen breiter auf alle Wirtschaftszweige verteilt. Die Verteilung der einzelnen KBC-Elemente auf die 13 wichtigsten investierenden Wirtschaftszweige unterscheidet sich stark. So dominiert beispielsweise bei den FuE-Investitionen die *Kraftfahrzeugherstellung* mit einem Anteil von 30 Prozent an den FuE-Investitionen aller im Datensatz vertretenen Wirtschaftszweige. Hohe Softwareinvestitionen werden vor allem in einigen Dienstleistungssektoren beobachtet, wie etwa in den Wirtschaftszweigen *Telekommunikation* (rund 23 Prozent) sowie *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (17 Prozent). Folglich sind die Investitionen in einzelne KBC-Elemente häufig nur auf eine Handvoll der 13 Wirtschaftszweige konzentriert.

Die deskriptive Auswertung macht ferner deutlich, dass dieser Befund nicht nur ein Ausdruck des besonderen Gewichts bzw. der Größe der betreffenden Wirtschaftszweige ist. Vielmehr sind auch die Investitionsquoten der genannten KBC-Elemente in diesen Wirtschaftszweigen überdurchschnittlich hoch. Dabei werden die Investitionen jedoch nicht von allen Unternehmen in den betreffenden Wirtschaftszweigen getätigt, sondern häufig von weniger als der Hälfte. Somit geht das Gros der in der deutschen Volkswirtschaft vorgenommenen KBC-Investitionen auf eine Teilgruppe von Unternehmen in nur wenigen Wirtschaftszweigen zurück.

In den Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes, in denen die meisten KBC-Investitionen getätigt werden, dominieren größere Unternehmen, gemessen an ihrem Anteil an der sektoralen Bruttowertschöpfung. In den meisten Dienstleistungszweigen dominieren dagegen kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) mit weniger als 250 Mitarbeitern. Dies ist jedoch in den Dienstleistungszweigen mit sehr

umfangreichen KBC-Investitionen nicht der Fall. Auch hier sind die größeren Unternehmen tonangebend. KBC-Investitionen konzentrieren sich also auf wenige Wirtschaftszweige und dort vor allem auf größere Unternehmen.

Für die Analyse der Wirkung der KBC-Elemente auf die Entwicklung der Wertschöpfung wird – wie in der Literatur üblich – eine erweiterte Cobb-Douglas Produktionsfunktion geschätzt. Die KBC-Elemente werden dabei als direkte Inputs im Produktionsprozess betrachtet. Die Schätzungen werden mit Hilfe eines strukturellen Ansatzes vorgenommen, welcher kausale Aussagen ermöglicht.

Hohe positive Effekte von FuE auf die Wertschöpfung ergeben sich vor allem in jenen Industrie- und Dienstleistungszweigen, in denen hohe FuE-Investitionen beobachtet werden. Die Höhe der geschätzten Koeffizienten liegt hierbei im Rahmen der bisherigen Befunde in der Literatur. Es gibt aber auch eine erhebliche Zahl von Wirtschaftszweigen, in denen der FuE-Kapitalstock keine statistisch messbare Wirkung auf die Outputentwicklung hat. Häufig sind dies auch die Sektoren in denen nur geringe Investitionen in FuE beobachtet werden. Offenbar ist FuE in diesen Branchen kein wettbewerbsbestimmendes Merkmal.

In vielen Dienstleistungssektoren führt die Ausweitung der Kapitalstöcke für Software sowie Lizenzen & Patente zu einer höheren Wertschöpfung. Software ist dabei von größerer Bedeutung. Dies deckt sich mit dem Befund, dass Investitionen in Software ein deutlich größeres Volumen aufweisen als Investitionen in Lizenzen & Patente. Organisationskapital trägt in der überwiegenden Zahl der Wirtschaftszweige zu einer höheren Bruttowertschöpfung bei. Dies gilt gleichermaßen für Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe wie in den Dienstleistungssektoren. Die Höhe der Produktionselastizitäten der einzelnen KBC-Elemente liegt im Rahmen der bisherigen Befunde in der Literatur.

Weitere Schätzungen zum Zusammenhang zwischen den KBC-Elementen und der Totalen Faktorproduktivität (TFP) zeigen, dass die KBC-Elemente in vielen Wirtschaftszweigen eher eine produktivitätssteigernde Wirkung entfalten, als direkt den Output zu erhöhen. Dies gilt sowohl für FuE als auch für Software. So finden sich in 42 von 50 Wirtschaftszweigen positive Elastizitäten für den FuE-Kapitalstock und in 44 der 50 Wirtschaftszweige für den Software-Kapitalstock. Im Vergleich mit FuE ist der Zusammenhang für Software in vielen Wirtschaftszweigen ähnlich stark. Dabei sind die Investitionsquoten für Software in vielen Wirtschaftszweigen vergleichsweise gering. Dies kann zum einen daran liegen, dass viele Softwareanwendungen deutlich geringere Investitionsvolumina erfordern als etwa FuE-Aktivitäten. Zum anderen wurde die selbsterstellte Software bis vor kurzem nicht durch die Statistischen Ämter erfasst. Der positive Wirkzusammenhang zwischen Software und TFP bei relativ geringen Investitionssummen sowie geringen Investitionsquoten erlaubt den Schluss, dass gerade zusätzliche Investitionen in diesem Bereich Effizienzgewinne versprechen.

Auch für Lizenzen & Patente sowie für Organisationskapital wird in 34 bzw. 42 Wirtschaftszweigen ein signifikant positiver Einfluss auf die TFP nachgewiesen. Die gemessenen Elastizitäten liegen im Rahmen der bisherigen Ergebnisse in der Literatur. Allerdings sind die Elastizitäten von Lizenzen & Patente in der Regel geringer als die der übrigen KBC-Elemente. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in den hier verwendeten Daten der amtlichen Statistik nur Aufwendungen für erworbene und bilanzierte Rechte erfasst werden, nicht jedoch für selbst entwickelte Patente etc., da für sie kein Marktpreis vorliegt.

Separate Schätzungen für KMU führen zu ähnlichen Ergebnissen. Vor dem Hintergrund der geringeren Investitionsquoten von KMU bedeutet dies jedoch, dass gerade bei KMU nicht nur Raum für höhere Investitionen in KBC gegeben ist, sondern auch, dass diese Investitionen zusätzliche Produktivitätsgewinne versprechen und damit helfen können, die Wettbewerbsfähigkeit der KMU sicherzustellen.

Untersuchungen zur Komplementarität oder Substituierbarkeit von KBC-Elementen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Für Software und Organisationskapital wird in der Regel die Substituierbarkeit festgestellt. Zusätzliche Investitionen in Software benötigen somit keine zusätzlichen Investitionen in Organisationskapital, um ihre volle Wirkung zu entfalten. Aus der Substitutionsbeziehung folgt auch, dass Softwarelösungen dazu genutzt werden können, bestehende Organisationsstrukturen zu vereinfachen. Für die übrigen Kombinationen von KBC-Elementen gibt es keine eindeutigen Ergebnisse. Allerdings überwiegen komplementäre Beziehungen. Dies gilt insbesondere für das Verarbeitende Gewerbe und das Zusammenspiel der KBC-Elemente in ihre Wirkung auf die TFP. Daraus folgt, dass die Steigerung der Produktivität nicht nur die Ausweitung der Investitionen in ein einzelnes KBC-Element erfordert, sondern zugleich komplementäre Investitionen in die übrigen KBC-Elemente. Eine Steigerung der Investitionen in FuE wird somit nicht ausreichen, sondern muss von Investitionen in Software flankiert werden, et vice versa. Die Untersuchungen zur Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen einzelnen KBC-Elementen und physischem Kapital zeigen überwiegend, dass zwischen einzelnen KBC-Elementen und physischem Kapital komplementäre Beziehungen bestehen. Somit sollten Investitionen in physisches Kapital durch flankierende Investitionen in wissensbasiertes Kapital begleitet werden, damit sie ihre volle Wirkung entfalten.

In der Studie wird zudem ein Indikatorensatz für das Monitoring der Investitionen in KBC auf einstelliger Wirtschaftszweigebene in der deutschen Privatwirtschaft entwickelt. Dabei werden zur Schätzung der Elemente des wissensbasierten Kapitals für den Zeitraum 2009 bis 2015 international übliche Messansätze und weitgehend öffentlich verfügbare Daten genutzt. Auf die Investitionen in geistiges Eigentum (Forschung und Entwicklung, Software, künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen), die bereits in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung enthalten sind, entfällt etwas mehr als die Hälfte aller so ermittelten Investitionen in KBC. Die Investitionsquote, gemessen als Verhältnis zwischen den gesamten Bruttoinvestitionen in KBC und der Bruttowertschöpfung, ist in den letzten Jahren in der Privatwirtschaft gleich geblieben. Die höchsten Investitionsquoten für KBC verzeichnen die Sektoren, auf die sich auch die gesamten Investitionen in KBC konzentrieren: *Verarbeitendes Gewerbe, Information und Kommunikation, Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* und *Finanzdienstleistungen*. Durch die Berücksichtigung von KBC-Elementen außerhalb des geistigen Eigentums wie Organisationskapital, Werbung und Marketing, technisches Design und Finanzinnovationen werden allerdings einige Sektoren erst als wissensintensiv sichtbar, so etwa *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* sowie *Wasserversorgung und Entsorgung.*

Insgesamt zeigt die Studie, dass Investitionen in verschiedene Bestandteile von KBC positive Beiträge zum Wachstum sowohl der Bruttowertschöpfung als auch der Produktivität leisten. Positive Wirkungen von Investitionen in KBC, die für FuE bereits aus der Literatur bekannt sind, wurden auch für Organisationskapital, Software und Lizenzen & Patente in einem breiten Spektrum von Wirtschaftszweigen nachgewiesen. Sie wirken jedoch in den Wirtschaftszweigen in unterschiedlichen Konzentrationen und Kombinationen. Die Elastizitäten erreichen dabei ähnliche Größenordnungen wie bei FuE. Aus den positiven Effekten der KBC-Elemente für die Erhöhung der Produktivität bei überwiegend komplementären Beziehungen zwischen den Elementen folgt, dass sich die Bemühungen zur Erhöhung der Investitionen nicht auf einzelne Elemente beschränken sollten.

Die Studie macht ferner deutlich, dass es notwendig ist, neben Investitionen in FuE auch andere Elemente von KBC stärker in Wachstums- und Produktivitätsanalysen einzubeziehen. Während aber Aufwendungen für FuE in der Statistik seit mehreren Jahrzehnten mit einer international abgestimmten Methodik (Frascati-Handbuch) in den Unternehmen erfasst werden, hat die Erhebung der Ausgaben für selbsterstellte und erworbene Software in Deutschland erst in den letzten Jahren begonnen. Investitionen der Unternehmen in Organisationskapital können bisher nur relativ grob anhand der Lohnkosten für Führungskräfte geschätzt werden. Für weitere Elemente von KBC wie Werbung und Marketing sowie technisches Design gibt es bisher kaum Unternehmensdaten. Da Investitionen in

KBC positiv auf das Wachstum und die Produktivität wirken, sollte die Wirtschaftspolitik die Unternehmen dabei unterstützen, dass sie in die für sie relevanten Elemente von KBC investieren und ihre Investitionen ausbauen. Dies setzt auch voraus, dass das Bewusstsein für die Bedeutung von KBC für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen gestärkt wird.

1. Einleitung

Unternehmen in den Industrieländern stehen unter wachsendem Wettbewerbs- und Innovationsdruck. Makroökonomische Untersuchungen haben gezeigt, dass Investitionen in wissensbasiertes Kapital, oder auch Knowledge Based Capital (KBC), eine wichtige Voraussetzung sind, um erfolgreich zu innovieren, die Produktivität zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen und somit langfristig Arbeitsplätze zu erhalten bzw. Beschäftigung auszubauen (OECD 2013a, OECD 2013b, OECD 2015a). Welche Bedeutung das wissensbasierte Kapital zwischenzeitlich gewonnen hat, zeigt sich unter anderem daran, dass die private deutsche Wirtschaft im Jahr 2013 schätzungsweise 10,5 Prozent der Wertschöpfung in KBC investierte und damit kaum weniger als in physisches Kapitel, wie Maschinen und Gebäude (BMWi 2016).

Die vorliegende Evidenz für die Bedeutung von KBC für Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften und Industrien basiert in der Regel auf makroökonomischen Daten. Dies ist unter anderem der Tatsache geschuldet, dass Indikatoren für einzelne KBC-Elemente auf der Ebene von Volkswirtschaften vorliegen, in Unternehmensdatensätzen jedoch häufig nicht. Aufgrund der vergleichsweise schwachen Datenverfügbarkeit auf Unternehmensebene gibt es bis dato nur begrenzte Erkenntnisse zur Wirkung von KBC auf die Unternehmensentwicklung.

Das erste Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen möglichst umfangreichen Unternehmensdatensatz zu erstellen, der eine mikrodatenbasierte Analyse von KBC und seinen Elementen in der deutschen gewerblichen Wirtschaft ermöglicht. Ausgangspunkt für diesen Datensatz sind die Firmendatenerhebungen des Statistischen Bundesamtes und der Statistischen Landesämter sowie die Betriebs- und Personendaten der Bundesagentur für Arbeit. Der im Rahmen der Untersuchung erstellte Datensatz umfasst mehr als eine Million Beobachtungen für den Zeitraum 2003 bis 2014 und ist damit um ein vielfaches größer als die Unternehmensdatensätze, die bisher in der Literatur für die Analysen von KBC verwendet wurden.

Das zweite Ziel der Studie ist es, mit diesen Daten Analysen zur Bedeutung und Wirkung von KBC in deutschen Unternehmen durchzuführen. Zum einen geht die Studie der Frage nach, wo hinsichtlich der verschiedenen KBC-Elemente der investive Schwerpunkt deutscher Unternehmen liegt. Neben der deskriptiven Darstellung der Investitionsvolumina nach detaillierter Wirtschaftszweiggliederung lässt sich ebenfalls untersuchen, ob die Investitionsvolumina breit über die Unternehmen gestreut sind oder ob sie ausschließlich auf eine begrenzte Zahl von Unternehmen konzentriert sind. Ferner wird geprüft, wie sich die Investitionsvolumina zwischen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Großunternehmen verteilen.

Ein weiteres Ziel der Studie ist die Analyse der Wirkung der Investitionen in KBC-Elemente auf die Wertschöpfungs- und Produktivitätsentwicklung der Unternehmen. Hierfür wird auf moderne ökonometrische Verfahren aus der Produktivitätsforschung zurückgegriffen, welche in den bisherigen Studien zu KBC noch nicht genutzt wurden. Die deskriptiven und die ökonometrischen Analysen werden separat für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig durchgeführt. Somit wird nicht, wie bisher üblich, ex ante unterstellt, dass die einzelnen KBC-Elemente die gleiche Wirkung auf Unternehmen verschiedener Wirtschaftszweige haben, seien es Möbelhersteller, Chemieunternehmen oder die Hersteller optischer Präzisionsinstrumente. Damit geht die Studie über die bisherige Literatur hinaus. Zusätzlich werden separate Schätzungen für KMU durchgeführt, um auch potentielle Unterschiede hinsichtlich der Wirkung der KBC-Elemente nach der Unternehmensgröße zu identifizieren. Schließlich wird im Rahmen der ökonometrischen Untersuchungen auch geprüft, ob und welche KBC-Elemente zueinander eher in einer komplementären oder substitutiven Beziehung stehen.

Die Studie widmet sich auch der Frage, welche makroökonomischen Indikatoren verfügbar sind, um die Entwicklung der Elemente von KBC in Deutschland im Zeitablauf und auf sektoraler Ebene nach-

zuzeichnen und Entwicklungstrends am aktuellen Rand zu erkennen. Dazu wird ein Indikatorensatz für Investitionen in KBC-Elemente entwickelt, der aus frei verfügbaren Daten und Indikatoren besteht, um ihn zeitnah und mit minimalem finanziellem und personellem Aufwand jährlich aktualisieren zu können.

Der Endbericht ist wie folgt gegliedert. Im zweiten Abschnitt werden das wissensbasierte Kapital und seine Elemente beschrieben. Der Abschnitt 3 gibt einen Überblick über den Stand der Literatur. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Studien, die explizit auf mehrere KBC-Elemente abstellen oder eine Reihe von KBC-Elementen in einer aggregierten Variablen enthalten. Daneben werden auch knapp die bisherigen Erkenntnisse zur Wirkung von den zwei besonders bedeutenden KBC-Elementen Forschung und Entwicklung sowie Organisationskapital auf die Unternehmensentwicklung dargestellt. Im vierten Abschnitt wird der hier verwendete Unternehmensdatensatz beschrieben. Ferner wird dargelegt, wie die einzelnen KBC-Elemente erfasst bzw. approximiert werden. Die im Rahmen der ökonometrischen Analysen verwendeten Modelle sind Gegenstand des fünften Abschnitts. Im Abschnitt 6 erfolgt die deskriptive Darstellung der Investitionen in die diversen KBC-Elemente. In Abschnitt 7 werden die Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchungen vorgestellt. Der Abschnitt 7.6 enthält die Indikatorik für einstellige Wirtschafszweige, in der sowohl die verwendeten Methoden für die Schätzung von Investitionen in KBC-Elemente beschrieben als auch Daten und Indikatoren für den Zeitraum 2009 bis 2015 dargestellt werden. Der letzte Abschnitt nimmt eine Zusammenfassung und Bewertung vor.

2. Wissensbasiertes Kapital

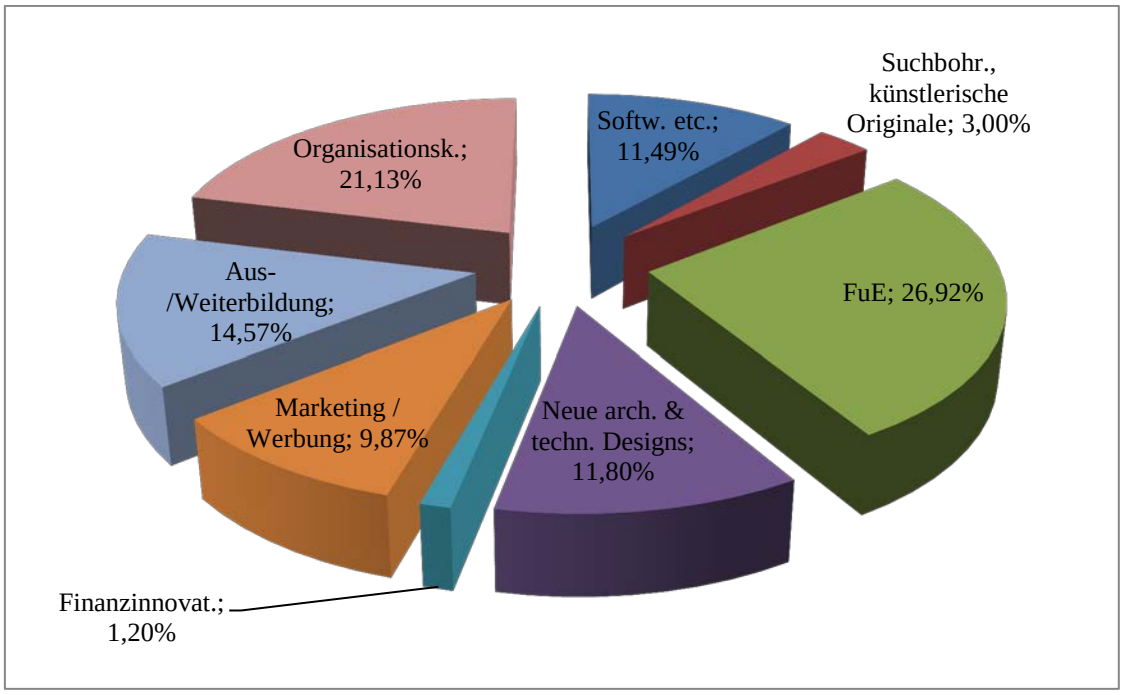
Der Begriff wissensbasiertes Kapitel ist nicht eineindeutig definiert und umfasst in der Literatur, in Abhängigkeit von den jeweiligen Datensätzen und der jeweiligen Fragestellung, unterschiedliche Komponenten. Dabei werden die Begriffe wissensbasiertes Kapitel, Knowledge Based Capital (KBC), Wissenskapital, immaterielle Vermögenswerte bzw. Intangible Capital häufig synonym verwendet. In der vorliegenden Studie wird die Definition genutzt, die auch von der OECD (2013a) verwendet wird.

Wissensbasiertes Kapital dient demnach als Oberbegriff für eine Reihe immaterieller Vermögensgegenstände. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es zwar zukünftigen Nutzen für Unternehmen schafft, aber im Gegensatz zu Maschinen, Geräten, Fahrzeugen oder Bauten nicht physisch ist. Die von der OECD genutzte Klassifikation beruht auf Corrado et al. (2009), welche das immaterielle Vermögen in drei Kategorien einordnen: *innovationsrelevantes Vermögen (innovative property), ökonomische Kompetenz (economic competencies)* und *computergestützte Informationen (computerised information)*. In der Übersicht 1 sind die in den jeweiligen Kategorien enthalten Vermögen dargestellt.

Nicht alle KBC-Elemente sind hinsichtlich des damit verbundenen Investitionsvolumens gleich bedeutend. Abbildung 1 basiert auf den aktuellen Schätzungen des INTAN-Invest Projektes[1] zu den Investitionen in KBC für Deutschland. Einige Elemente sind darin zusammengefasst, etwa Suchbohrungen und künstlerische Originale. Wie die Abbildung zeigt, machen Investitionen in FuE und in Organisationskapital fast 50 Prozent aller Investitionen in KBC aus. Aber auch die bisher in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) nicht enthaltenen Investitionen in Werbung und Marketing sowie in Aus- und Weiterbildung stehen für ein Viertel der Investitionen in KBC. Investitionen in Software und Datenbanken machen 11 Prozent aller Investitionen in wissensbasiertem Kapital aus. Suchbohrungen, Finanzinnovationen oder künstlerische Originale sind dagegen nicht von Bedeutung.

[1] http://intan-invest.net/

Abbildung 1: Anteil der geschätzten Investition in KBC-Elemente in der deutschen gewerblichen Wirtschaft ohne Wohnungsbau, 2010



Quelle: INTAN-Invest (2017)

Wie der Terminus „immateriell“ deutlich macht, gibt es für viele KBC-Elemente keine ausreichenden Informationen über den Wert der einzelnen Investitionen. Bis zu einem gewissen Grad ausgenommen hiervon sind die KBC-Elemente, die nach den internationalen Regeln des Systems on National Accounts (SNA 2008[2]), also nach den Regeln der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erfasst bzw. approximiert werden. Hierzu zählen etwa Investitionen in Software und Datenbanken oder etwa FuE-Investitionen. Für das Vorgehen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) in der Abschätzung dieser Investitionen sei hier auf Abschnitt 8.2 verwiesen.

Für die übrigen Elemente schlägt die OECD eine Approximation mit Hilfe von zum Teil recht groben Annahmen vor (Übersicht 1). Hierfür wird in der Regel auf Umsätze bestimmter Branchen und Input-Output-Tabellen zurückgegriffen. So wird beispielsweise angenommen, dass 50 Prozent der Ausgaben für Architektur- und Beratungsdienstleistungen als Investitionen in das KBC-Element *Neue architektonische und technische Designs* anzusetzen sind. Ein Teil der KBC-Elemente kann derzeit somit nur auf sektoraler Ebene abgeschätzt werden.

Aus diesem Grund, aber auch, weil im Rahmen der verwendeten Unternehmensbefragungen nicht die Investitionen in jedes KBC-Element erhoben werden, können in der vorliegenden Untersuchung nur die mit einem „x“ gekennzeichneten KBC-Elemente berücksichtigt werden. Wie der Abgleich mit Abbildung 1 zeigt, sind damit etwas mehr als 60 Prozent aller relevanten Investitionen in KBC erfasst.

[2] SNA steht als Akronym für System of National Accounts, das den Aufbau der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung nach international einheitlichen Regeln beschreibt und u.a. definiert, welche Ausgaben als Investitionen gelten. SNA 2008 ist die derzeit gültige Vorschrift.

Übersicht 1: Elemente des wissensbasierten Kapitals nach OECD

Vermögensart	Generelle Anmerkungen	Abschreibungsraten in Prozent	
computergestützte Informationen			
Software	Beinhaltet selbsterstellte und gekaufte Software	33	x
Datenbanken	Nach SNA 2008 in den Schätzungen für Software enthalten	33	x
innovationsrelevante Vermögenswerte			
Forschung und Entwicklung (FuE) in der Privatwirtschaft	In der Regel über Unternehmensbefragungen erhoben; Nach SNA 2008 als Investition zu berücksichtigen	20	x
Suchbohrungen	Gilt als Teil der FuE im Unternehmensbefragungen; Nach SNA 2008 als Investition zu berücksichtigen	20	x
Markenrechte, Urheberrechte, Lizenzen und künstlerische Originale	In der Regel über Befragungen erhoben; Nach SNA 2008 separat als Investition zu berücksichtigen	20	x
Neue Produkte in der Finanzwirtschaft	Hierfür werden 20 Prozent der Ausgabe für Vorleistungen (intermediate purchases) in der Finanzindustrie angesetzt; Ermittlung auf sektoraler Ebene über Input-Output-Tabellen	20	
Neue architektonische und technische Designs	Hierfür werden 50 Prozent der Ausgaben für Architektur- und Beratungsdienstleistungen angesetzt; Ermittlung auf sektoraler Ebene über Input-Output-Tabellen	20	
FuE in Sozialwissenschaften und Geisteswissenschaften	Der direkt in der Privatwirtschaft genutzte Teil wird in Erhebungen zu den FuE-Ausgaben der Unternehmen miterfasst	20	x
ökonomische Kompetenz			
Marketing / Werbung	Gekaufte Werbedienstleistungen werden verdoppelt, um sowohl die Herstellungskosten als auch selbsterstelltes Marketing zu berücksichtigen.	60	
Unternehmensspezifische Aus- und Weiterbildung / Humankapital	Direkte Kosten sowie Lohnkosten für die Zeit in der die Mitarbeiter in Aus- Weiterbildung sind	40	
Organisationskapital	Selbsterstellt: 20 Prozent der Lohnkosten von Führungskräften; Erworben: 80 Prozent der Ausgaben für Management- und Consultingdienstleistungen	40	x

Quelle: OECD (2013a, S. 183).

3. Literaturüberblick

Im Zentrum der Literaturdiskussion steht die Frage, welche Erkenntnisse es bereits zum Zusammenhang zwischen KBC und der Produktivität bzw. dem Wachstum von Unternehmen und Volkswirtschaften gibt. Hierbei ist eine gewisse Schwerpunktsetzung notwendig, da eine Darstellung der Literatur zu jedem einzelnen KBC-Element den Rahmen dieser Studie sprengen würde.

Dies zeigt sich eindrücklich am Beispiel von Forschung und Entwicklung (FuE). Beginnend mit der bahnbrechenden Studie von Griliches (1979) hat sich eine bis heute anhaltende und in der Zwischenzeit weitverzweigte Diskussion zur Wirkung von FuE entwickelt, in deren Folge eine fast unüberschaubare Zahl an Studien entstanden ist. Aufgrund der besonderen Stellung von FuE unter den KBC-Elementen und auch aufgrund der politischen Relevanz – so ist die Förderung von FuE eine wichtige Politikmaßnahme – werden die vorliegenden Erkenntnisse in Abschnitt 3.1 knapp zusammengefasst. Dabei wird nur der Teil der Literatur berücksichtigt, der die Wachstumswirkung bzw. die Produktionselastizität von FuE untersucht.

In Abschnitt 3.2 wird die Literatur zum Zusammenhang zwischen dem Organisationskapital und der Unternehmensentwicklung dargestellt. Abschnitt 3.3 widmet sich Untersuchungen, die (i) auf den Zusammenhang zwischen KBC und der Produktivität bzw. dem Wachstum von Unternehmen und Volkswirtschaften abstellen und (ii) bei denen mehrere KBC-Elemente separat oder aber das Aggregat mehrerer KBC-Elemente in den Analysen berücksichtigt werden. Unberücksichtigt bleiben Studien die nur auf ein KBC-Element abstellen.

3.1 Forschung und Entwicklung

Der Schwerpunkt des Literaturüberblicks zur Wirkung von FuE liegt auf aktuellen Analysen auf der Mikro- (Unternehmen) und der Mesoebene (Wirtschaftszweige). Daneben gibt es zahlreiche Studien auf Ebene von Volkswirtschaften (Makroebene), die aber hier nur am Rande berücksichtigt werden. Allerdings unterscheiden sich die durchschnittlichen Elastizitäten von FuE in den empirischen Analysen auf der Makroebene nicht wesentlich von denen auf der Mikro- und der Mesoebene (Donselaar und Koopmans 2016).

In den empirischen Studien zum Zusammenhang von FuE und Produktivität in Unternehmen und für Wirtschaftszweige wird i.d.R. auf eines von zwei gängigen Modellansätzen zurückgegriffen. Der sogenannte „Primäransatz “ (primal approach) beruht auf einer Produktionsfunktion, welche um FuE erweitert wird. Für die Produktionsfunktion wird überwiegend auf die Cobb-Douglas Spezifikation zurückgegriffen. Mit statistischen Methoden wird die Wirkung von FuE-Aufwendungen bzw. des FuE-Kapitals geschätzt. Für eine Darstellung des formalen Ansatzes, der auch die Basis der Schätzungen in dieser Studie ist, wird an dieser Stelle mit Verweis auf Abschnitt 5.1 verzichtet. Der sogenannte „duale Ansatz“, basiert dagegen auf Kostenfunktionen. Aufgrund der geringen Anzahl von Studien sowie der sehr hohen Heterogenität bzgl. der verwendeten Modellspezifikationen, werden diese in der weiteren Darstellung vernachlässigt.

In Studien auf Basis des Primäransatzes werden entweder Produktionselastizitäten oder private Bruttorenditen von FuE-Investitionen ermittelt.

Die Produktionselastizität gibt in der Regel an, um wieviel Prozent sich die abhängige Variable, zum Beispiel die Wertschöpfung der Unternehmen ändert, wenn der betreffende Inputfaktor um einen Prozent erhöht (oder gesenkt) wird. Beispielsweise besagt eine Produktionselastizität (Koeffizient) von 0,05 für den FuE-Kapitalstock in einer Regression mit der Arbeitsproduktivität als abhängige Variable, dass eine Erhöhung des FuE-Kapitalstocks um einen Prozent die Arbeitsproduktivität um 0,05 Prozent erhöht.

Die Berechnung der privaten Bruttorendite basiert in der Regel auf Schätzungen von Produktionselastizitäten. Für eine detaillierte Beschreibung und Darstellung des formalen Zusammenhangs zwischen Produktionselastizität und der Bruttorendite wird an dieser Stelle mit Verweis auf Anhang B.1 verzichtet. Um diese Kennzahl jedoch adäquat interpretieren zu können, sei hier auf zwei den Berechnungen zugrunde liegenden und durchaus kritisch zu sehenden Annahmen verwiesen: (i) Es wird eine Abschreibungsrate von Null unterstellt. (ii) Es gibt einen infiniten Planungshorizont und keinerlei Zinsänderung. Zudem führt die formale Umstellung der Schätzgleichungen dazu, dass nicht mehr die Kapitalstöcke, sondern die Investitionsquote in derselben berücksichtigt wird. Letzteres ist der Quotient aus Investitionen und Bruttowertschöpfung. Dadurch werden Ersatzinvestitionen, die einen Großteil der Investitionen ausmachen, nicht adäquat behandelt (Hall, Mairesse und Mohnen 2010). Diese Einschränkungen müssen bei der Interpretation der Bruttorendite berücksichtigt werden. Keinesfalls darf diese Kennzahl als betriebswirtschaftliche Kapitalrendite im Verständnis von Gewinn in Relation zum eingesetzten Kapital verstanden werden.

Man kann davon ausgehen, dass neben den privaten auch soziale Bruttorenditen mit FuE-Investitionen erzielt werden. Grund dafür ist, dass FuE-Ergebnisse von Unternehmen und Forschungseinrichtungen oft für viele Unternehmen derselben oder anderer Branchen genutzt werden, ohne dass diese Unternehmen selbst in FuE investieren müssen. Die Produktivität in einem Unternehmen ist demnach nicht ausschließlich vom eigenen FuE-Kapital abhängig, sondern vom gesamten Wissen im Sektor, das aus dem FuE-Kapital aller Unternehmen des Sektors aggregiert werden kann. Im Ansatz von Griliches (1998, 1979) geht das FuE-Kapital jedes Unternehmens mit dem gleichen Gewicht in das aggregierte sektorale FuE-Kapital ein.[3] Der Koeffizient des gesamten sektoralen FuE-Kapitals sollte deshalb höher sein als der Koeffizient auf der Unternehmensebene, da er neben der privaten auch die soziale Brutto-
rendite des gesamten FuE-Kapitals im Sektor reflektiert (Griliches 1998, 1979).

Hall et al. (2010) fassen in einer umfangreichen Übersichtsstudie die wesentlichen Ansätze und Ergebnisse der empirischen Analysen des Zusammenhangs von FuE und Wachstum bzw. Produktivität zusammen. Zudem wird in sogenannten Meta-Analysen von Wieser (2005), Møen und Thorsen (2015) sowie Ugur et al. (2016) versucht, die Fülle der Ergebnisse ökonometrischer Studien mit statistischen Methoden zu überprüfen und zusammenzufassen. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Befunde der in der Meta-Studie von Ugur et al. (2016) berücksichtigten Studien bezüglich der Produktionselastizität und der Bruttorendite von FuE.[4]

Die Studie von Ugur et al. (2016) hat gegenüber Hall et al. (2010), aber auch gegenüber den Meta-Analysen von Wieser (2005) und Møen und Thorsen (2015) den Vorteil, dass sie nicht nur die von den jeweiligen Autoren präferierten Schätzeffekte, sondern alle verfügbaren Ergebnisse und Informationen aus den Studien berücksichtigt. Somit gehen also auch die Ergebnisse der Robustness Checks oder alternativer Spezifikationen in die Analyse ein. Insgesamt werten Ugur et al. (2016)

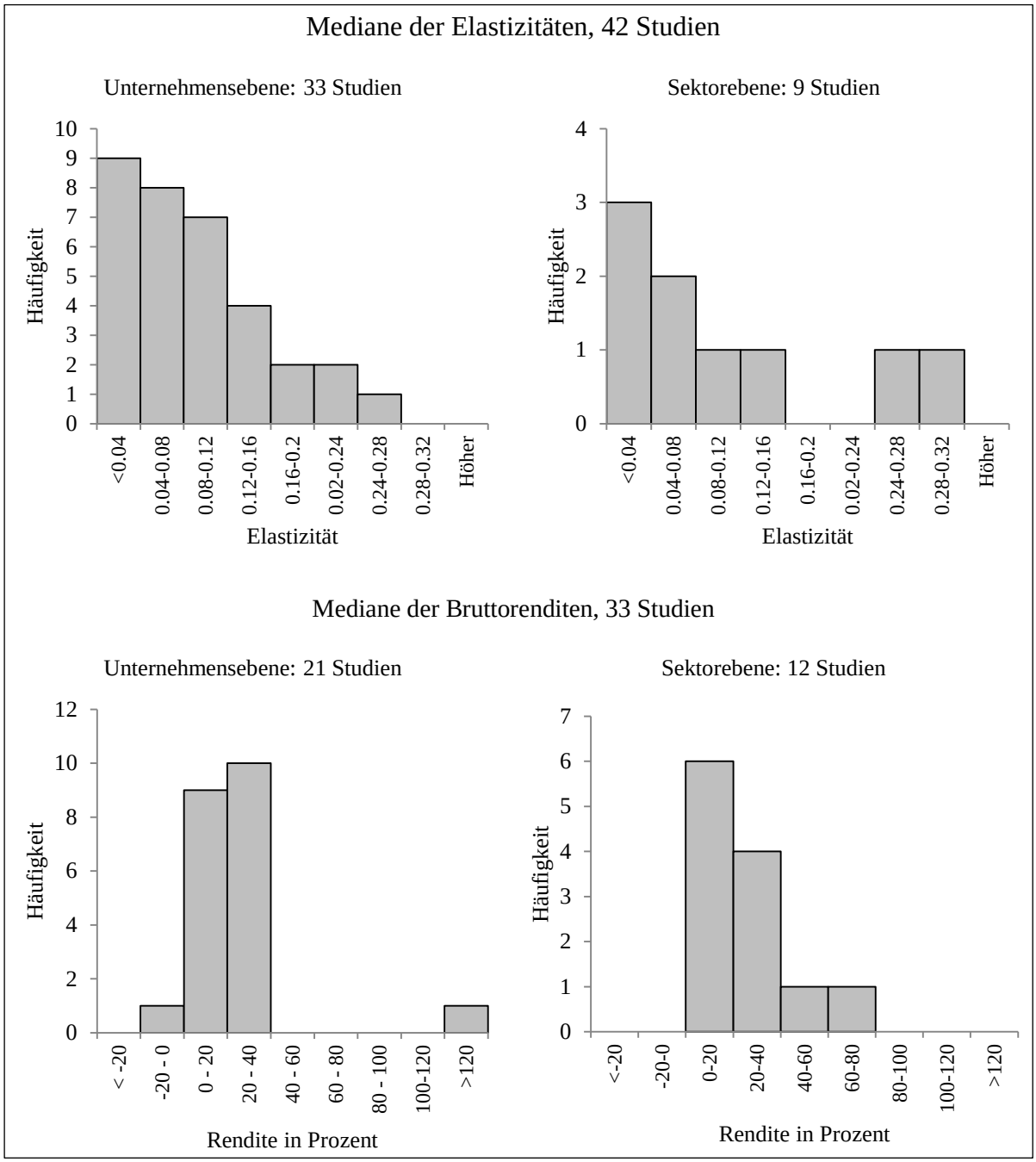
- 33 Studien auf der Unternehmensebene mit insgesamt 773 Schätzergebnissen für die Produktionselastizität sowie 21 Studien mit 192 Renditeschätzungen und

[3] Die nach diesem Konzept ermittelte innersektorale soziale Bruttorendite ist somit nicht vergleichbar mit anderen Ansätzen, bei denen externe Spillover-Pools auf der Ebene von Sektoren, Regionen oder Ländern etwa auf Basis der regionalen oder technologischen Nähe der Unternehmen geschätzt werden.

[4] Vergleicht man die Häufigkeitsverteilungen der 53 Werte für private Bruttorenditen auf Unternehmens- und Sektorebene in der Übersichtsstudie von Hall et al. (2010) mit denen der 33 Werte in der Studie von Ugur et al. (2016), so zeigt sich ein weitgehend ähnliches Bild. Die meisten Bruttorenditen liegen in beiden Studien zwischen 0 und 40 Prozent (siehe Abbildung D-1 in Abschnitt D). Dies verdeutlicht, dass die Datenbasis in beiden grundsätzlich ähnlich ist.

- 9 Studien auf der Mesoebene mit 135 Schätzungen für die Produktionselastizität sowie 12 Studien mit 153 Renditeschätzungen aus.

Abbildung 2: Elastizitäten (Mediane) und Bruttorenditen (Mediane) von FuE in bisherigen Studien



Quelle: Ugur et al. (2016); eigene Darstellung.

Zusätzlich wird in Ugur et al. (2016) auch der sogenannten „publication bias“ der veröffentlichten Studien berücksichtigt. Darunter versteht man, dass die Wahrscheinlichkeit der Veröffentlichung einer Studie höher ist, wenn sie die Nullhypothese bestätigt, welche wiederum häufig den oft theoretisch begründeten Erwartungen in der Forschungsgemeinde entspricht. Mit anderen Worten und bezogen auf FuE heißt dies, dass es eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit für die Veröffentlichung gibt, wenn eine Studie signifikante positive Effekte von FuE findet. Umgekehrt heißt dies auch, dass Stu-

dien, die keine signifikanten, nur kleine oder sogar negative signifikante Effekte finden, deutlich schwerer zu publizieren sind.[5]

Die Meta-Analyse von Ugur et al. (2016) zu Produktionselastizitäten von FuE ergibt einen durchschnittlichen Wert für die Elastizität von etwa 0,07. Dabei finden die Autoren keinen wesentlichen Unterschied zwischen Studien auf Firmen- und Sektorebene. Die durchschnittliche Elastizität von 0,07 bei Ugur et al. (2016) liegt nur leicht unter den Ergebnissen der Vorgängerstudien mit Werten von 0,118 in Wieser (2005), 0,098 in Møen und Thorsen (2015) und 0,08 in Hall et al. (2010). Ugur et al. (2016) führen den geringen Wert auf die doppelte Selektion aus Publikationsbias und dem „sample selection“ zurück.[6]

Neben der Analyse der Ergebnisse zur Outputelastitztät von FuE untersuchen Ugur et al. (2016) auch die bisherigen Ergebnisse zu den Bruttorenditen von FuE. Für eine kritische Darstellung dieses Konzeptes sei an dieser Stelle noch einmal auf Abschnitt B.1 verwiesen. Die durchschnittliche Bruttorendite in der Meta-Analyse von Ugur et al. (2016) ist mit 14 Prozent wiederum geringer als die in den vorangegangenen Übersichtsstudien ermittelte. Sie liegt in Hall et al. (2010) zwischen 20 Prozent und 30 Prozent und in Wieser (2005) zwischen 16 Prozent und 28 Prozent. Am nächsten kommen die Ergebnisse denen von Møen und Thorsen (2015), die eine Wertebereich von 13 Prozent bis 18 Prozent angeben, jedoch in ihrer Untersuchung nicht für den Publikationsbias korrigieren.

Diese Ergebnisse können jedoch nicht losgelöst von den Abschreibungsraten für FuE-Kapital betrachtet werden, da diese definitionsgemäß bei der Berechnung der Bruttorendite vernachlässigt werden. In der Literatur wird überwiegend angenommen, dass die Abschreibungsraten für FuE-Kapital zwischen 15 Prozent und 20 Prozent liegen (OECD 2013a). Somit sinken die Nettorenditen von FuE-Investitionen, also die Differenz zwischen Bruttorenditen und Abschreibungsraten, auf niedrige einstellige Werte, unabhängig davon, welche der genannten Studien herangezogen wird. Im Falle von Ugur et al. (2016) und Møen und Thorsen (2015) wären einige Renditen im Mittel sogar negativ, wenn eine Abschreibungsrate von 20 Prozent unterstellt werden würde.

Dies zeigt, dass eine abschließende und belastbare Bewertung und Einordnung der geschätzten Bruttorenditen von FuE-Investitionen schwierig ist. Dafür sind vor allem zwei Gründe verantwortlich: Zum Ersten ist das Konzept der sogenannten Bruttorendite insofern irreführend, als dass die dahinterstehenden Annahmen, insbesondere die unterstellte Abschreibungsrate von Null, kaum bekannt sind und sicherlich nicht als realitätsnah angesehen werden können. Die Annahmen sind zugleich notwendig, um mit den derzeit vorhandenen Unternehmensdaten derartige Schätzungen überhaupt durchführen zu können. Zum Zweiten sinken diese „Renditen“ auf ein deutlich realistischeres Niveau, wenn die Bruttorenditen verschiedenen potentiellen Abschreibungsraten gegenübergestellt werden. Andersfalls würden die hohen Werte auch die Frage aufwerfen, warum in Zeiten von Nullzinsen und Anlagenotstand die Zuwächse in FuE nicht noch deutlich stärker ausfallen. Dies verdeutlicht auch, dass es für die Einordnung der Bruttorenditen notwendig ist, Kenntnis über die tatsächlichen Abschreibungsraten zu haben. In dieser Hinsicht ist die Unsicherheit jedoch noch recht hoch. In der Literatur findet man eine große Spannbreite der Abschreibungsraten für FuE-Kapital mit Werten zwischen 1 Prozent und 29 Prozent (für einen Überblick siehe de Rassenfosse und Jaffe 2017). Diese Ergebnisse verdeutlichen,

---

5 Die sehr gut veröffentlichte und ökonometrisch anspruchsvolle Studie von Eberhardt et al. (2013a) ist hierfür ein gutes Beispiel. Wie die Autoren deutlichen machen, mussten sie sehr viele zusätzliche Schätzungen im Rahmen des Peer-Review Prozesses beibringen. Dies wird unter anderem der Tatsache geschuldet sein, dass sie nachweisen, dass viele positive Elastizitäten für FuE insignifikant werden, wenn die ökonometrischen Methoden korrekt verwendet werden.

6 Ugur et al. (2016) beschreiben das Problem der doppelten Selektion wie folgt: „publication selection that arises when primary-study authors search for samples, estimation methods or model specifications that yield statistically-significant estimates; and sample selection that arises when reviewers rely on ‘representative’ or ‘preferred’ estimates rather than all available information.“

dass “the measurement of the depreciation of R&D assets is [still] the central unsolved problem in the measurement of the returns to R&D” (Hall 2005, 342).

3.2 Organisationskapital

Das Organisationskapital (OC) wird in einer Vielzahl von Disziplinen erforscht, wie etwa in der Organisationswissenschaft, der Managementlehre, im Rechnungswesen sowie in der Volkswirtschaftslehre. Dabei werden jedoch jeweils unterschiedliche Aspekte betont und voneinander abweichende Definitionen verwendet. In seiner breitesten Interpretation wird Organisationskapital als firmenspezifisches Wissen definiert, dass notwendig ist, um die verschiedenen Inputs im Rahmen des Produktionsprozesses zu kombinieren. Dies betrifft sowohl die Kombination von Arbeits- und Kapitaleinsatz (Evenson and Westphal 1995) als auch die Kombination unterschiedlichen Fachwissens (Grant 1996).

In der Literatur finden sich unterschiedliche Ansätze dazu, was organisatorisches Wissen umfasst und wie es entsteht. Grundsätzlich gab es, trotz gewisser Überschneidungen, lange Zeit zwei unterschiedliche Denkschulen: Zum einen argumentieren Prescott und Visscher (1980), dass organisatorisches Wissen das Ergebnis eines Lernprozesses ist, der zeitgleich mit der eigentlichen Produktion stattfindet und der es dem Unternehmen letztendlich erlaubt, technischen Fortschritt zu realisieren. Von besonderer Relevanz ist hierfür das Wissen über die Fähigkeiten der Mitarbeiter, über die optimale Zusammenstellung in Teams und über die konkrete Zuordnung zu spezifischen Aufgaben. Dagegen argumentieren Black und Lynch (2005), dass organisatorisches Wissen aus dem konstanten Bemühen der Unternehmen resultiert, durch Weiterbildungsmaßnahmen, Arbeitsplatzgestaltung oder die Einbeziehung der Mitarbeiter in die Ablaufplanung vorhandenes Wissen nutzbar zu machen und auszubauen. Der Unterschied zwischen beiden Ansätzen liegt also darin, ob das Wissen über die Mitarbeiter entscheidend ist, oder das in den Mitarbeitern vorhandene Wissen.

In Abhängigkeit von der Definition von Organisationskapital haben sich unterschiedliche Ansätze der Erfassung von Organisationskapital entwickelt. Der erste basiert auf nicht-monetären Kennzahlen, die in der Regel im Rahmen von Erhebungen gewonnen werden und mit denen versucht wird, die Nutzung, das Vorhandensein und die Qualität von organisatorischen Maßnahmen und Managementpraktiken zu erfassen. Er wurde vor allem in den frühen 2000er Jahren genutzt, um die Wirkung von Organisationskapital auf eine Vielzahl von Outputmaßen zu untersuchen.

Bailey et al. (2001) untersuchen die Wirkung von „High-Performance Work Practices“ (HPWP) in der Bekleidungs- und Stahlindustrie der USA und zeigen, dass deren Einführung einen positiven Effekt auf die Entlohnung von Arbeitern hat. Caroli und van Reenen (2001) analysieren die Auswirkungen des organisatorischen Wandels auf die Kompetenzkomposition in französischen und britischen Firmen. Organisatorischer Wandel beinhaltet hierbei unter anderem die Dezentralisierung von Verantwortlichkeiten und verstärktes Multitasking. Sie zeigen, dass ein solcher organisatorischer Wandel zu einer geringeren Nachfrage nach gering qualifizierten Mitarbeitern führt und dass dies zugleich zur Folge hat, dass die Lohnspreizung zwischen hoch und niedrig qualifizierten Arbeitern auf dem lokalen Arbeitsmarkt zunimmt. Ferner stellen sie fest, dass Unternehmen, die höher qualifizierte Mitarbeiter beschäftigen, den organisatorischen Wandel besser in Produktivitätsgewinne umwandeln können.

Bloom und van Reenen (2007) haben als erste den „World Management Survey“ für die Analyse von Managementqualitäten genutzt. Basierend auf den Ergebnissen der Befragung von Führungskräften konstruieren die Autoren ein Maß für die Qualität von Management, welches sie dann verschiedenen Unternehmenskennzahlen gegenüberstellen. Sie stellen fest, dass die Managementqualität positiv mit der Produktivität, der Rentabilität, Tobin‘s Q, dem Umsatzwachstum und der Überlebenswahrscheinlichkeit korreliert ist. Sie führen ferner aus, dass die Unterschiede im Wettbewerbsdruck und in der Eigentümerstruktur den Großteil der Unterschiede in der Managementqualität zwischen Unternehmen in Europa und den USA erklären.

Bemerkenswert ist auch die Studie von Bloom et al. (2012), die auf einer Befragung von Führungskräften der mittleren Ebene in über 10.000 Organisationen in 20 Ländern beruht und in der die Managementpraktiken in Bezug auf Prozesse, Überwachung, Ziele und Anreize erfasst werden. Ihre Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse von Bloom und van Reenen (2007), wonach es einen positiven Zusammenhang zwischen der Managementqualität und diversen Maßen für die Unternehmensperformance gibt.

Bender et al. (2016) verbinden das „World Management Survey“ für Deutschland mit Beschäftigten und Betriebsdaten des IAB (Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung). Die Daten enthalten Informationen zur Beschäftigtenhistorie der Mitarbeiter. Mit diesem Datensatz untersuchen die Autoren, inwieweit das Management die Produktivität durch den Kanal der Mitarbeiterrekrutierung und –bezahlung beeinflusst. Mit anderen Worten lautet die Frage: Führt besseres Management dazu, dass qualifiziertere Mitarbeiter angestellt werden bzw. über eine bessere Entlohnung gehalten werden können und wie beeinflusst dies die Produktivitätsentwicklung von Unternehmen. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die durchschnittliche Qualität/Fähigkeit der Mitarbeiter (unter anderem gemessen anhand des Anteils der Hochschulabsolventen an der Belegschaft) in Unternehmen mit einem höheren Management-Score größer ist. Zugleich gibt es einen positiven Zusammenhang zwischen dem Humankapital in einem Unternehmen und dem TFP. Allerdings kommen die Autoren auch zu dem Schluss, dass dieser Effekt im Wesentlichen auf das Fähigkeitsniveau des oberen Quartils der Beschäftigten zurückgeht. Definiert ist dieses Quartil anhand der Entlohnungsstruktur in den Unternehmen. Die Autoren nehmen an, dass die in dieser Gruppe enthaltenen Personen in der Mehrzahl Führungskräfte der Betriebe sind. Sie finden dagegen keinen signifikanten Effekt des mittleren Fähigkeitsniveaus in Unternehmen auf die Produktivität. Sie kommen daher zu dem Schluss, dass der positive Zusammenhang zwischen dem TFP und dem Humankapital in Unternehmen zum Teil mit der Fähigkeit des Managements und der Managementqualität erklärt werden kann.

In einer ebenfalls auf einer Befragung basierenden Untersuchung indischer Textilunternehmen analysieren Bloom et al. (2013) den Zusammenhang zwischen Managementpraktiken und Unternehmensperformance. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Einführung moderner Managementpraktiken innerhalb eines Jahres zu einem deutlichen Anstieg der Produktivität in den betroffenen Firmen führt.

Eine alternative Herangehensweise der Messung von Organisationskapital ist der Residualansatz (siehe unter anderem Lev und Radhakrishnan 2005, Lev, Radhakrishnan und Zhang 2009, Miyagawa und Kim 2008, Ludewig und Sadowski 2009). Demnach lässt sich das Ausmaß von Organisationskapital in einem Unternehmen approximieren, in dem eine Kennzahl, z.B. die Bruttoproduktion oder der Gewinn, einmal unter der Annahme des Vorhandsein von Organisationskapital und einmal ohne Organisationskapital berechnet wird. Die Differenz zwischen beiden Werten gibt Aufschluss über das Organisationskapital.

So schätzen etwa Lev, Radhakrishnan und Zhang (2009) das Organisationskapital von Unternehmen, indem sie den Zusatzgewinn quantifizieren, der sich aus den erhöhten Einnahmen und den gesunkenen Kosten im Vergleich zu den geschätzten Gewinnen ergibt, die ohne den Einsatz von Organisationskapital erzielt worden wären. Zu diesem Zweck werden die Investitionen in Organisationskapital durch die Vertriebs- und allgemeinen Verwaltungskosten [7] der Unternehmen approximiert. Die vorhergesagten Gewinne werden aus sektoralen Kennzahlen abgeleitet. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass Investitionen in Organisationskapital sowohl positiv mit der Vergütung von Führungskräften korrelie-

[7] Der korrekte englische Term ist SGA, was für "Selling, General and Administrative Expenses" steht. Es ist im weitesten Sinne vergleichbar mit den Vertriebsgemeinkosten.

ren als auch mit der langfristigen Unternehmensentwicklung oder der Kursentwicklung der Unternehmensaktien.[8]

Eisfeldt und Papanikolaou (2013) nutzen ebenfalls Vertriebs- und allgemeine Verwaltungskosten als Indikator von Organisationskapital bei der Analyse von US-Aktiengesellschaften (Compustat-Daten) für den Zeitraum 1970 bis 2008. Sie stellen fest, dass Unternehmen mit einem größeren Organisationskapital im Verhältnis zum Buchwert eine höhere Produktivität, ein höheres Tobin's Q und eine höhere risikoadjustierte Rendite aufweisen.

Miyagawa und Kim (2008) schätzen Organisationskapital in japanischen Unternehmen als Überschuss-Renditen auf Investitionen in komplementäre Vermögenswerte wie FuE und Werbung. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass Unternehmen, die in Organisationskapital investieren, mit höherer Wahrscheinlichkeit auch in FuE investieren. Zugleich finden die Autoren aber nur einen schwach signifikanten bis insignifikanten Zusammenhang zwischen Investitionen in Organisationskapital und dem TFP-Wachstum.

Schließlich schätzen Ludewig und Sadowski (2009) den Effekt von Organisationskapital auf die Unternehmensperformance, gemessen als Bruttowertschöpfung. Dafür wird in der ersten Stufe die Produktionsfunktion mit fixen Effekten geschätzt.[9] Die Autoren setzen das Organisationskapital der Unternehmen dem zeitinvarianten fixen Effekt gleich und extrahieren die entsprechenden Werte aus dieser ersten Stufe. In einer zweiten Stufe wird dieses Maß auf eine Reihe von Variablen regressiert, welche als Instrumente für die Einführungen neuer Arbeits- oder Organisationsformen in Unternehmen dienen. Die Autoren finden für die Unterschiede in der Entlohnung im Vergleich zum Industriedurchschnitt, für das Vorhandensein eines Betriebsrates und für das Vorhandensein sogenannter Profit-Center einen positiven Zusammenhang mit Organisationskapital. Dagegen finden sie keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Teamwork, mit der Abgabe von Führungsaufgaben an untere Hierarchieebenen und mit der Einführung von Qualitätsmanagement. Sie schlussfolgern dennoch, dass Organisationskapital und die dahinter stehenden Maßnahmen einen deutlichen Einfluss auf die Unternehmensperformance haben.

Der dritte Ansatz zur Messung von Organisationskapital wurde von Corrado, Hulten und Sichel (2009) entwickelt. Er stützt sich auf die Quantifizierung des Wertes der Ressourcen, die für den Aufbau desselben verwendet werden. Die Autoren gehen davon aus, dass die Schaffung von (selbsterstelltem) Organisationskapital einen zeitlichen Aufwand erfordert, den vor allem die Führungskräfte für die Entwicklung und Pflege des organisatorischen Aufbaus eines Unternehmens erbringen. Sie schätzen, dass Führungskräfte etwa 20 Prozent ihrer Zeit für diese Dinge nutzen, während die übrigen 80 Prozent den übrigen Managementaufgaben gewidmet sind. Für gekauftes Organisationskapital wird dagegen 80 Prozent des Umsatzes von Unternehmensberatung angesetzt. In den in der Regel makroökonomischen Studien wird der Umsatz des Unternehmensberatungssektors mit Hilfe von Input-Output-Tabellen auf die übrigen Wirtschaftszweige verteilt.

Diese Methode wird in wachsendem Maße in der Literatur und in internationalen Organisationen genutzt, z.B. durch die OECD. Diesem Ansatz folgend wird auch im Rahmen von INTAN-Invest – welches auf dem EU-COINVEST- und dem INNODRIVE-Projekt und den Aktivitäten des US Conference Board aufbaut – das Organisationskapital für die gewerbliche Wirtschaft in den USA und den europäischen Ländern geschätzt. Das SPINTAN Projekt hat diese Methode angepasst und erstmals Schätzungen für das Organisationskapital des öffentlichen Sektors für die meisten Industriestaaten

---

8 In diesen Studien wird Organisationskapital nicht, wie bei Corrado, Hulten und Sichel (2009), über die Vergütung von Führungskräften approximiert, weshalb die Vergütung als abhängige Variable in der Studie verwendet werden kann.

9 Die Autoren nutzen hierfür die *Fixed-Effekt Methoden* (FE).

vorgenommen. Obschon der Ansatz zunächst für makroökonomische Daten entwickelt wurde, wird er seit kurzem auch in mikroökonomischen Untersuchungen eingesetzt.

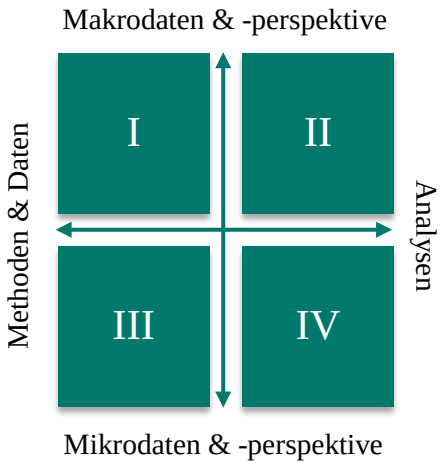
Jurajda und Stancik (2013) analysieren mit diesem Ansatz die Wirkung von Organisationskapital in tschechischen Unternehmen. Hierfür nutzen Sie einen Linked Employer-Employee[10] Datensatz, mit welchem sie Führungskräfte und andere Mitarbeitertypen in den Unternehmen identifizieren können. Die Autoren stellen fest, dass Marketing, approximiert über die Mitarbeiter in Marketingpositionen, und Führungskräfte im Allgemeinen eine Schlüsselrolle für die Unternehmensperformance spielen. Ferner kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass ein Teil der höheren Produktivität dafür genutzt wird, die betreffenden Mitarbeiter besser zu entlohnen.

Weitere Studien, in denen Organisationskapital mit dem Ansatz von Corrado, Hulten und Sichel (2009) approximiert wird, werden nachfolgend aufgeführt, da in ihnen Organisationskapital stets als eines von mehreren KBC-Elementen berücksichtigt wird.

3.3 Wissenskapital (KBC)

Die bestehende Literatur zu Wissenskapital kann, vereinfacht, anhand von zwei Dimensionen kategorisiert werden: nach der Untersuchungsebene (Mikro- oder Makroperspektive) und ob es sich um Daten- bzw. Methodenpapiere oder um Wirkungsanalysen handelt. Die Abbildung 3 veranschaulicht die verwendete Zuordnung.

Abbildung 3: Klassifikation bisheriger Studien zu KBC



Quelle: Eigene Darstellung

In den methodischen Studien steht die Systematik der Abgrenzung von einzelnen KBC-Elementen im Vordergrund. In der Regel geht dies einher mit einer Diskussion der datentechnischen Erfassung, weshalb die betreffenden Studien häufig auch Abschätzungen über die Investitionen in die betreffenden KBC-Elemente enthalten. Die übrigen Studien stellen stärker auf die Analyse des Zusammenhangs zwischen den Investitionen bzw. den Kapitalstöcken von KBC-Elementen und diversen Outputgrößen ab. Die meisten Studien nehmen eine Makroperspektive ein, was Analysen auf Basis von sektoralen Daten mit einschließt. Nur ein kleiner Teil der Untersuchungen nutzt Firmendaten.

[10] Dies ist die gängige Bezeichnung für Datensätze, in denen Unternehmensdaten und Daten über die Mitarbeiter in diesen Unternehmen miteinander verbunden sind.

Übersicht 2 enthält eine Zusammenfassung bisheriger Studien zu KBC, die dem zweiten oder vierten Quadranten zuzuordnen sind. In der Übersicht enthalten sind Angaben zu Jahr, Autor, Untersuchungseinheit und –zeitraum, Anzahl der Beobachtungen, die Art des Panels, welche Untersuchungseinheit (Länder, Wirtschaftszweige, Firmen) vorliegt, ob ggf. separate Schätzungen für Wirtschaftszweige und Länder vorgenommen werden, die verwendeten abhängigen Variablen, die berücksichtigten KBC-Elemente, ob Investitionen oder Kapitalstöcke verwendet werden, die unterstellte funktionale Form, die verwendeten ökonometrischen Methoden sowie die wesentlichen Ergebnisse.

In der Übersicht 2 nicht enthalten sind Studien, die ausschließlich die *growth accounting* Methode nutzen, da in dieser keine Produktionselastizitäten geschätzt werden (siehe unter anderem Marrano, Haskel und Wallis 2009, van Ark, et al. 2009, Fukao, et al. 2009, Goodridge, Haskel und Wallis 2013, Crass, Licht und Peters 2014). Vielmehr entsprechen die Produktionselastizitäten im *growth accounting* den Faktoranteilen der Inputs, die sich als Quotienten aus Kapitaldienst und BIP ergeben.

Aus dem Literaturüberblick geht hervor, dass, bis auf eine Ausnahme, durchgängig die Cobb-Douglas Spezifikation der Produktionsfunktion mit KBC als direktem Input eingesetzt wird. Des Weiteren wird deutlich, dass bisher nur in begrenztem Umfang die aktuellsten ökonometrischen Methoden zur Produktionsfunktionsschätzung genutzt werden. Vielfach wird noch die *Kleinste-Quadrate-Methode* (OLS) eingesetzt, obschon mit ihr die Panelstruktur der Daten nicht voll ausgenutzt werden kann und sie nur unter restriktiven Annahmen unverzerrte Schätzer liefert. Daneben spielt auch die *Fixed-Effekt Methode* (FE) als echter Paneldatenansatz eine wichtige Rolle. Wie später noch ausgeführt, werden für die vorliegende Untersuchung hingegen neuere Ansätze genutzt, die eine Vielzahl der Schwächen der bisherigen Ansätze überwinden (Abschnitt 5). Der Literaturüberblick macht zudem deutlich, dass vielfach die Investitionen in KBC anstelle der Kapitalstöcke verwendet werden.

Weiterhin kann festgehalten werden, dass die Koeffizienten (hier synonym zu Elastizität verwendet) der KBC-Variablen sowohl zwischen den Studien als auch innerhalb der Untersuchungen beträchtlich variieren:

- Die Elastizität der aggregierten KBC-Variable, in der Regel als Summe aus unterschiedlichen KBC-Elementen gebildet, liegen zwischen 0,001 und 0,6.
  Daneben gibt es eine Reihe von Schätzungen, in denen der Koeffizient für KBC insignifikant wird. In einem Fall findet sich gar ein signifikant negativer Koeffizient (Takizawa 2015).
- Der Koeffizient für FuE beträgt in den diversen Studien zwischen 0,01 und 0,1. Darüber hinaus gibt es in jeder Studie Schätzungen, in denen der Koeffizient von FuE insignifikant und somit nicht von Null verschieden ist. Dies gilt insbesondere für Untersuchungen mit Mikrodaten.
- Die Elastizitäten für Organisationskapital liegt zwischen 0,026 und 0,086.
- Lizenzen werden, aggregiert mit Design, nur in Crass und Peters (2014) berücksichtigt. Der Koeffizient ist in der Regel nur auf dem 10 Prozent Niveau signifikant und variiert, je nach Schätzung, zwischen 0,005 und 0,046.
- Softwareinvestitionen fehlen ebenfalls in den meisten Studien mit mehreren KBC-Elementen. In Hintzmann-Colominas et al. (2016), wo sie explizit berücksichtigt sind, kann zudem in keiner der Schätzungen ein signifikanter Einfluss festgestellt werden.

Generell gilt für alle KBC-Elemente, dass es in fast jeder Studie Schätzungen gibt, in der Regel im Rahmen von Robustheitsprüfungen, in denen die Elastizitäten der einzelnen KBC-Elemente insignifikant sind. Daraus folgt, dass es keine eineindeutige Evidenz für die Wirkung von KBC gibt.

Übersicht 2: Literaturüberblick zu KBC-Studien

Autoren, Jahr	Typ	Untersuchungs-einheiten, -zeitraum, Anzahl der Beobachtungen, Art des Daten-satzes	Land (Anzahl Länder); Wirt-schaftszweig(e)	Abhängi-ge Vari-able(n)	Investment vs. Kapitalstöcke; berücksichtigte KBC-Elemente	Funktionale Form; KBC Eingang	Schätz-metho-den	Ergebnisse	Koeffizienten (Wertebereich (sign. Ergebnisse), " + Insig." wenn es insign. Koeff. gibt)
Niebel et al. (2017, 2013)	II	Sektoren; 1995-2007; 1.320; balanciertes Panel	10 EU-Länder inkl. Deutschland; 11 Wirtschafts-zweige (Abschnit-te); Schätzungen über Länder und Sektoren hinweg und separat für Ver.Gew. und Dienstl. in Ro-bustheitsprüfung	Δ BWS, Δ TFP	Investitionen; KBC als Agregat aus FuE, Organisationskapital, Werbung, Marktforschung, Humankapi-tal, Weitere**	erweiterte CD; KBC als Inputs in Produktions-funktion	OLS, FE, LSDV, Sys-GMM	positiver Effekt auf Output wenn Jahresdummies (also Konjunkturef-fekte) ignoriert werden; kein sign. Effekt auf Wachstum der Bruttowertsch. mit Jahresdummies; nur in SGMM sign. Effekt auf TFP; kein positiver Einfluss von ICT Investitionen auf TFP-Wachstum, aber auf Bruttowertschöpfungs-wachstum	KBC: 0,099-0,228 + Insig.
Hitzmann-Solominas et al. (2016)	II	Land; 1995 – 2010; 135; balanciertes Panel	9 europ. Länder, inkl. Deutschland; Schätzungen für alle Länder und für 2 Ländergrup-pen	Δ AP (BWS pro Arbeits-stunde)	Investitionen; KBC als Aggregat; einzeln: Software, FuE, Mar-kenpflege und Werbung, Orga-nisationskapital, Weiterbild., Weitere*	erweiterte CD; KBC als Inputs in Produktions-funktion	OLS	KBC als Aggregate hat sign. positi-ven Effekt; übrige Schätzungen separat für jeweils ein KBC-Element: kein sign. Effekt von Software; sign. Effekt bei übrigen KBC-Elemente; Weiterbildung mit stärks-tem Effekt	KBC: 0,16-0,26 Software: Insig. FuE: 0,08-0,1 + Insig. Werbung: 0,12-0,24 Organisationsk.: 0,06-0,22 Weiterbild.:0,2-0,45 Weitere**: 0,10-0,2
Botempi und Mairesse (2015)	IV	Firmen; 1982-1999; 94.968 für 14.254 Unter-nehmen; nicht-balanciertes Panel	Italien; Ver.Gew. (Dienst-leistungen nur in einer Robustheits-prüfung); Schätzungen über alle zweistelligen Wirtschaftszweige hinweg	AP (BWS pro Kopf); TFP	Kapitalstöcke; KBC als Aggregat; Customer Capital (CK) beste-hend aus Markenrechten, öffentliche Konzessionen und Lizenzen, Intellectual Capital (IK) beste-hend aus Werbung, gekaufte und selbsterstellte Patente, Software, Lizenzen, FuE	erweiterte CD, CES; KBC als Inputs in Produktions-funktion	OLS, FE, FD-FE	KBC als Aggregate hat sign. positi-ven Effekt unabhängig davon ob es als selbständiger Input oder als Summe zwischen KBC und physi-schem Kapital in die Produktions-fkt. eingeht.; Elastizität in Level-Schätzungen häufig höher als in Differenzen-Schätzungen; CES Ergebnisse (bei vorgegebener Elastizität) liegen i.d.R. zwischen dem multiplikativen und additivem Ansatz; Koeffizienten sinken bei Berück-sichtigung von Dienstleistungsun-ternehmen	KBC: 0,001-0,131 + Insig. CK: 0-0,08 IK: 0,011-0,103 + Insig.

Autoren, Jahr	Typ	Untersuchungs-einheiten, -zeitraum, Anzahl der Beobachtungen, Art des Daten-satzes	Land (Anzahl Länder); Wirt-schaftszweig(e)	Abhängi-ge Vari-able(n)	Investment vs. Kapitalstöcke; berücksichtigte KBC-Elemente	Funktionale Form; KBC Eingang	Schätz-metho-den	Ergebnisse	Koeffizienten (Wertebereich (sign. Ergebnisse), " + Insig." wenn es insign. Koeff. gibt)
Takizawa (2015)	IV	Firmen; Zeitraum unbe-kannt; 47.086 (USA), 5.670 (Japan); nicht-balanciertes Panel	USA und Japan; Ver.Gew. und Dienstleistung; Schätzungen über Länder und beide Sektoren hinweg, Schätzungen separat für Ver.Gew. und Dienstl. für jedes Land und für beide Länder zusammen	Δ AP (Umsatz pro Kopf)	Anteil an Gesamtinvestitionen; KBC als Aggregat von FuE, Organisationskapital, Marke-ting und Weiterbildungsausga-ben	erweiterte CD; KBC-Anteil als Inputs in Produktions-funktion	OLS	In den USA sign. positive Koeffi-zient für KBC-Anteil in beiden Sektoren; nur wenige sign. Koeffizienten für KBC in Japan, diese z.T. negativ; einige sign. negative Koeffizienten für KBC im Dienstleistungssektor bei Schätzungen über beide Länder Interaktionsterm mit Anteil physi-sche Investitionen in beiden Län-dern signifikant; dies deutet auf Komplementarität hin	KBC: -0,016-0,042 + Insig.
Crass und Peters (2014)	IV	Firmen; 2006-2010; 11.021 für 6.231 Unternehmen; nicht-balanciertes Panel	Deutschland; Schätzungen über alle Wirtschafts-zweige hinweg sowie separat für Ver.Gew, Dienst-leistungen sowie high-tech, medi-um-tech, low-tech Industrien und wissensintensive Dienstl.	Umsatz; BWS, AP (Umsatz pro Kopf) in der Robust-heitsprü-fung	Investitionen und Kapitalstö-cke; FuE, Design u. Lizenzen, Weiterbildungsausgaben, Werbung, Markenpflege, Anteil hochqualifizierter Ar-beitskräfte, Patentanzahl, Markenzeichenbestand , 3 Dummies für Organisations-kapital; alle Investionen und Stöcke als Intensität (Verhältnis zu Ar-beitseinsatz)	CD; KBC in TFP-Funktion	OLS, FE, OP, LP	KBC-Elemente individuell mit positiven und sign. Produktionselas-tizitäten, aber die Koeffizienten sinken deutlich wenn alle KBC-Elemente berücksichtigt werden, zudem ist Patentbestand fast immer insignifikant; werden Kapitalstöcke genutzt, verlieren alle Innovationsvariablen ihre Signifikanz; Organisationskapi-tal (Dummies) nur in sehr wenigen Schätzungen mit positiver und signifikanter Produktionselastizität	FuE: 0,01-0,063 + Insig Lizenzen etc.: 0,005-0,046 + Insig. Patente: 0,015-0,069 + Insig. Weiterbild.: 0,032-0,095 hochq. Arbeitn.: 0,094-0,387 Werbung:0,02-0,102 + Insig. Markenzeichen: 0,019-0,044 + Insig. Organisationsk.:0,026-0,05 + Insig.
Chen et al. (2014)	II	Sektoren; 1995-2007; 1.320; balanciertes Panel	10 EU-Länder inkl. Deutschland; 11 Wirtschafts-zweige (Abschnit-te); Schätzungen über Länder und Sekto-ren hinweg	Δ AP (BWS pro Kopf)	Investitionen; KBC-Intensität (KBC als Aggregat im Verhältnis zum Arbeitseinsatz); economic competencies (als Intensität), innovtive properties (als Intensität); FuE, Design, Organisationska-pital, Humankapital, Werbung und Marktforschung in robust-ness check	erweiterte CD; KBC als Inputs in Produktions-funktion	OLS, IVS	KBC-Aggregat: Steigende KBC-Intensität erhöht Wachstum der Arbeitsproduktivität; zusätzlicher Effekt in IKT intensiven Wirt-schaftszweigen; KBC-Elemente: Markforschung hat keinen sig. Effekt; Werbung hat sign. negativen Effekt; übrigen KBC-Elemente haben positiven Effekt	KBC: 0,097-0,16 +Insig. Economic comp.: 0,517 Innovation prop.: 0,158 Organisationsk.: 0,086 FuE: 0,059 Humankapital: 0,029 Marktf.: Insig. Design: 0,143 Werbung: -0,054

Autoren, Jahr	Typ	Untersuchungs-einheiten, -zeitraum, Anzahl der Beobachtungen, Art des Daten-satzes	Land (Anzahl Länder); Wirt-schaftszweig(e)	Abhängi-ge Vari-able(n)	Investment vs. Kapitalstöcke; berücksichtigte KBC-Elemente	Funktionale Form; KBC Eingang	Schätz-metho-den	Ergebnisse	Koeffizienten (Wertebereich (sign. Ergebnisse), " + Insig." wenn es insign. Koeff. gibt)
Roth und Thum (2013)	II	Land; 1998-2005; 98; balanciertes Panel	13 EU-Länder inkl. Deutschland; gewerblichen-Wirtschaft; über alle Länder hinweg, für Ländergruppen, unterschiedliche Zeiträume etc.	Δ AP (BWS pro Arbeits-stunde)	Kapitalstöcke; 3 KBC-Elemente als Intensität (Verhältnis zum Arbeitsein-satz): Computerized informati-on, Innovation Property, Eco-nomic Competencies	erweiterte CD; KBC als Inputs in Produktions-funktion	RE, G2SLS	KBC als Aggregat hat sign. positi-ven Effekt; nur das Element "ökonomische Kompetenz" hat sign. Koeff. wenn alle 3 KBC-Elemente berücksichtigt werden.	KBC: 0,22-0,6 +Insig. Computerized inf:. Insig. Innovation prop.: Insig. Economic comp.: 0,2
Marrocu et al. (2012)	IV	Firmen; 2002-2006; 107.000; nicht-balanciertes Panel	6 EU-Länder ohne Deutschland; 8 Makrosektoren; Schätzungen über Länder und Sekto-ren hinweg; sowie separat für jeden Sektor und separat für jedes Land	BWS, Δ AP (BWS pro Kopf)	Monetäres Aggregat der han-delsrechtlich bilanziertes KBC-Elemente (FuE, Patente, Copy-rights und Markenrechte, Software, Weiterbildung)	erweiterte CD; KBC als Inputs in Produktions-funktion	OP, LP, IVS	Koeff. von KBC ist signifikant aber nur halb so groß wie der für physi-sches Kapital in allen Länderschät-zungen; stärkerer Effekt bei Schätzung mit Arbeitsproduktivität über Länder hinweg; Koeff. in wissensintensiven Dienstl. deutlich höher als im Ver.Gew.	KBC: 0,01-0,081

Quelle: DIW Berlin

Abkürzungen:

BWS	Bruttowertschöpfung
AP	Arbeitsproduktivität
TFP	Totale Faktorproduktivität
Ver.Gew.	Verarbeitendes Gewerbe
Dienstl.	Dienstleistung
OC	Organisationskapital
FuE	Forschung und Entwicklung
OP	Olley & Pakes (1998), Schätzmethode
LP	Levinsohn & Petrin (2003), Schätzmethode
OLS	Ordinary Least Square, Schätzmethode
SysGMM	System General Method of Moments, Schätzmethode
FE	Fixed-Effects, Schätzmethode
RE	Random-Effects, Schäzmethode
G2SLS	Generalized Two-Stage Least Square, Schätzmethode
CD	Cobb-Douglas Produktionsfunktion
translog	Translog Produktionsfunktion
IVS	Instrumentenvariablen, Schätzmethode
FD_FE	First Difference Fixed-Effects, Schätzmethode
LSDV	Least Squares Dummy Varibable, Schätzmethode

* Umfasst die Elemente: „Neue architektonische und technische Entwürfe; Entwicklungskosten für neue Produkte in der Finanzindustrie; Künstlerische und literarische Originale; Suchbohrungen“

** Umfasst die Elemente: „Neue architektonische und technische Entwürfe; Entwicklungskosten für neue Produkte in der Finanzindustrie“

Für die deutliche Variation der Elastizitäten gibt es eine Vielzahl von Gründen. Die Studien unterscheiden sich hinsichtlich (i) der verwendeten ökonometrischen Methoden, (ii) der zugrundeliegenden Datensätze, (iii) der betrachteten Zeiträume, (iv) der Untersuchungseinheit (Firma vs. Sektor oder Land) und (v) der Verwendung von Kapitalstöcken oder Investitionen. Die Ergebnisse erlauben dennoch bzw. gerade wegen dieser Heterogenität eine generelle Schlussfolgerung: Die Stärke des Effekts einzelner KBC-Elemente, also die Höhe der Koeffizienten, geht zurück, wenn mehrere KBC-Elemente zugleich in einer Analyse berücksichtigt werden. Zusätzlich verlieren die Koeffizienten in einigen Schätzungen ihre Signifikanz. Beide Befunde deuten darauf hin, dass die Produktionselastizitäten von KBC-Elementen tendenziell überschätzt werden, auch hinsichtlich ihrer Signifikanz, wenn jeweils nur einzelne KBC-Elemente in einer Untersuchung berücksichtigt werden, wie dies etwa in den in Abschnitt 3.1 vorgestellten Studien der Fall ist.

Die vorliegende Untersuchung unterscheidet sich von den bisherigen Studien in folgender Hinsicht:

i. Ein Großteil der Analysen wird auf Ebene der zweistelligen Wirtschaftszweige vorgenommen. Eine derart detaillierte sektorale Betrachtung lag bisher, zumindest für ein westliches Industrieland und im speziellen für Deutschland, noch nicht vor.
ii. Organisationskapital wird explizit als Investition bzw. als Kapitalstock berücksichtigt. Bis dato gibt es keine Untersuchung auf Unternehmensebene, die mehrere KBC-Elemente berücksichtigt, von der Nutzung von Dummy-Variablen abgesehen, in der dies der Fall ist.
iii. Die Investitionen in Software sowie Lizenzen werden explizit berücksichtigt.
iv. Der verwendete Unternehmensdatensatz umfasst mehr als 1 Million Beobachtungen und ist damit deutlich umfangreicher als in bisherigen Studien.
v. Es wird ein moderner struktureller Schätzansatz verwendet, der auf Ackerberg, Caves und Frazer (2015, im Weiteren ACF) aufbaut und der die Schwächen der bisherigen strukturellen Ansätze zur Produktionsfunktionsschätzung (Olley und Pakes 1996, im Weiteren OP; Levinsohn und Petrin 2003; im Weiteren LP) überwindet.

4. Unternehmensdaten sowie Abgrenzung und Erfassung von KBC

Für die Studie werden Unternehmens-, Betriebs- und Personendaten verwendet, die der Wissenschaft über die *Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder* (FDZ) und das *Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung* (IAB) der *Bundesagentur für Arbeit* (BA) zur Verfügung gestellt werden. Sämtliche Daten verbleiben im Besitz der betreffenden Institutionen und konnten durch das Projektteam ausschließlich im Rahmen der kontrollierten Datenfernverarbeitung genutzt werden.

Die Basis des Datensatzes bilden die fünf Unternehmensdatensätze, die im AFiD-Panel Dienstleistungen und im AFiD-Panel Industrieunternehmen enthalten sind und von den statistischen Ämter zur Verfügung gestellt werden. AFiD ist hierbei das Akronym für *Amtliche Firmendaten in Deutschland*. Einzelne Kennzahlen werden zudem dem AFiD-Panel Unternehmensregister entnommen und mit Hilfe der Unternehmensnummer und dem Jahr zu den Datensätzen hinzugefügt. Die Unternehmensdaten der amtlichen Statistik enthalten Angaben zu den Ausgaben für bzw. Investitionen in physisches Kapitel, in Software, in Lizenzen, in Patente und Markenrechte etc. sowie in innerbetriebliche Forschung und Entwicklung.

Die Berechnungen zur Abschätzung der Investitionen in Organisationskapital werden auf Basis des *Linked Employer-Employee* Datensatzes (LIAB) des IAB durchgeführt. Auch für die deskriptiven Analysen bzgl. des Organisationskapitals wird dieser Datensatz verwendet. Zusätzlich werden die Informationen zu Investitionen in Organisationskapital in den Datensatz imputiert, welcher aus den FDZ-Daten erstellt wird. Das dabei verwendete ökonometrische Verfahren lehnt sich an das CDM-

Modell an (Crépon, Duguet und Mairesse 1998). Für eine ausführliche Darstellung wird an dieser Stelle mit Verweis auf B.2 in Anhang B verzichtet. Der finale Unternehmensdatensatz wird ferner um externe Daten erweitert, die für die Preisbereinigung aller monetären Werte und die Schätzung der verschiedenen Kapitalstöcke benötigt werden.

Des Weiteren wird die Umschlüsselung der Wirtschaftszweigklassifikation von WZ 2003 auf WZ 2008 mit einer eigens dafür entwickelten Korrespondenztabelle durchgeführt. Dies stellt sicher, dass für die Analysen möglichst lange Zeitreihen zur Verfügung stehen. In der vorliegenden Untersuchung wird die Umschlüsselung auf Ebene der 5-stelligen Wirtschaftszweignummer vorgenommen und erlaubt damit die derzeit präziseste Zuordnung zu den neuen Wirtschaftszweigen. Dieses aufwendige Verfahren ist notwendig, weil die Umschlüsselung auf Ebene der zweistelligen Wirtschaftszweige zu ungenau ist.[11]

Auf Darstellung der einzelnen Unternehmens-, Betriebs- und Personendatensätze wird an dieser Stelle verzichtet. Interessierte Leser finden jedoch eine ausführliche Beschreibung im Anhang A. Nachfolgend wird dagegen das Vorgehen zur Abschätzung der Investitionen in die diversen KBC-Elemente auf Unternehmensebene beschrieben und der finale Datensatz kurz deskriptiv vorgestellt.

4.1 Erfassung der Investitionen in KBC-Elemente in den Unternehmensdaten

4.1.1 Investitionen in Organisationskapital

Für die Messung von Organisationskapital wird der Ansatz von Corrado, Hulten und Sichel (2009) verwendet, der auch von der OECD genutzt wird (OECD 2013a). Wie bereits in Abschnitt 3.2 beschrieben, wird angenommen, das Führungskräfte etwa 20 Prozent ihrer Zeit für die Entwicklung und Pflege des organisatorischen Aufbaus eines Unternehmens oder für die Entwicklung der Unternehmenskultur benötigen. Um diesen Investitionen in (selbsterstelltes) Organisationskapital einen monetären Wert zuzumessen, schlagen die Autoren vor, hierfür 20 Prozent der Lohnsumme der Führungskräfte anzusetzen. Das gekaufte Organisationskapital wird durch den Umsatz von Unternehmensberatung approximiert, von welchem 80 Prozent als Investitionen in Organisationskapital gelten. Eine Berücksichtigung von gekauftem und somit externem Organisationskapital im Rahmen dieser Untersuchung ist nicht möglich, da die Daten keine separaten Informationen über die Ausgaben der Unternehmen für eingekaufte Beratungsdienstleistungen enthalten.

Die Datenbasis für die Schätzung des Organisationskapitals in den Unternehmen ist der LIAB-Datensatzes des IAB (siehe Abschnitt A.2). Mit Hilfe der darin enthaltenen personenbezogenen Daten können die Führungskräfte in den einzelnen Unternehmen identifiziert werden. Hierfür werden die gesondert beantragten Daten zum 4-stelligen Berufsschlüssel verwendet. In dieser Detailtiefe enthält der Datensatz 693 unterschiedliche Berufe sowie 118 leitende Positionen entsprechend der seit 2011 geltenden *Klassifikation der Berufe 2010* (KldB 2010).[12] Innerhalb derselben sind Führungskräfte ab der vierten Stelle des Berufsschlüssels anhand der Ziffer 9 gekennzeichnet. Die Übersicht 3 veranschaulicht die Systematik anhand der Klassifizierung von Software- und Programmierberufen.

Der große Vorteil der verwendeten Daten gegenüber bisherigen Studien liegt darin, dass zunächst keinerlei Annahmen über die Führungskräfte und die mit ihnen verbundenen betrieblichen Aufwendungen gemacht werden müssen. Vielmehr werden die Führungskräfte und ihre Entlohnung explizit in

[11] Dies ist dem Umstand geschuldet, dass im Zuge der Umstellung der Klassifikation ganze Wirtschaftszweige aufgelöst und die darin enthaltenen Unternehmen auf diverse andere Wirtschaftszweige verteilt wurden.

[12] Detaillierte Informationen zur KldB2010 stellt die Bundesagentur für Arbeit zur Verfügung: https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010/KldB2010-Nav.html

den Daten beobachtet. Nachteilig wirkt sich jedoch die Umstellung der Berufsschlüssel von KldB 1992 auf KldB 2010 in 2011 aus. Die alte Klassifikation enthält nur 225 Berufe und 4 Geschäftsführungskategorien und ist somit weniger genau. Dies hat zur Folge, dass eine geringere Zahl von Führungskräften für die Jahre bis 2011 gegenüber dem Zeitraum ab 2012 gemeldet ist und führt dadurch zu einem Bruch in der Zeitreihe.

Übersicht 3: Systematik der Berufsklassifikation am Beispiel der Software- und Programmierberufe

KldB 2010-Code				Langbezeichnungen der Systematikpositionen	in LIAB frei verfügbar
1-Steller	2-Steller	3-Steller	4-Steller		
4				Naturwissenschaft, Geografie und Informatik	ja
	43			Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe	ja
		434		Softwareentwicklung und Programmierung	ja
			4341	Berufe in der Softwareentwicklung	nein
			4342	Berufe in der Programmierung	nein
			4349	Führungskräfte - Softwareentwicklung und Programmierung	nein

Quelle: KldB 2010.

Ein weiterer Punkt, der bei der Anwendung der Methode von Corrado, Hulten und Sichel (2009) auf die vorhandenen Unternehmensdaten berücksichtigt werden muss, ist die große Zahl von Unternehmen, die laut den IAB Daten keinerlei Führungskräfte haben. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass die Unternehmen von ihren Eigentümern geführt werden, welche sich selbst aber nicht als Manager melden. Dies betrifft 32 Prozent aller Unternehmen im LIAB. Darüber hinaus ist bekannt, dass viele Mitarbeiter, die Führungsfunktionen erfüllen, nicht immer offiziell die entsprechende Berufsbezeichnung führen, was das Problem der Untererfassung weiter vertieft. Es folgt somit, dass die Führungskräfte in den Unternehmen mit Hilfe der offiziellen KldB 2010 nicht vollumfassend erfasst werden. Um diesem Problem zu begegnen und weitere Führungskräfte zu identifizieren, wird ein Logit-Modell auf Ebene der Beschäftigten geschätzt. Dadurch kann sowohl der Bruch in der Zeitreihe behoben als auch einer größeren Zahl von Betrieben Führungskräfte zugeordnet werden.

Nach dieser Korrektur werden die Daten zum Bruttotageslohn der einzelnen Personen sowie die Anzahl der Tage, die jede Person in der Firma beschäftigt war, genutzt, um das Jahresbruttogehalt jedes Mitarbeiters zu berechnen. Anschließend wird die Zahl der Führungskräfte und ihre Bruttolohnsummen je Unternehmen und Jahr aufsummiert. Die Investitionen in Organisationskapital je Jahr und Betriebe werden wie bei Corrado, Hulten und Sichel (2009) mit 20 Prozent der betrieblichen Aufwendungen für Führungskräfte angesetzt.

Mit Hilfe der Stichprobengewichte, die in den LIAB-Daten enthalten sind, ist die Aggregation der Investitionen in Organisationskapital und die Darstellung repräsentativer Investitionsvolumen je Wirtschaftszweig und Jahr möglich (siehe Abschnitt 6).

4.1.2 Investitionen in FuE, Software, Lizenzen & Patente

Wie in Abschnitt A.1 ausgeführt, sind im AFiD-Panel Industrieunternehmen die Aufwendungen für innerbetriebliche Forschung und Entwicklung erfasst. Eine Umwandlung der FuE-Ausgaben in FuE-Investitionen entsprechend dem Vorgehen in der VGR ist auf Basis der Unternehmensdaten nicht möglich (siehe Abschnitt 7.6). Zum einen, weil auf Unternehmensebene keine Daten zum nationalen

und internationalen Handel mit FuE vorliegen. Auch die Kapitalausgaben für Forschung und Entwicklung werden nicht in den vorhandenen Firmendaten erfasst. Ferner ließe sich ein fiktiver Nettobetriebsüberschuss der selbsterstellter FuE auf Unternehmensebene nur schwer approximieren.

Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Studie die FuE-Aufwendungen als synonym zu den FuE-Investitionen angenommen, was auch dem Vorgehen in anderen mikroökonomischen Studien entspricht. Ferner zeigt ein Vergleich der vom Stifterverband publizierten Daten zu den FuE-Aufwendungen in den Wirtschaftszweigen, die die Grundlage der Berechnungen in der VGR bilden, mit den FuE-Investitionen der VGR, dass der Unterschied zwischen beiden Größen in der Regel gering ist. So betrug die Abweichung zwischen beiden Größen im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*), in dem der Großteil der FuE-Investitionen getätigt wird, im Jahr 2013 nur drei Prozent.[13]

Zu beachten ist ferner, dass die innerbetrieblichen FuE-Aufwendungen nicht Teil der diversen Strukturerhebungen sind, die im AFiD-Panel Dienstleistungen zusammengefasst werden. Allerdings enthalten die LIAB Daten Angaben zu den FuE-Beschäftigten und deren Entlohnung. Da die Personalkosten einen Großteil der FuE-Aufwendungen ausmacht, was in den Dienstleistungen noch mehr gilt als im Verarbeitenden Gewerbe, werden die FuE-Aufwendungen in den Dienstleistungssektoren mit den Ausgaben für FuE-Personal approximiert. Mit Hilfe der Stichprobengewichte in den LIAB Daten werden diese FuE-Ausgaben aggregiert und ermöglichen die Darstellung je Wirtschaftszweig und Jahr für die Dienstleistungssektoren (siehe Abschnitt 6).

Die Investitionen in Software, einschließlich Softwarelizenzen, sind in der Investitionserhebung bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes (IUE) und in den diversen Dienstleistungserhebungen des AFiD-Panel Dienstleistungen erfasst (SiD). Sie liegen somit direkt in den Unternehmensdatensätzen vor. Mit Ausnahme der Deflationierung der Werte, um sie über die Jahre vergleichbar zu machen, werden die beobachteten Werte nicht weiter modifiziert.

Neben Software weisen die genutzten Unternehmenserhebungen separat die Investitionen in Lizenzen, Konzessionen, Patente, Markenrechte, Warenzeichen und ähnliche Rechte aus. Investitionen in diese KBC-Elemente, die am ehesten in die Kategorie *innovationsrelevante Vermögenswerte* fallen (OECD 2013a, Corrado, Hulten und Sichel 2009), werden somit ebenfalls direkt beobachtet. Erfasst werden dabei die im „Geschäftsjahr auf dem Anlagenkonto nach dem HGB aktivierten Bruttozugänge an Konzessionen, Patenten, Lizenzen, Warenzeichen und ähnlichen Rechten […], die entgeltlich erworben wurden, soweit sie länger als ein Jahr im Geschäftsbetrieb genutzt werden.“ (Statistisches Bundesamt 2013, 5). Nach dieser Definition werden somit nicht die „selbst geschaffenen“ Vermögenswerte erfasst (ein Unternehmen meldet ein Patent an und nimmt es als Vermögenswert in die Bilanz auf) sondern nur die erworbenen Vermögenswerte.

4.2 Vorgehen zur Berechnung der Kapitalstöcke

Für die Berechnung der Kapitalstöcke wird auf die in der Literatur vorrangig verwendete *perpetual inventory method* (PIM) zurückgegriffen (Hall, Mairesse und Mohnen 2010) Der Kapitalstock wird somit wie folgt approximiert:

(1) $$K_{it} = (1-\delta)K_{it-1} + I_{it}$$

[13] Es finden sich jedoch auch einige Ausnahmen. So lagen die Abweichungen zwischen den FuE-Investitionen und den FuE-Aufwendungen im Jahr 2013 im *Baugewerbe* (*F*) bei 16 Prozent und im *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*) bei 56 Prozent. Im Abschnitt *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*) überstiegen die FuE-Investitionen der VGR die FuE-Aufwendungen des Stifterverbandes sogar um fast 150 Prozent.

wobei K_{it} den Kapitalstock, I_{it} die FuE-Investitionen und δ die Abschreibungsrate des Kapitalstocks, t das Jahr und i das Unternehmen bezeichnet. Der Kapitalstock des aktuellen Jahres (K_{it}) ergibt sich somit aus der Summe des um die Abschreibungen bereinigten Kapitalstocks aus dem Vorjahr ($(1-\delta)K_{it-1}$) und den Investitionen des aktuellen Jahres (I_{it}). Diese Methodik wird für die Berechnung des physischen Kapitalstock und der Kapitalstöcke der KBC-Elemente verwendet.

Wird diese Methode ohne weitere vorangehende Kalkulationen verwendet, bedarf es, in Abhängigkeit der anzusetzenden Abschreibungsrate, vergleichsweise langer Zeiträume bis der Kapitalstock eine realistische Größe erreicht und in den Schätzungen verwendet werden kann. Die Tatsache, dass die Unternehmen in der Regel nicht über den gesamten Beobachtungszeitraum in den Datensätzen enthalten sind (siehe die Ausführungen in Abschnitt A.1) sowie der in der Regel begrenzte Zeithorizont in Unternehmensdatensätzen stehen dem entgegen. Da dies jedoch die Regel und nicht die Ausnahme ist, sind verschiedene Ansätze entwickelt worden, um die Kapitalstöcke bereits für das erste Jahr zu approximieren, für das ein Unternehmen in einem Datensatz beobachtet wird.

Im vorliegenden Gutachten ist das Vorgehen der OECD im *MultiProd* Projekt (OECD 2014) genutzt worden. Der sogenannte initiale Kapitalstock je Unternehmen ergibt sich demnach aus dem Mittelwert zweier Größen $\left(K_{i0} = \left(K_{i0}^{a} + K_{i0}^{b}\right)/2\right)$: Ein erster initialer Kapitalstock (K_{i0}^{a}) wird als Produkt aus der Zahl der Beschäftigten im Unternehmen und der für das Jahr und den zweistelligen Wirtschaftszweig beobachtet Kapitalintensität approximiert. Ein zweiter initialer Kapitalstock $\left(K_{i0}^{b}\right)$ wird gebildet, indem die beobachtete minimale Investitionssumme je Unternehmen mit der Abschreibungsrate ins Verhältnis gesetzt wird. Der Mittelwert aus beiden Größen entspricht dem Kapitelstock eines Unternehmens im ersten Beobachtungsjahr ($K_{it} = K_{io}$ für $t = 0$).

Da alle monetären Werte preisbereinigt werden müssen, bevor sie in Produktionsfunktionen verwendet werden können, ist selbiges natürlich auch für die Kapitalstöcke notwendig. Auch in dieser Hinsicht folgt die Methode dem Ansatz der OECD im *MultiProd* Projekt. Dementsprechend werden nicht die Kapitalstöcke am Ende der Prozedur deflationiert, sondern die Investitionen werden preisbereinig bevor die eigentliche Kapitalstockberechnung durchgeführt wird. Die Deflationierung erfolgt mit Hilfe der Preisindizes je Kapitalart, zweistelligem Wirtschaftszweig und Jahr. Welche Preisindizes für welche Kapitalart verwendet und wie diese ermittelt wurden, ist in Abschnitt A.3 dokumentiert.

Eine weitere relevante Größe sind die Abschreibungsraten. Wie ebenfalls in Abschnitt A.3 dargelegt, werden für den physischen Kapitalstock die Abschreibungsraten aus der VGR je zweistelligem Wirtschaftszweig und Jahr verwendet. Für die KBC-Elemente liegen keine Abschreibungsraten vor. Das Gutachten folgt daher dem Großteil der Literatur und nutzt, ebenso wie die OECD (2013a), die von Corrado, Hulten und Sichel (2009) vorgeschlagenen Abschreibungsraten von 20 Prozent für FuE, 33 Prozent für Software und Datenbanken, 20 Prozent für Lizenzen, Patente etc. und 40 Prozent für Organisationskapital (Übersicht 1). Diese Abschreibungsraten werden konstant für alle Branchen und Jahre angesetzt. Dieses Vorgehen hinsichtlich der KBC-Elemente ist aufgrund fehlender tatsächlicher und gesicherter Beobachtungen bzgl. der Abschreibungsraten notwendig und ist auch in der Literatur das bis dato gängige Vorgehen.

4.3 Datensatzsbeschreibung

Der Datensatz basiert auf dem AFiD-Panel Dienstleistungen und dem AFiD-Panel Industrieunternehmen, in welchen Unternehmen aus den Wirtschaftszweigen *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*), *Verarbeitendes Gewerbe* (*C*), *Verkehr und Lagerei* (*H*), *Information und Kommunikation* (*J*), *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L*), *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*), *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (*N*) und *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (*S95*) erfasst sind.

Für die Analysen steht am Ende der Datenbearbeitung ein Unternehmensdatensatz mit mehr als einer Million Beobachtungen zur Verfügung. Die Beobachtungen verteilen sich über die Jahre und die Unternehmensdatensätze wie in Tabelle 1 dargestellt. Wie aus dieser hervorgeht, enthält der Datensatz 1,4 Millionen Beobachtungen aus Dienstleistungssektoren und 476.000 Beobachtungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe und dem Bergbau. Die Fallzahl steigt über den Beobachtungszeitraum kontinuierlich an, von rund 143.000 im Jahr 2003 auf rund 200.000 im Jahr 2013. Dieser Zuwachs geht im Wesentlichen auf die wachsende Fallzahl im Dienstleistungsgewerbe zurück.

Tabelle 1: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und Datensatz

Jahr	AFiD-Panel Dienstleistungs-unternehmen (SiD)	AFiD-Panel Industrieunternehmen					Gesamt-datensatz
		KSE	IEU	JBU	KSE_IEU	Total	
2003	102.112	16.728	37.714	40.036	15.813	41.110	143.222
2004	106.284	16.099	37.680	39.694	15.522	40.266	146.550
2005	112.524	15.420	37.015	38.941	14.920	39.500	152.024
2006	116.176	14.884	36.985	38.191	14.515	39.007	155.183
2007	120.423	14.532	37.255	38.346	14.265	38.658	159.081
2008	129.867	17.304	37.815	38.822	16.818	39.358	169.225
2009	138.388	16.735	36.338	37.539	16.341	38.006	176.394
2010	143.870	16.226	35.979	37.044	15.903	37.432	181.302
2011	149.683	15.766	36.277	37.163	15.523	37.485	187.168
2012	156.023	17.148	36.771	37.638	15.696	39.172	195.195
2013	161.933	16.639	37.001	37.784	15.685	38.851	200.784
2014		16.187	37.054	37.688	15.452	38.552	38.552
Total	1.437.283	193.668	443.884	458.886	186.453	467.397	1.904.680

SiD – Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich
KSE – Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau
IEU – Investitionserhebung bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und Bergbau
JBU – Jahresbericht für Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau
KSE_IEU – Unternehmen die zeitgleich Beobachtungen in der KSE und der IEU aufweisen
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Für die Schätzungen der Produktionsfunktionen ist neben der reinen Beobachtungszahl entscheidend, inwieweit für alle relevanten Variablen numerische Werte vorhanden sind. Demzufolge müssen für erfolgreiche Schätzungen zumindest Beobachtungen für die Wertschöpfung (Umsatz), die Zahl der tätigen Personen und den physischen Kapitalstock vorhanden sein. Dies ist für die meisten Unternehmen in der Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich gegeben. Im Verarbeitenden Gewerbe muss ein Unternehmen zeitgleich sowohl Teil der Investitionserhebung als auch der Kostenstrukturerhebung sein, damit sowohl Kapitaldaten als auch Outputgrößen verfügbar sind. Die mit KSE_IEU bezeichnete Spalte in Tabelle 1 zeigt die Zahl der Unternehmen je Jahr, für die das der Fall ist.

Tabelle 2 schlüsselt zusätzlich die Anzahl der Beobachtungen je Jahr und einstelligem Wirtschaftszweig auf. Anhand dieser Tabelle wird deutlich, dass die Umstellung von WZ 2003 auf WZ 2008 zu deutlich abweichenden Fallzahlen vor und nach 2008 führt. Hiervon betroffen sind in erster Linie die Wirtschaftszweige *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L*), *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (*N*) und *Erbringung von sonstigen Dienstleitungen* (*S95*). Im letztgenannten Wirtschaftszweig ist dies dem Umstand geschuldet, dass die Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich nur den Wirtschaftszweig *Reparatur von DV-Geräten und Gebrauchsgütern* (*S95*) berücksichtigt so-

wie der Tatsache, dass die darin enthaltenen Unternehmen zuvor nicht Teil der Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich waren.

Ferner wurde in der Dienstleistungserhebung für das Jahr 2008 eine komplett neue Stichprobe gezogen. Bis 2007 gab es nur zwei Wirtschaftszweige (*Verkehr und Nachrichtenübermittlung* (Abschnitt *I* nach WZ03) und *Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen* (Abschnitt *K* nach WZ03)), ab 2008 indes vier Wirtschaftszweige sowie der zweistellige Wirtschaftszweig *S95*. Dadurch stieg die Anzahl der befragten Unternehmen um mehr als 10.000 Einheiten.

Tabelle 2: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und Wirtschaftszweig (WZ-1-Steller)

	Wirtschaftszweige (WZ-1-Steller)								
Jahr	Bergbau (B)	Verarbeitendes Gewerbe (C')	Verkehr & Lagerei (H)	Information Kommunikation (J)	Grundstücks- & Wohnungswesen (L)	Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	Sonstige wirtschaftl. Dienstleistungen (N)	Reparatur DV-Geräte & Gebrauchsgüter (S95)	Total
2003	707	40.403	19.084	10.975	22.174	32.271	17.011	551	143.176
2004	662	39.604	19.688	11.688	23.411	33.924	17.003	537	146.517
2005	633	38.867	20.560	12.602	25.081	36.426	17.290	524	151.983
2006	598	38.409	20.958	13.394	25.571	38.288	17.442	517	155.177
2007	577	38.081	21.848	14.026	25.428	40.629	17.985	500	159.074
2008	579	38.779	20.251	15.311	15.106	48.345	26.968	3.886	169.225
2009	558	37.448	21.466	16.298	16.893	51.587	28.363	3.773	176.386
2010	564	36.868	21.869	16.985	18.091	53.831	29.345	3.746	181.299
2011	559	36.926	21.413	16.668	18.673	59.996	30.270	2.663	187.168
2012	554	38.618	22.022	17.304	19.103	62.574	32.279	2.737	195.191
2013	534	38.317	22.731	18.245	19.725	64.593	33.809	2.827	200.781
2014	522	38.030							38.552

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Zu einem geringen Teil lässt sich der Sprung zwischen den Jahren 2007 und 2008 auch durch fehlende bzw. fehlerhafte Wirtschaftszweigklassifikationen im Originaldatensatz vor 2008 erklären. Insgesamt gibt es mehr als 2.000 Beobachtungen in der Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich, für die die Wirtschaftszweigklassifikation nicht in der notwendigen 5-stelligen Tiefe vorliegt. Für diese Unternehmen ist eine Umrechnung von WZ 2003 auf WZ 2008 nicht möglich.

Aus Tabelle 2 geht ferner hervor, dass die Fallzahl im *Bergbau* (*B*) selbst auf Ebene der einstelligen Wirtschaftszweige relativ gering ist. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Fallzahlen je Jahr und zweistelligem Wirtschaftszweig, wie sie in Tabelle E-1 im Anhang dargestellt ist, zeigt zudem, dass im *Bergbau* (*B*) nur der Wirtschaftszweig *Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau* (*B08*) über ausreichend große Fallzahlen verfügt. In den übrigen zweistelligen Wirtschaftszweigen des Bergbaus liegen dagegen zwischen 5 und 17 Beobachtungen jährlich vor. Die deskriptive Auswertung ist daher aus Datenschutzgründen für die zweistelligen Wirtschaftszweige im Bergbau häufig nicht möglich. Zugleich gilt auch, dass eine ökonometrische Analyse im *Bergbau* (*B*) nur für wenige zweistellige Wirtschaftszweige möglich ist.

Eine weitere Erkenntnis aus Tabelle E-1 ist, dass das Problem geringer Fallzahlen auch andere zweistellige Wirtschaftszweige betrifft. Dies gilt insbesondere für die *Tabakverarbeitung* (*C12*) mit jähr-

lich 21 bis 25 Beobachtungen sowie die *Kokerei und Mineralölverarbeitung* (*C19*) mit jährlich 42 bis 50 Beobachtungen. In beiden Wirtschaftszweigen sind in Deutschland vor allem Firmenzentralen angesiedelt aber nicht zwangsläufig auch große Teile der Produktion. Dies führt zu verzerrten Ergebnissen in Schätzungen der Produktionsfunktionen, weshalb beide Wirtschaftszweige in sektoral tiefgliedrigen Analysen häufig unberücksichtigt bleiben (Richter und Schiersch 2016). So wird auch hier verfahren.

5. Modelle und Schätzmethode

Für die empirische Analyse der in der Einleitung aufgeworfenen Fragestellungen werden verschiedene Modelle verwendet. Diese werden in Abschnitt 5.1 vorgestellt. Dabei werden vor allem die unterschiedlichen Annahmen zum Wirkungszusammenhang zwischen den KBC-Elementen und dem Output bzw. der Produktivität thematisiert. In Abschnitt 5.2 wird das empirische Vorgehen bei der Schätzung der Modelle skizziert.

5.1 Modelle

Im Rahmen der mikroökonometrischen Untersuchungen der Wirkung von KBC werden zwei unterschiedliche Modelle zugrunde gelegt. Das erste Modell entspricht dem in Literatur hauptsächlich verwendeten Ansatz einer Produktionsfunktion, in welcher die einzelnen KBC-Elemente als direkte Inputs im Produktionsprozess berücksichtigt werden. Die Produktionsfunktion lautet in diesem Fall (Modell I):

$$Y_{ijt} = F\left(L_{ijt}, K_{ijt}, R_{ijt}, S_{ijt}, Z_{ijt}, O_{ijt}; \boldsymbol{\beta}\right) e^{\omega_{ijt}}, \tag{2}$$

wobei Y_{ijt} die Bruttowertschöpfung, K_{ijt} den physischen Kapitalstock, L_{ijt} den Arbeitseinsatz, R_{ijt} das KBC-Element FuE, O_{ijt} das KBC-Element Organisationskapital, S_{ijt} das KBC-Element Software und Datenbanken, Z_{ijt} das KBC-Element Lizenzen & Patente, ω_{ijt} die Totale Faktorproduktivität (TFP) und $\boldsymbol{\beta}$ den Vektor der Produktionselastizitäten bezeichnen. Die Indizes i, j und t bezeichnen das Unternehmen, den Sektor und den Beobachtungszeitpunkt. $F(\cdot)$ beschreibt die verwendete funktionale Form der Produktionsfunktion. Dies kann beispielsweise die translog-Spezifikation oder auch die Cobb-Douglas Spezifikation sein. Wie in Abschnitt 3.3 gezeigt, folgt der Großteil der Literatur Griliches (1979) und unterstellt, dass die erweiterte Cobb-Douglas Spezifikation die Funktion $F(\cdot)$ adäquat beschreibt. In diesem Falle lautet die Schätzgleichung:

$$Y_{ijt} = K_{ijt}^{\beta_K} L_{ijt}^{\beta_L} R_{ijt}^{\beta_R} S_{ijt}^{\beta_S} O_{ijt}^{\beta_O} Z_{ijt}^{\beta_Z} e^{\omega_{ijt}}. \tag{3}$$

Diverse Varianten von Funktion (3) liegen dem überwiegenden Teil der bisherigen empirischen Untersuchungen zugrunde und bilden auch in dieser Studie den Ausgangpunkt der Analysen. Der Ansatz geht mit einer Reihe von Annahmen einher. Unter anderem unterstellt der Cobb-Douglas Spezifikation, dass die Substitutionselastizität[14] (σ_{kn}) zweier Inputs zueinander auf jedem Punkt der Isoquante

[14] Die (Hicks-) Substitutionselastizität misst die prozentuale Änderung des Verhältnisses von Input k zu Input j, welche sich aus einer einprozentigen Veränderung der Grenzrate der technischen Substitution zwischen den Inputs k und j an einem Punkt der Isoquante ergibt. Vereinfacht ausgedrückt ist sie ein „measure of the effects of a movement along an isoquant" (Tarshis and Lerner 1934, 147). Die Substitutionselastizität kann jeden Wert zwischen (fast) null und unendlich annehmen. Im zweiten Fall sind die Inputs perfekte Substitute füreinander. Ihre Beziehung lässt sich durch eine einfache, lineare additive Funktion beschrieben. Im Fall einer Substitutionselastizität von 1 liegt der Spezialfall einer Cobb-Douglas Produktionsfunktion vor. Nimmt die Substitutionselastizität dagegen den Wert null an, sind die beiden betreffenden Inputs nicht gegeneinander substituierbar. Man spricht in diesem Fall von einer limitationalen bzw. Leontief Produktionsfunktion. Für eine einfache schematische Darstellung siehe auch Abbildung D-2.

sowie für alle Isoquanten der Produktionsfunktion bei exakt 1 liegt. Vereinfacht ausgedrückt ist es jederzeit bei jedem Outputniveau und jedem Inputbündel möglich, jeden der Inputfaktoren durch einen anderen zu substituieren. Dies ist eine durchaus kritische Annahme, da es nicht sofort einsichtig ist, dass beispielsweise Arbeit in großem Umfang durch Lizenzen ersetzt werden kann und der produzierte Output hiervon unbeeinflusst bleibt. Neben der Annahme einer konstanten Substitutionselastizität ist daher auch denkbar, dass die Substitutionselastizitäten für die diversen Inputkombinationen variieren, bis hin zur Komplementarität zwischen einzelnen Inputs. Um dies Möglichkeit nicht auszuschließen, wird im Verlauf der Untersuchung auch die translog-Spezifikation für $F(\cdot)$ geschätzt, die jedwede Substitutionselastizität zwischen zwei Elementen erlaubt.

Obschon der Ansatz von Griliches noch immer großen Zuspruch erfährt, lässt sich mit ihm jedoch nicht der Frage nachgehen, inwieweit die KBC-Elemente die Produktivität beeinflussen. Dies gilt auch für die Arbeitsproduktivität, welche, wie durch einfaches Umstellen von Gleichung (3) ersichtlich wird, nicht direkt durch die KBC-Elemente getrieben wird. Vielmehr beeinflussen die KBC-Elemente die Arbeitsproduktivität nur über ihre outputsteigernde Wirkung.[15]

Alternativ zum Griliches Ansatz wird im zweiten Modell unterstellt, dass die KBC-Elemente direkt auf die Totale Faktorproduktivität wirken (Modell II):

$$Y_{ijt} = F\left(L_{ijt}, K_{ijt}; \boldsymbol{\beta}\right) e^{\overbrace{\mathrm{G}\left(R_{ijt}, S_{ijt}, Z_{ijt}, O_{ijt}, \omega_{ijt-1}; \boldsymbol{\gamma}\right)}^{\omega_{ijt}}}. \tag{4}$$

In diesem Modell ist die TFP $\left(\omega_{ijt}\right)$ durch die Funktion $\mathrm{G}(\cdot)$ beschrieben, welche ihrerseits die einzelnen KBC-Elemente sowie ggf. die zurückliegenden Produktivitätsentwicklungen umfasst. Im einfachsten Fall einer loglinearen Funktion und unter Vernachlässigung der zurückliegenden Produktivität wird die TFP wie folgt beschrieben:

$$\omega_{ijt} = \gamma_{r,j} r_{ijt-1} + \gamma_{s,j} s_{ijt-1} + \gamma_{z,j} z_{ijt-1} + \gamma_{o,j} o_{ijt-1}. \tag{5}$$

Der wesentliche Unterschied zwischen den Modellen besteht in der Annahme über den Wirkungskanal zwischen den KBC-Elementen und dem Output oder der Produktivität von Unternehmen. In Modell I determinieren die KBC-Elemente als direkte Inputs im Produktionsprozess unmittelbar den Output der Unternehmen. Sie haben jedoch keinen unmittelbaren Einfluss auf die TFP der Unternehmen. In Modell II wirken die KBC-Elemente hingegen ausschließlich auf die Totale Faktorproduktivität. Vereinfacht ausgedrückt wird in Modell II also unterstellt, dass beispielsweise die FuE-Anstrengungen der Unternehmen direkt und ausschließlich produktivitätssteigernd wirken und nur indirekt outputsteigernd. Dagegen wird in Modell I angenommen, dass FuE direkt im Produktionsprozess benötigt wird und eine direkte Wirkung auf den Ausstoß der Unternehmen hat. Die auf Basis der beiden Modelle empirisch ermittelten Parameter für die KBC-Elemente müsse in entsprechender Weise interpretiert werden. Anzumerken ist, dass es nicht das eine „richtige“ Modell gibt. Beide werden in der Literatur genutzt, mit einem Schwerpunkt auf Modell I, und haben ihre Berechtigung.

Dies gilt umso mehr, wenn die Datenlage keine detaillierte Aufgliederung der einzelnen KBC-Elemente dahingehend zulässt, dass zwischen den in der Produktion genutzten und den produktivitäts-

[15] Für die Analyse der Arbeitsproduktivität kann Gleichung (3) im einfachsten Fall wie folgt umgestellt werden: $Y_{ijt}/L_{ijt} = K_{ijt}^{\beta_K} L_{ijt}^{(\beta_L - 1)} R_{ijt}^{\beta_R} S_{ijt}^{\beta_S} O_{ijt}^{\beta_O} Z_{ijt}^{\beta_Z} e^{\omega_{ijt}}$. Zwar können die geschätzten Parameter dann dahingehend interpretiert werden, dass die Erhöhung eines spezifischen Inputs $\gamma \in \{K, R, S, Z, O\}$ um eine Einheit die Arbeitsproduktivität um β_k erhöhten. Wie aber der Vergleich mit Gleichung (3) verdeutlicht, bleiben die Parameter der KBC-Elemente von der Umstellung auf die Arbeitsproduktivität unberührt und ändern damit auch nicht ihre Aussage, dass nämlich der Output um β_k steigt, was zugleich auch zur Verbesserung der Arbeitsproduktivität führt.

steigernden KBC-Aufwendungen unterschieden werden kann. Somit können z.B. Softwareinvestitionen im Kundenservice eher den Absatz steigern als direkte Effekte für die Produktivität haben. Gleiches gilt auch für die Investitionen in FuE: Ein verbessertes Produkt kann technisch genauso effizient (TFP) produziert werden wie sein Vorgänger, aber besser den Kundenwünschen entsprechen und so den Umsatz und die Wertschöpfung erhöhen.[16]

Somit ist es durchaus möglich, dass die Elastizitäten der KBC-Elemente in beiden Modellen signifikant sind. Sollten aber beispielsweise deutlich mehr signifikante Elastizitäten für einzelne KBC-Elemente in einem der beiden Modellen beobachtet werden, deutet dies darauf hin, dass die betreffenden Elemente mit größerer Sicherheit eine produktivitätssteigernde als eine outputsteigernde Wirkung entfalten und umgekehrt. Eine direkter Vergleich der Koeffizienten inklusive der Interpretation der Differenzen ist nicht zulässig, da in Modell I die Wirkung der KBC-Elemente auf die Bruttowertschöpfung und in Modell II die Wirkung auf die TFP gemessen wird. Letzteres ist eine Indexwert bzw. ein Multiplikator, während die Bruttowertschöpfung eine in Euro gemessene Outputgröße ist.

5.2 Empirische Methoden

5.2.1 Ökonometrische Herausforderungen von Produktionsfunktionsschätzungen

Die empirische Schätzung der Wachstumswirkung bzw. des Zusammenhangs zwischen den Inputs und dem Output von Unternehmen unter Nutzung von Produktionsfunktionen ist durch eine Reihe ökonometrischer Schwierigkeiten gekennzeichnet. Dies betrifft vor allem Analysen auf Basis von Firmendaten, aber auch makroökonomische Untersuchungen sind hiervon nicht gänzlich frei. Zu den wesentlichen Problemen zählen unter anderem (i) die potenziell unzureichende Datenqualität; (ii) die *ex ante* unterstellte funktionale Form von $F(\cdot)$; (iii) das Selektionsproblem und (iv) das Simultanitätsproblem (Aguirregabiria 2009).

Bezüglich der Datenqualität sei an dieser Stelle auf Abschnitt A.1 verwiesen. Inwieweit die *ex ante* Festlegung der funktionalen Form von $F(\cdot)$ sowie die damit einhergehenden Annahmen Auswirkungen für die Schätzungen und die Interpretation der Parameter haben, ist bereits im vorangegangenen Abschnitt erörtert worden. An dieser Stelle sei daher nur noch einmal festgehalten, dass in den Analysen sowohl die Cobb-Douglas als auch die translog-Spezifikation getestet werden, um diese Schwäche zu umgehen.

Das Selektionsproblem entsteht dadurch das Ausscheiden von Unternehmen aus dem Markt. In der Regel wird dies in den Datensätzen nicht explizit beobachtet. Vielmehr bestehen die gängigen Firmendatensätze aus den Unternehmen, die sich am Markt behaupten. Zudem schrumpfen Unternehmen häufig, bevor sie aus dem Markt austreten. Bei Datensätzen mit Abschneidegrenzen – also einer Mindestzahl an Mitarbeitern bzw. an Umsatz – fallen die entsprechenden Unternehmen aus dem Datensatz, bevor sie tatsächlich aus dem Markt ausscheiden. Ggf. erholen sie sich jedoch auch wieder. Beides wird vom Ökonometriker gar nicht bzw. nur unzureichend beobachtet. Ferner besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit dafür, dass kleine Unternehmen aus dem Markt ausscheiden. All dies hat zur Folge, dass der Exit von Unternehmen mit der Unternehmensgröße korreliert und kein ein exogener Prozess ist. Damit ist Selektion jedoch endogen und das hieraus folgende Selektionsproblem kann zum

[16] Kann das neue Produkt jedoch zu einem höheren Preis abgesetzt werden, während es in der Produktion mit gleichem Aufwand und gleicher technischer Effizienz je Stück produziert wird, schlägt sich dies ebenfalls auf die gemessene Totale Faktorproduktivität nieder. Zum sogenannten *input price bias* und *output price bias* in Produktivitätsschätzungen siehe u.a. Klette und Griliches (1996), Foster, et al. (2008), Katayama, et al. (2009), De Loecker, et al. (2016), Grieco et al. (2016).

sogenannten *selection bias* führen. Mit anderen Worten, die geschätzten Parameter können verzerrt sein.[17]

Da Selektion ein grundsätzliches Problem in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern ist, gibt es diverse methodische Vorgehen, um die Schätzungen um den Selektionseffekt zu bereinigen. Für Produktionsfunktionen haben Olley und Pakes (1996) neben der grundsätzlichen Entwicklung eines strukturierten Ansatzes zur Produktionsfunktionsschätzung gezeigt, wie das Problem durch die Aufnahme eines aus einem Selektionsmodell abgeleiteten Selektionsterms in die Produktionsfunktion gelöst werden kann. Auf eine explizite Darstellung des Vorgehens wird an dieser Stelle mit Verweis auf die Originalstudie verzichtet. Dies auch deshalb, weil die Ergebnisse in Olley und Pakes (1996) unter anderem folgendes zeigen: Die Selektion verzerrt tatsächlich die Schätzungen und somit die Parameter, wenn dieses Problem nicht durch einen Selektionsterm aufgefangen wird, der zu diesem Zweck in die Schätzungen eingefügt wird. Dies gilt aber nur, solange mit einem *balancierten Panel* gearbeitet wird. So werden Datensätze bezeichnet, die nur die Unternehmen enthalten, die über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg beobachtet werden. In der Regel werden balancierte Panel durch das Löschen aller übrigen Beobachtungen erzeugt. Wird hingegen auf diese Datenbereinigung verzichtet, sind die Parameterschätzungen nicht länger signifikant durch den Selektionseffekt verzerrt. Man spricht bei einem solchen Datensatz von einem *nicht-balancierten Panel*. Mit anderen Worten, "once they move to the unbalanced panel, their selection correction does not change their results [anymore]" (Levinsohn und Petrin 2003, 324) Dieser Befund wird durch andere Autoren bestätigt (siehe u.a. Aw, Bee Yan, Roberts und Xu 2011). Folgerichtig integriert die Mehrzahl der späteren Studien keinen Selektionsterm in die Schätzgleichung, sondern nutzt nicht-balancierte Panel (siehe u.a. De Loecker und Warzynski 2012, Doraszelski und Jaumandreu 2013, De Loecker 2013, Ackerberg, Caves und Frazer 2015). Wir folgen in der vorliegenden Untersuchung der Literatur und verzichten auf eine zusätzliche Selektionskontrolle zugunsten der Verwendung eines nicht-balancierten Panels.

Das Simultanitätsproblem ist eine der größten Herausforderungen bei den Schätzungen von Produktionsfunktionen auf Basis von Mikrodaten. Für das bessere Verständnis sei an dieser Stelle noch einmal auf eine generelle Produktionsfunktion ohne KBC-Elemente zurückgegriffen (Vgl. Gleichung (2)):

$$Y_{ijt} = F\left(L_{ijt}, K_{ijt}; \boldsymbol{\beta}\right) e^{\varepsilon_{ijt}}, \tag{6}$$

wobei ε_{ijt} ein Störterm ist. Der wesentliche Unterschied zwischen Gleichung (2) und Gleichung (6) ist der, dass anstelle von ω_{ijt}, der TFP, nun das ε_{ijt} enthalten ist. Die TFP ist also nicht als eigenständige Variable vorhanden. Der Grund hierfür ist, dass die firmenspezifische Produktivität durch den Ökonometriker nicht beobachtet wird und sich auch in keinerlei Unternehmensdaten findet. Damit ist die Produktivität, wie alle übrigen unbeobachteten Einflussfaktoren, ein Teil des Störterms ε_{ijt}.

Selbstverständlich ist den Unternehmen ihre eigene Produktivität bekannt bzw. sie haben zumindest eine (grobe) Idee davon, wie produktiv sie sind. Aufgrund dieses Wissens werden sie die Inputfaktoren so wählen, wie es für das angestrebte Outputniveau und gegeben ihre Produktivität angemessen ist. Damit entsteht jedoch ein ökonometrisches Problem. Um verzerrungsfreie Schätzer für die Produktionselastizität der diversen Inputs zu ermitteln, ist es notwendig, dass diese nicht mit dem Störterm korrelieren. Eine Grundbedingung lautet somit $E\left[\varepsilon_{ijt} \middle| L_{ijt}\right] = 0$ und $E\left[\varepsilon_{ijt} \middle| K_{ijt}\right] = 0$. Diese notwendige Bedingung ist jedoch nicht erfüllt. Denn wenn ε_{ijt} die TFP enthält $\left(\omega_{ijt}\right)$, welches seinerseits mit den Inputs (negativ) korreliert (je höher die TFP umso weniger Inputs benötigt ein Unternehmen für das identische Outputniveau), dann korreliert auch der gesamte Störterm $\left(\varepsilon_{ijt}\right)$ mit den Inputs. Vereinfacht ausgedrückt: Die Inputvariablen sind nicht länger exogen.

[17] Für eine mathematische Darstellung des Selektionseffekts und seines Einflusses auf die Schätzung siehe Aguirregabiria (2009, 19ff).

Das Simultanitätsproblem ist stets eine Herausforderung bei der Schätzung von Produktionsfunktionen mit Firmendaten, da die TFP nie beobachtet wird. Da dieses Problem letztlich bereits seit Marschak und Andrews (1944) bekannt ist, gibt es jedoch eine relativ lange Historie der Entwicklung ökonometrischer Verfahren, um das Simultanitätsproblem zu lösen. Dies reicht von der Verwendung von *fixed-effects* Verfahren, über Schätzungen mit echten Instrumentenvariablen, bis hin zur Nutzung interner Instrumente im Rahmen des *Generalized Method of Moments* (GMM) Verfahrens. Für eine Darstellung der Entwicklung und der einzelnen Methoden sei der interessierte Leser auf Ackerberg, et al. (2007), Arellano und Bover (1995) sowie Blundell und Bond (1998) verwiesen.

Eine neuere Entwicklung stellen die sogenannten *control function approaches* bzw. *structural approaches* dar. Diese strukturellen Ansätze gehen auf Olley und Pakes (1996) zurück. Sie wurde in der Folge durch Levinsohn und Petrin (2003), Bond and Söderbom (2005), Ackerberg, Caves und Frazer (2015), De Loecker, et al. (2016) und anderen weiterentwickelt. Unter Akzeptanz der dabei verwendeten Annahmen erlauben diese strukturellen Ansätze kausale Aussagen bezüglich des Zusammenhangs der Inputfaktoren und dem Output.

5.2.2 Struktureller Ansatz der Produktionsfunktionsschätzung

Die vorliegende Studie nutzt ebenfalls einen strukturellen Ansatz für die empirische Analyse. Dieser ist angelehnt an Ackerberg, Caves und Frazer (2015; im Weiteren ACF) und wird nachfolgend vorgestellt. Für die Erläuterungen wird zunächst auf Modell I abgestellt und angenommen, dass die Produktionsfunktion $F(\cdot)$ adäquat durch die Cobb-Douglas Spezifikation beschrieben ist. Für die Darstellung wird auf den Sektorenindex j verzichtet.

Die sogenannten Kontrollfunktionsansätze bzw. strukturellen Ansätze machen sich den Zusammenhang zwischen TFP und einigen Inputvariablen zunutze. Seit der Studie von Levinsohn und Petrin (2003) wird der Zusammenhang zwischen dem Materialinput und der TFP verwendet. Es wird angenommen, dass der Materialinput durch eine (Nachfrage-)Funktion beschrieben werden kann, d.h. also $m_{it} = h_t(\dots, \omega_{it})$. Unter Nutzung einiger Annahme, von denen die wichtigsten lauten, dass (i) m_{it} sich nicht dynamisch verhält, dass (ii) ω_{it} die einzige unbeobachtete Variable in der Funktion h_t ist und (iii) dass die Funktion monoton steigend in ω_{it} ist, kann h_t invertiert werden. Damit steht die Funktion $\omega_{it} = h_t^{-1}(\dots, m_{it})$ zur Verfügung, wodurch sich das bis dahin unbeobachtete TFP in der Schätzgleichung durch die Funktion $h_t^{-1}(\cdot)$ substituieren lässt. Für die Schätzgleichung (3), umgewandelt in loglineare Form und mit dem Störterm $\varepsilon_{it} = \omega_{it} + u_{it}$, folgt somit:

$$y_{it} = \varphi_t(l_{it}, k_{it}, r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}, m_{it}) + u_{it}. \tag{7}$$

mit $\varphi_t(l_{it}, k_{it}, r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}, m_{it}) = \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_r r_{it} + \beta_s s_{it} + \beta_z z_{it} + \beta_o o_{it} + h_t^{-1}(\cdot)$. Die Funktion $h_t^{-1}(\cdot)$ „kontrolliert“ somit für die unbeobachtete Produktivität und löst dadurch das Endogenitätsproblem. Die Funktion $h_t^{-1}(\cdot)$ enthält sämtliche beobachteten exogenen Variablen plus den Materialinput: $\omega_{it} = h_t^{-1}(l_{it}, k_{it}, r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}, m_{it})$. Weil die wahre funktionale Form von $h_t^{-1}(\cdot)$ unbekannt ist, wird sie mit Hilfe eines Polynoms vom Grade *n* in allen Variablen approximiert.

Da die eigentlich exogenen Variablen Teil der Funktion $h_t^{-1}(\cdot)$ sind, ist es nicht möglich, konsistente Schätzer der jeweiligen Koeffizienten – also für $\hat{\beta}_l, \hat{\beta}_k, \hat{\beta}_r, etc.$ – durch Schätzen der Funktion (7) zu gewinnen. Die strukturellen Ansätze sehen daher ein zweistufiges Verfahren vor. In der ersten Stufe wird Schätzgleichung (7) mit Hilfe von OLS geschätzt. Für die zweite Stufe wird angenommen, dass die Produktivität der Unternehmen einem first-order Markov-Prozess folgt. Demnach folgt die Erwartung der Unternehmen über ihre aktuelle Produktivität aus den Erfahrungen der zurückliegenden Jahre und einem unerwarteten Produktivitätsschock, formal also $\omega_{it} = \mathrm{E}(\omega_{it}|I_{it-1}) + \xi_{it} = \mathrm{g}(\omega_{it-1}) + \xi_{\mathrm{it}}$, wobei I_{it-1} für den Wissensstand und die Erfahrungen der zurückliegenden Jahre steht und ξ_{it} für einen nichtplanbaren Schock auf die Produktivität. Letzteres kann eine neue Entdeckung, ein unerwar-

teter Maschinenfehler, ein Naturereignis, eine Auswahl wichtiger Mitarbeiter etc. sein. Er korreliert daher nicht mit I_{it-1}. Da die funktionale Form von $g(\omega_{it-1})$ unbekannt ist, wird sie in der empirischen Umsetzung durch ein Polynom vom Grade n approximiert. Im Fall von $n = 3$ also (Petrin, Poi und Levinsohn 2004):

$$\omega_{it} = \gamma_0 + \gamma_1\omega_{it-1} + \gamma_2\omega_{it-1}^2 + \gamma_3\omega_{it-1}^3 + \overbrace{\epsilon_{it}}^{\xi_{it}+e_{it}}, \tag{8}$$

wobei der unerwartete und unbeobachtete Schock ξ_{it} Teil des Störterms ist, in dem e_{it} wiederum eine unabhängig und identisch verteilte Zufallsvariable (i.i.d.) ist. Da ω_{it} noch immer unbekannt ist, wird auf die in Gleichung (3) bzw. Gleichung (7) beschriebenen Produktionsfunktionen und die Ergebnisse der ersten Stufe zurückgegriffen. Wir wissen, dass $h_t^{-1}(\cdot)$ ein Proxy für ω_{it} ist und dass $\varphi_t(l_{it}, k_{it}, r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}, m_{it}) = \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_r r_{it} + \beta_s s_{it} + \beta_z z_{it} + \beta_o o_{it} + h_t^{-1}(\cdot)$. Ferner wird φ_t wird in der ersten Stufe ermittelt. Durch einfaches Umstellen folgt somit $h_t^{-1}(\cdot) = \omega_{it} = \varphi_t(l_{it}, k_{it}, r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}, m_{it}) - \beta_l l_{it} - \beta_k k_{it} - \beta_r r_{it} - \beta_s s_{it} - \beta_z z_{it} - \beta_o o_{it}$. Selbstverständlich sind die Koeffizienten noch nicht bekannt. Durch die Verwendung von Startwerten für die Selbigen kann aber eine erste Approximation für ω_{it} vorgenommen und ω_{it} bzw. ω_{it-1} in die obige Schätzgleichung eingefügt werden. Im Zuge eines iterativen Verfahrens wird sodann die Schätzgleichung (8) mit Hilfe von GMM geschätzt und die Koeffizienten für die einzelnen Inputs ermittelt.

Hierfür ist es notwendig, dass die im GMM verwendeten Instrumente orthogonal zu ϵ_{it} sind. Dafür sind die sogenannten *timing assumptions* entscheidend. Die vorliegende Studie folgt bzgl. der Faktoren Arbeit und Kapital der Literatur und nimmt an, dass beide Variablen in t nicht mit dem Produktivitätsschock zum Zeitpunkt t korrelieren, formal also $E[\xi_{it}|k_{it}] = 0$ (Olley und Pakes 1996, Levinsohn und Petrin 2003) sowie $E[\xi_{it}|l_{it}] = 0$ (Ackerberg, Caves und Frazer 2015). In beiden Fällen steht dahinter die durchaus begründete Annahme[18], dass beispielsweise k_{it} durch den Kapitalstock k_{it-1} und die Investitionen i_{it-1} determiniert ist und dadurch die Unabhängigkeit vom Produktivitätsschock ξ_{it} gewährleistet wird. Mit anderen Worten, die vergangenen Investitionsentscheidungen und Informationen bestimmen den Kapitalstock in t, er ist dadurch jedoch unabhängig von den neuen Erkenntnisse zum Zeitpunkt t.

Eine identische Argumentation ließe sich auch für die KBC-Elemente anführen, solange diese als Kapitalstöcke in die Produktionsfunktion eingehen. Ein Gegenargument hierzu kann lauten, dass zumindest ein Teil der Investitionen in KBC schneller output-wirksam werden als die Investitionen in Gebäude, die gebaut werden müssen, oder Maschinen, die zunächst auch geordert, dann aufgebaut und schließlich in den Produktionsprozess integriert werden müssen. Folgt man dieser Argumentation, gilt für alle KBC-Elemente das $E[\xi_{it}|V_t] \neq 0$ mit $V_t = \{r_{it}, s_{it}, z_{it}, o_{it}\}$. Da ein Teil der Investition in die KBC-Elemente noch im gleichen Jahr wirksam werden, sind die Kapitalstöcke nicht unabhängig vom Informationsstand in t, welcher das Wissen um ξ_{it} beinhaltet. Aus diesem Grund müssen die um eine Zeiteinheit verzögerten KBC-Elemente als Instrumente in der zweiten Stufe verwendet werden. Es folgt: Die Schätzung der Modelle umfasst zwei Stufen. In der ersten Stufe wird Schätzgleichung (7) mit Hilfe von OLS geschätzt. In der zweiten Stufe werden die aus der ersten Stufe gewonnenen und bereinigten Werte der abhängigen Variable genutzt, um Gleichung (8) mit Hilfe von GMM zu schätzen. Für die GMM-Schätzung werden die folgenden Momentenbedingungen verwendet:

$$E[\xi_{it}|V_t] = 0 \text{ mit } V_t = \{l_{it}, k_{it}, r_{it-1}, s_{it-1}, z_{it-1}, o_{it-1}\}. \tag{9}$$

[18] Für eine eingehende Diskussion der timing assumption bezüglich des Faktors Arbeit siehe Doraszelski und Jaumandreu (2013) oder Ackerberg, Caves und Frazer (2015).

6. Bedeutung des Wissenskapitals in der deutschen Wirtschaft – deskriptive Befunde

In der Regel erfolgt die Darstellung der Investitionen in die KBC-Elemente auf der Ebene der gesamten Volkswirtschaft oder der gewerblichen Wirtschaft einzelner Länder (siehe Abbildung 1). Nach diesen makroökonomischen Daten sind die Investitionen in KBC durchaus ansehnlich und liegen für einige KBC-Elemente, z.B. hinsichtlich der FuE-Investitionen im Verhältnis zum BIP, international im oberen Bereich. Solche Daten erlauben jedoch keine Aussagen über die Relevanz der KBC-Elemente in einzelnen Wirtschaftszweigen oder Unternehmensgruppen. Nachfolgend werden daher auf Basis der hier verwendeten Unternehmensdaten (i) die Investitionen pro Jahr und zweistelligem Wirtschaftszweig ausgewertet, (ii) untersucht, wie viele Unternehmen investieren und (iii) geprüft, wie sich die Investitionen auf kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) und Großunternehmen verteilen. Durch die Verwendung der ab 2008 verfügbaren Hochrechnungsfaktoren ist zugleich sichergestellt, dass die dargestellten Kennzahlen repräsentativ für den jeweiligen Wirtschaftszweig sind.

6.1 Sektorale Investitionsvolumen

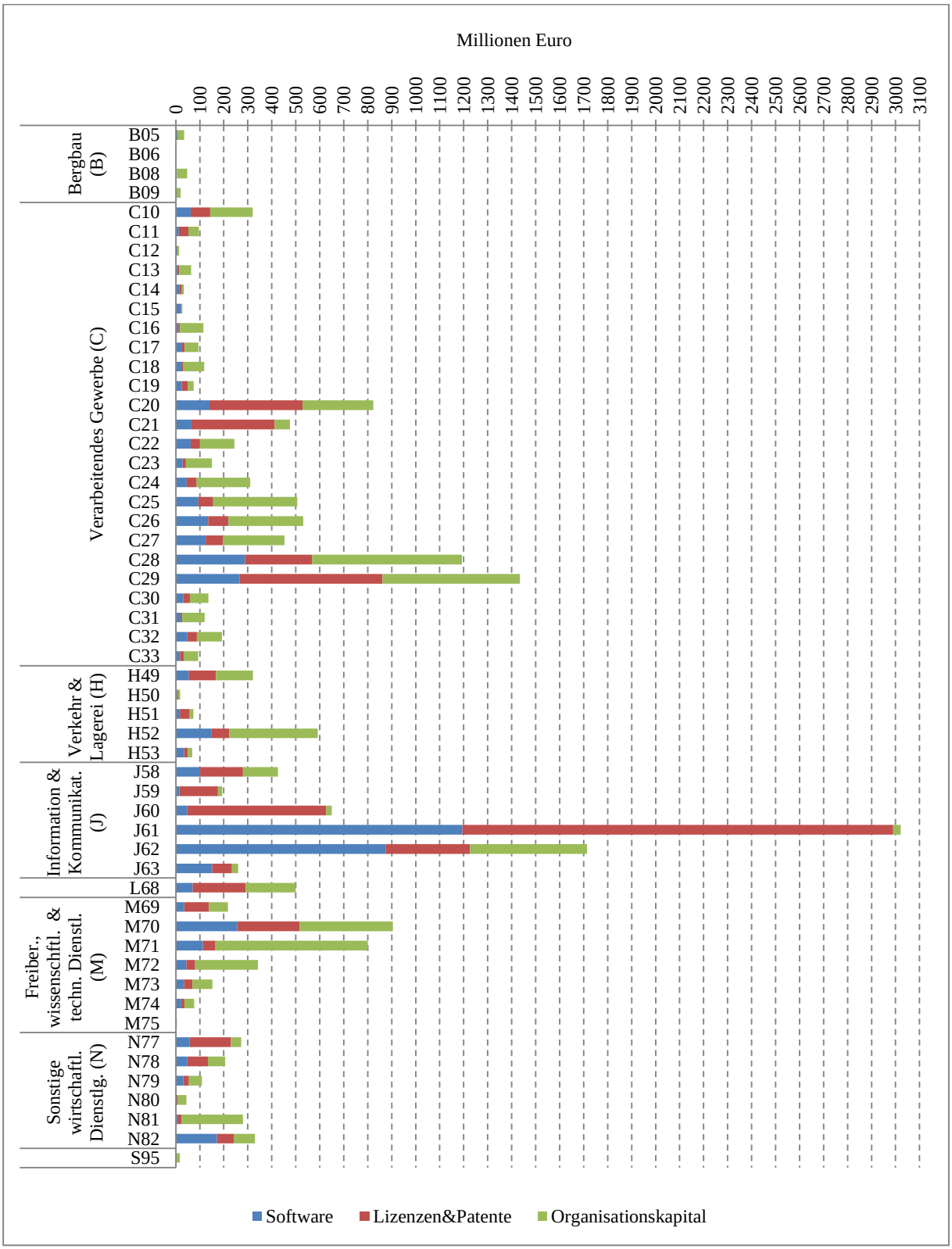
In einem ersten Schritt wird untersucht, wie hoch das Investitionsvolumen je KBC-Element in den zweistelligen Wirtschaftszweigen ist. Abbildung 4 zeigt die durchschnittlichen jährlichen Investitionen in Software, Lizenzen & Patente sowie Organisationskapital im Zeitraum 2009 bis 2013.[19] Die Beschränkung auf den Zeitraum 2009 bis 2013 erfolgt, weil für Dienstleistungen keine Beobachtungen für das Jahr 2014 vorliegen und es vor 2009 keine Softwareinvestitionen für das Verarbeitende Gewerbe gibt.

Wie aus Abbildung 4 hervorgeht, werden nur in wenigen Wirtschaftszweigen Investitionen in Lizenzen & Patente in relevanter Größenordnung vorgenommen. Das gilt insbesondere für den Wirtschaftszweig *Telekommunikation* (*J61*) mit einem durchschnittlichen Investitionsvolumen von mehr als 1,8 Mrd. Euro jährlich. Wie die detaillierte Aufschlüsselung in Tabelle E-4 zeigt, überdeckt dieser Mittelwert jedoch starke jährliche Schwankungen. Ein Hauptgrund für die hohen Investitionsvolumina ist der Erwerb und der Handel mit Mobilfunk- und UMTS-Lizenzen sowie anderer Frequenzblöcke. So versteigerte etwa die Bundesnetzagentur im Frühjahr 2010 UMTS-Frequenzblöcke für mehr als 4 Mrd. Euro. Derartige Versteigerungen und der weitere Handel mit Lizenzen dürften die hohen Investitionswerte in diesem Wirtschaftszweig erklären.

Auch die Wirtschaftszweige *Rundfunkveranstalter* (*J60*) sowie *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) weisen im Vergleich zu den übrigen Sektoren auffallend hohe Investitionssummen für Lizenzen & Patente auf. Die durchschnittlichen jährlichen Investitionsvolumina lagen zwischen 2009 und 2013 bei etwa 580 Millionen Euro bzw. 350 Millionen Euro. Im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) liegt der Schwerpunkt der Investitionen in Lizenzen & Patente mit durchschnittlichen Investitionen von 600 Millionen, 390 Millionen und 350 Millionen Euro in der *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*), der *Chemischen Industrie* (*C20*) und der *Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse* (*C21*). Auf die genannten sechs Wirtschaftszweige entfallen rund 60 Prozent der Investitionen in Lizenzen & Patente aller im Datensatz enthaltenen Sektoren. Zu beachten ist, dass die Variable nur die entgeltlich erworben und bilanzierten Rechte umfasst.

[19] Die Investitionen in FuE werden gesondert dargestellt, weil sie in einigen Wirtschaftszweigen derart hoch sind, dass die übrigen KBC-Elemente in einer gemeinsamen grafischen Darstellung kaum sichtbar wären.

Abbildung 4: Durchschnittliche Investitionen in Software, Lizenzen etc. und Organisationskapital nach zweistelligen Wirtschaftszweigen, 2009-2013, Millionen Euro



Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Die höchsten Investitionen in Software weisen die Sektoren *Telekommunikation* (*J61*) mit jahresdurchschnittlich etwa 1,2 Mrd. Euro, *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62) mit* 870 Millionen Euro sowie *Maschinenbau* (*C28*) mit 290 Millionen Euro und *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) mit 270 Millionen Euro auf. Dies ist wenig überraschend, da Software ein essentieller Bestandteil von Produkten in den Telekomunikations- und Informationsdienstleistungen ist. Auch in der Kraftfahrzeugindustrie ist das gesamte Motormanagement heute weitgehend softwarebasiert. Weitere Anwendungen im und rund ums Auto, vom Navigationsgerät bis zu Bluetooth-Schnittstellen, sind Teil moderner Autos und erfordern entsprechende Investitionen und Aktivitäten auf Seiten der Hersteller. Auch in der Maschinenbauindustrie wächst die Bedeutung von Software für die Vernetzung und Steuerung von Maschinen bzw. ganzer Fertigungsstraßen.

Weitere Wirtschaftszweige mit vergleichsweise hohen Investitionen im Zeitraum 2008 bis 2013 sind *Verwaltung und Führung von Unternehmen, Unternehmensberatung* (*M70*) und der Sektor *Wirtschftl. Dienstleistungen für Unternehmen* (*N82*) mit durchschnittlich 260 Millionen Euro und 170 Millionen Euro. Auf die genannten sechs Wirtschaftszweige entfallen etwa 60 Prozent der Investitionen in Software aller im Datensatz enthaltenen Sektoren.

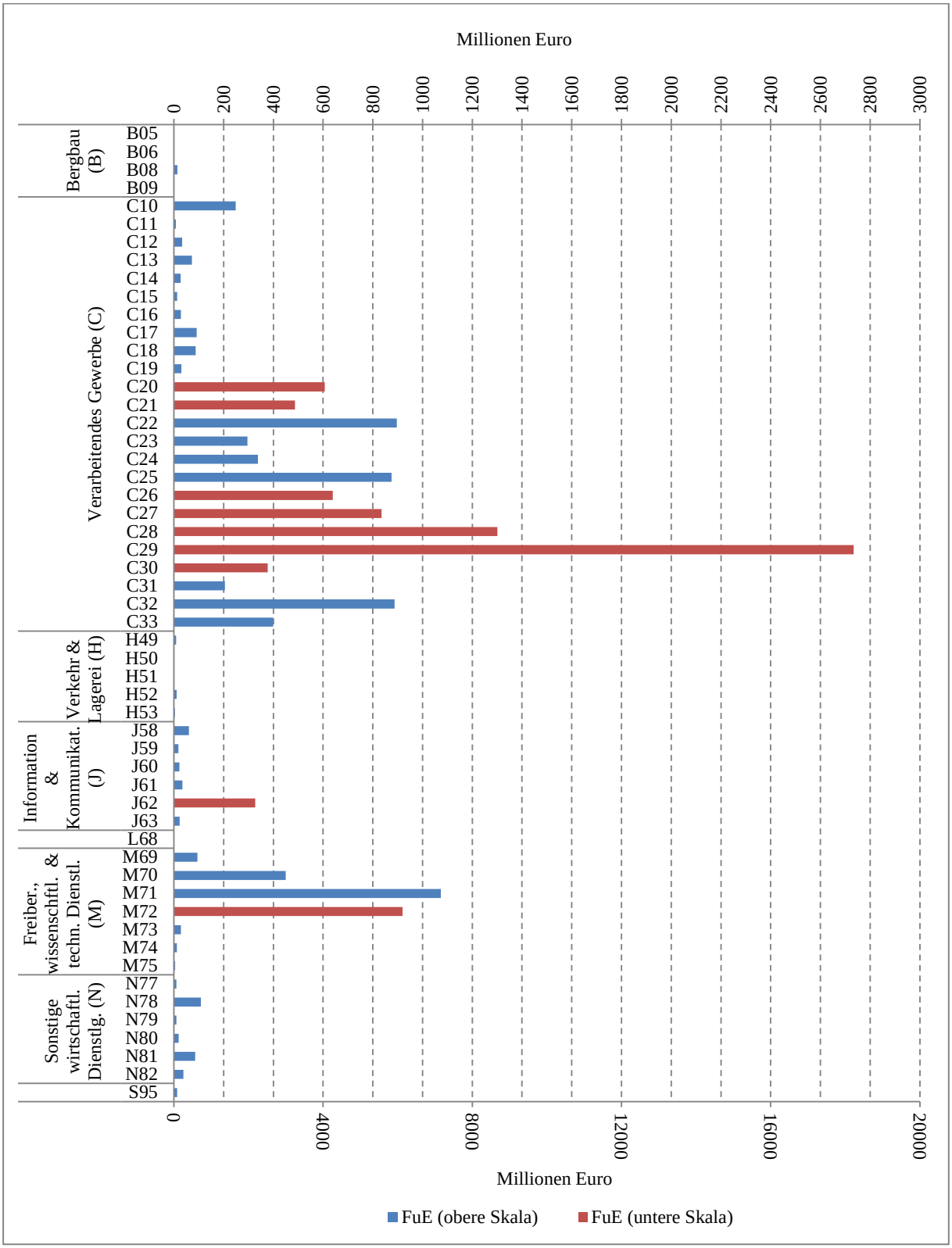
Die Wirtschaftszweige *Architektur-, Ing.büros, techn., physik. Untersuchung* (*M71*), *Maschinenbau* (*C28*) und *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) weisen die im Durchschnitt höchsten Investitionen in Organisationskapital auf. Zusammen mit den *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) und dem Sektor *Verwaltung und Führung von Unternehmen, Unternehmensberatung* (*M70*) investieren diese Wirtschaftszweige durchschnittlich etwa 2,7 Mrd. Euro in Organisationskapital und damit etwa ein Drittel der durchschnittlichen Investitionssumme aller zweistelligen Wirtschaftszweige im Datensatz. Investitionen in Organisationskapital sind zudem stärker auf alle Wirtschaftszweige verteilt als die anderen KBC-Elemente.

In der Darstellung der innerbetrieblichen FuE-Investitionen in Abbildung 5 sind die durchschnittlichen jährlichen Investitionsvolumen für eine Reihe zweistelliger Wirtschaftszweige an einer alternativen Skala abgetragen. Die betreffenden Investitionen sind in der Abbildung rot dargestellt und für sie gilt die untere x-Achse. Diese Unterscheidung ist notwendig, da die Investitionsvolumen in den betroffenen Branchen derart hoch ausfallen, dass die übrigen (blau abgetragenen) Investitionssummen in einer gemeinsamen Darstellung kaum sichtbar wären.

Bei den besonders forschungsstarken zweistelligen Wirtschaftszweigen handelt es sich um die *chemischen Industrie* (*C20*), die *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*), die *Herstellung v. DV-Geräten, elektron. u. opt. Erzeugnissen* (*C26*), die *Herstellung von elektrischen Ausrüstungen* (*C27*), den *Maschinenbau* (*C28*), die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*), den *Sonstiger Fahrzeugbau* (*C30*) und damit um die als forschungsintensive Industrien bezeichneten Sektoren.

In den Dienstleistungssektoren weisen nur die *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) und *Forschung und Entwicklung* (*M72*) durchschnittliche Investitionsvolumen von mehr als 2 Mrd. Euro auf. Sie zählen zu den wissensintensiven Dienstleistungssektoren. In den genannten Wirtschaftszweigen sind zwischen 2009 und 2013 jährlich durchschnittlich zwischen 2 Mrd. Euro bis 8,6 Mrd. Euro investiert worden. Eine Ausnahme ist der Kraftfahrzeugbau, dessen jährliche Investitionssumme in FuE zwischen 2009 und 2013 von 15,1 Mrd. Euro auf 22,1 Mrd. Euro stieg. Im Jahr 2013 entfielen damit 40 Prozent aller FuE-Investitionen im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) und dem *Bergbau* (*B*) auf den Kraftfahrzeugbau. Bezogen auf alle im Datensatz vertretenen Wirtschaftszweige, entfallen 30 Prozent der durchschnittlichen FuE-Investitionen auf die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*). Dies zeigt die starke Konzentration der FuE-Aktivitäten in Deutschland auf diese Industrie. Zusammen entfallen etwa 90 Prozent aller Investitionen in FuE, bezogen auf die im Datensatz erfassten Sektoren, auf die genannten neun Wirtschaftszweige.

Abbildung 5: Durchschnittliche Investitionen in FuE je zweistelligem Wirtschaftszweig, 2009 bis 2013, Millionen Euro



Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen; Berechnungen des DIW Berlin

Die Darstellung der Investitionen je KBC-Element nach Wirtschaftszweigen zeichnet ein differenzierteres Bild als dies mit Makrodaten bisher möglich war. Deutlich wird, dass der Großteil der Investitionen in die hier erfassten KBC-Elemente in einigen wenigen Wirtschaftszweigen getätigt werden. Dies gilt nicht nur für Investitionen in Forschung und Entwicklung, wo die besondere Bedeutung der forschungsintensiven Industrien bekannt ist. Auch die Softwareinvestitionen sowie die Investitionen in Lizenzen & Patente werden von einigen wenigen Wirtschaftszweigen getrieben. Dabei handelt es sich, anders als bei den FuE-Investitionen, jedoch häufiger um Dienstleistungssektoren.

Dieser Befund wird auch nicht dadurch eingeschränkt, dass nicht alle Wirtschaftszweige im Datensatz enthalten sind. Zum Ersten sind alle wissensintensiven Dienstleistungssektoren wie auch die forschungsintensiven Industrien im Datensatz erfasst. Zum Zweiten zeigt ein Vergleich mit den Daten aus der VGR sowie der im Rahmen der Indikatorik genutzten sektoralen Daten, dass in den hier nicht berücksichtigten Wirtschaftszweigen kaum in nennenswertem Umfang in KBC-Elemente investiert wird. Nur in den Wirtschaftszweigen *Erziehung und Unterricht* (*P*) und *Gesundheits- und Sozialwesen* (*Q*), die jedoch nur teilweise zur gewerblichen Wirtschaft zählen, finden sich noch substantielle Investitionen in Wissenskapital (siehe Abschnitt 8).

6.2 Investitionsquote und Anteil der investierenden Firmen

Nachfolgend wird mit Hilfe der Investitionsquote, als Quotienten von Investitionssumme und Bruttowertschöpfung, untersucht, in welchen Sektoren besonders intensiv in die KBC-Elemente investiert wird. Weil mit hochgerechneten Werten gearbeitet wird, sind die Ergebnisse repräsentativ für die im Datensatz enthaltenen Wirtschaftszweige. Abbildung 6 zeigt die durchschnittlichen Investitionsquoten für den Zeitraum 2009 bis 2013 für die zweistelligen Wirtschaftszweige. Die Investitionen in FuE sind, anders als im Abschnitt 6.1, darin enthalten.

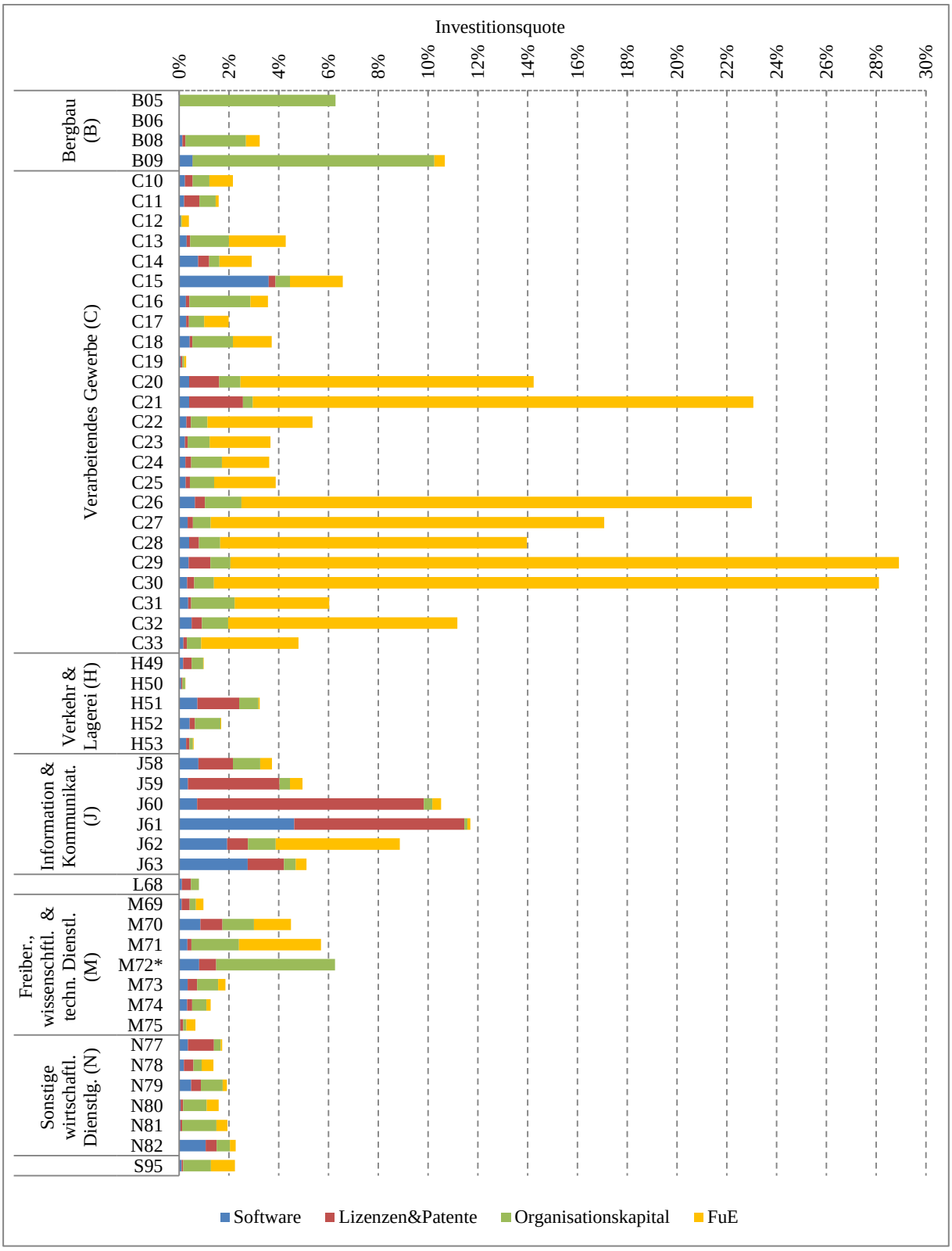
Die Investitionsquoten in den forschungsintensiven Industrien lagen im Zeitraum 2009 bis 2013 zwischen 14 Prozent und 29 Prozent und waren damit deutlich höher als in den übrigen, im Datensatz vertretenen Wirtschaftszweigen (Abbildung 6). Die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) dominiert auch in dieser Betrachtung. Aus einem Wert von 29 Prozent folgt dabei, dass im Kraftfahrzeugbau etwa jeder dritte erwirtschaftete Euro für Investitionen in KBC-Elemente verwendet wird, wobei der Löwenanteil auf FuE-Investitionen entfällt. Letzteres gilt mit geringeren Quoten auch für die übrigen forschungsintensiven Industrien. Somit sind die relativ hohen KBC-Investitionsquoten in den forschungsintensiven Industrien im Wesentlichen den Investitionen in FuE geschuldet. Die Quoten für die Investitionen in die übrigen KBC-Elemente, sind dagegen, gemessen an der Wertschöpfung, nicht überdurchschnittlich.[20]

Der Blick auf die im Datensatz berücksichtigten Dienstleistungssektoren zeigt, dass der Wirtschaftszweig *Information und Kommunikation* (*J*) und in diesem insbesondere die *Telekommunikation* (*J61*) und die *Rundfunkveranstalter* (*J60*) überdurchschnittlich hohe Investitionsquoten aufweisen. Dies geht insbesondere auf die Investitionen in Software sowie Lizenzen & Patente zurück. Die Investitionsquote bzgl. Software und Lizenzen & Patente ist zudem in fast allen zweistelligen Wirtschaftszweigen des Sektors *Information und Kommunikation* (*J*) merklich höher als in den forschungsintensiven Industrien. Dies verdeutlicht einmal mehr, dass nicht jedes KBC-Element für jeden Wirtschaftszweig gleich relevant ist. Anzumerken ist, dass auf die Darstellung der Investitionsquote für FuE im Wirtschaftszweig *Forschung und Entwicklung* (*M72*) verzichtet wurde. Sie wäre irreführend, weil der Output und somit die Wertschöpfung in diesem Wirtschaftszweig selbst FuE ist, während zugleich der Großteil

[20] Es ist zu berücksichtigen, dass selbsterstellte und bilanzierte Software bzw. selbsterstellte und bilanzierte Lizenzen & Patente nicht erfasst werden.

der Ausgaben auch als FuE gelten. Letztlich sind FuE-Input und FuE-Output in diesem Sektor eng verbunden. Die sich ergebende Quote liegt somit nahe an Eins.

Abbildung 6: Durchschnittliche Investitionsquoten nach Wirtschaftszweigen, 2009 bis 2013



* Eine Gegenüberstellung von FuE-Investitionen und Wertschöpfung im Sektor *Forschung und Entwicklung* (*M72*) ist irreführend, da Output und Input gleichermaßen FuE sind, weshalb auf eine Darstellung verzichtet wird.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Diese Auswertung zeigt, dass die Konzentration der Investitionen in KBC-Elemente auf einige wenige zweistelligen Wirtschaftszeige in der Regel auch von einer überdurchschnittlich hohen Investitionsquote in den betreffenden Wirtschaftszweigen begleitet wird. Die hohen Investitionssummen sind somit nicht nur Ausdruck der Größe der betreffenden Wirtschaftszweige.

Obschon damit die Sektoren identifiziert sind, auf die derzeit der Großteil der Investitionen in die KBC-Elemente entfällt, folgt daraus nicht unbedingt, dass sämtliche Unternehmen in den betreffenden Wirtschaftszweigen auch investieren. Um dies zu untersuchen, wird nachfolgend der Anteil der investierenden Unternehmen betrachtet. Hierfür wird zunächst der Anteil der der investierenden Unternehmen je Jahr und KBC-Element berechnet. Um jährliche Schwankungen auszugleichen, wird anschließend der Anteil der investierenden Unternehmen je KBC-Element im Mittel über den Zeitraum 2009 bis 2013 kalkuliert und interpretiert. Die Betrachtung der jährlichen Anteile wird gewählt, weil in der Diskussion der (makroökonomischen) Zahlen – z.B. jährliche Investitionen in FuE – genau auf diese Jahresscheiben abgestellt wird.

Wie aus Abbildung 7 hervorgeht, ist der Anteil der investierenden Unternehmen bei Investitionen in Lizenzen & Patente besonders gering.[21] In nur wenigen zweistelligen Wirtschaftszweigen investieren mehr als 10 Prozent der Unternehmen in dieses KBC-Element. Und auch in den Wirtschaftszweigen *Rundfunkveranstalter* (*J60*) und *Telekommunikation* (*J61*), in denen die höchsten Investitionsvolumina für Lizenzen & Patente beobachtet werden, beträgt der Anteil der Unternehmen nur 17 Prozent bzw. 11 Prozent. Höhere Anteile finden sich nur im Wirtschaftszweig *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*) mit 31 Prozent sowie *Kokerei und Mineralölverarbeitung* (*C19*) und *Gewinnung von Erdöl und Erdgas* (*B6*) mit jeweils mit 35 Prozent. Allerdings sind die Fallzahlen in den beiden letztgenannten Wirtschaftszweigen sehr gering (Abschnitt 4.3), weshalb die gemessenen Anteile investierender Unternehmen nur begrenzt mit denen anderer Sektoren vergleichbar sind.

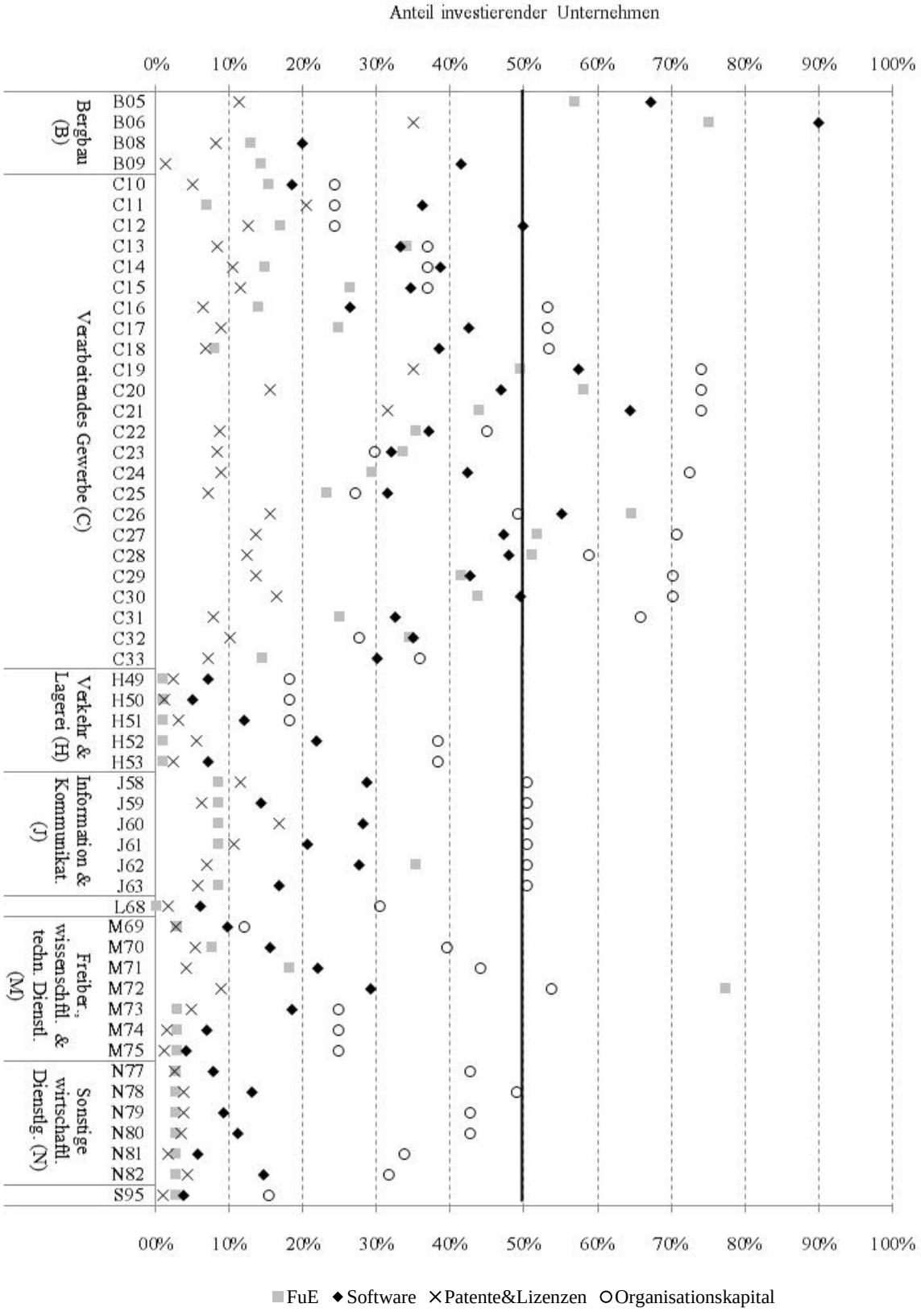
Der Anteil der in Software investierenden Unternehmen ist deutlich heterogener. Er ist in den forschungsintensiven Industrien am höchsten und hier insbesondere in der *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*) und der *Herstellung von DV-Geräten u. elektron. u. opt. Erzeugnissen* (*C26*) mit 65 Prozent bzw. 55 Prozent. Zusätzlich fällt auf, dass der Anteil im Verarbeitenden Gewerbe deutlich höher liegt als in den Dienstleistungssektoren. In den zweistelligen Wirtschaftszweigen im Verarbeitenden Gewerbe investieren in der Regel 25 Prozent oder mehr der Unternehmen in Software. Unter den im Datensatz enthaltenen Dienstleistungssektoren erreichen solche Werte nur die meisten zweistelligen Wirtschaftszweige im Sektor *Information und Kommunikation* (*J*) und der Wirtschaftszweig *Forschung und Entwicklung* (*M72*).

Nicht überraschend ist, dass der höchste Anteil von Unternehmen, die in FuE investieren, im Wirtschaftszweig *Forschung und Entwicklung* (*M72*) zu finden ist, da Forschung und Entwicklung in diesem Wirtschaftszweig der Geschäftsgegenstand ist. In den *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) meldet ein vergleichsweise hoher Prozentsatz von Unternehmen interne FuE-Aktivitäten. In den übrigen Dienstleistungssektoren investieren dagegen nur wenige Unternehmen in FuE.

In den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes ist der Prozentsatz der in FuE investierenden Unternehmen dagegen deutlich größer. Die höchsten Anteile finden sich erwartungsgemäß in den forschungsintensiven Industrien. Besonders hoch sind sie in den Branchen *Herstellung von elektron. u. opt. Erzeugnissen* (*C26*) mit 64 Prozent und *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*) mit 58 Prozent.

[21] Tabelle E-8 ist der durchschnittliche Anteil je einstelligem Wirtschaftszweig im Zeitraum 2009-2013 dargestellt.

Abbildung 7: durchschnittlicher Anteil investierender Unternehmen an allen Unternehmen nach Wirtschaftszweigen und KBC-Element, 2009 bis 2013



Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Dagegen beträgt der Anteil investierender Unternehmen in der *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) nur 41 Prozent, obwohl für diese Industrie das höchste Investitionsvolumen für FuE gemessen wird. Auch in der *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*), einer forschungsintensiven Industrie par excellence, liegt der durchschnittliche Anteil investierender Unternehmen nur bei 44 Prozent.

Da Investitionen in Organisationskapital aus den Ausgaben für Führungskräfte abgleitet werden und eine Vielzahl von Unternehmen über diversifizierte Führungshierarchien verfügen, finden sich vergleichsweise viele Unternehmen, die in das KBC-Element Organisationskapital investieren. Den höchsten Anteil weisen mit jeweils etwa 74 Prozent die Wirtschaftszweige *Herstellung von chemischen Erzeugnissen* (*C20*) und *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*) auf. Aber auch in den übrigen forschungsintensiven Industrien ist der Anteil investierender Unternehmen vergleichsweise hoch. Wie im nachfolgenden Abschnitt deutlich wird, ist dies unter anderem der Tatsache geschuldet, dass Großunternehmen, die in besonderem Maße über differenzierte Organisationsstrukturen verfügen, in diesen Wirtschaftszweigen ein besonders hohes Gewicht haben.

Somit zeigt sich, dass häufig nur eine Minderheit von Unternehmen in die einzelnen KBC-Elemente investiert. Eine Ausnahme bilden die Investitionen in Organisationskapital.

Da die in Abschnitt 3.3 aufgeführte Literatur keine Angaben zum Anteil investierender Unternehmen enthält, weder für das aggregierte KBC noch für einzelne KBC-Elemente, ist ein Vergleich der deskriptiven Befunde mit Angaben aus der Literatur nicht möglich. Hiervon ausgenommen sind Investitionen in FuE, für welche es Daten zur FuE-Beteiligung der Unternehmen aus dem Community Innovation Survey (CIS) gibt.

Die Befunde des CIS sind ähnlich zu den hier dargestellten Deskriptionen: „Die höchste FuE-Beteiligung zeigen […] die Unternehmen der Chemie und Pharmaindustrie (61% mit kontinuierlicher und 10% mit gelegentlicher FuE)“ (Rammer, Berger, et al. 2017, 7) Dies deckt sich mit dem Befund in Abbildung 7, wonach auch in den hier genutzten Mikrodaten etwas unter 60 Prozent der Unternehmen im Chemiesektor in FuE investieren. Zugleich finden sich im CIS der geringste Anteil von forschenden Unternehmen im Sektor *Verkehr und Lagerei* (*H*). Die darin enthaltenen Wirtschaftszweige weisen auch im hier genutzten Datensatz den geringsten Anteil von Unternehmen auf die in FuE investieren. Zumindest die vorliegende Deskription hinsichtlich FuE wird somit durch eine alternative Erhebung bestätigt.

Eine abschließende Beurteilung, ob der Anteil investierender Unternehmen bei einzelnen KBC-Elementen besonders „hoch“ oder „niedrig“ ist, ist nicht möglich. Hierfür müssten sektorale Vergleichszahlen aus anderen Ländern vorliegen. Und auch dann sind Vergleiche schwierig, weil sich die Rahmenbedingungen in den Ländern unterscheiden, die Unternehmen auf unterschiedliche Marktsegmente ausgerichtet sind und ähnliches mehr. Ohne diese Informationen besteht die akute Gefahr von irreführenden Vergleichen.

6.3 Unterschied zwischen KMU und Großunternehmen

Schließlich kann mit den hier genutzten Unternehmensdaten auch untersucht werden, wie sich die Investitionen in KBC-Elemente auf die kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) und die Großunternehmen verteilen. Die Zuordnung zu einer der beiden Gruppen wird anhand der Beschäftigtenzahl vorgenommen, wobei, dem europäischen Vorgehen folgend, Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern zu den KMU zählen.

Die Darstellung in der Tabelle 3 enthält in den ersten beiden Spalten den durchschnittlichen Wertschöpfungsanteil der Großunternehmen und der KMU je Wirtschaftszweig im Zeitraum 2009 bis 2013. Diese Zahl erlaubt Rückschlüsse über die relative Bedeutung von KMU in den Sektoren. Vor dem Hintergrund dieser Information kann der Anteil der KMU an den Investitionen bewertet werden.

Deren Darstellung erfolgt in Tabelle E-7 im Anhang E.[22] Die Spalten vier bis sechs in Tabelle 3 enthalten dagegen die Abweichung zwischen dem Investitionsanteil der KMU und ihrem Wertschöpfungsanteil.[23] Damit wird deutlich, ob die KMU mehr oder weniger zum Investitionsvolumen eines Sektors beitragen als dies aufgrund ihres Wertschöpfungsanteils erwartet werden kann. Da es sich um eine Differenz zwischen zwei Prozentwerten handelt, sind die entsprechenden Werte in Prozentpunkten angegeben. Zusätzlich erlauben die Balken je Zelle eine schnelle visuelle Einordnung, ob die KMU mehr oder weniger zu den Investitionen beitragen.

Mit Blick auf die Wertschöpfungsanteile im Verarbeitenden Gewerbe lässt sich feststellen, dass die KMU in vielen Wirtschaftszweigen zwischen 5 Prozent und 40 Prozent der Wertschöpfung erzeugen. Dies gilt auch für die forschungsintensiven Industrien, auf die der Großteil der FuE-Investitionen entfällt. So liegt beispielsweise der Wertschöpfungsanteil der KMU in der *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*), der *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) und dem *Sonstigen Fahrzeugbau* (*C30*) nur zwischen 5 Prozent und 9 Prozent. Aber auch in den übrigen forschungsintensiven Industrien liegt der Wert zwischen 10 Prozent und maximal 32 Prozent. Im Verarbeitenden Gewerbe im Allgemeinen und in den forschungsintensiven Industrien im Besonderen dominieren, gemessen am Produktionsoutput, somit die Großunternehmen.

Folgerichtig tragen die KMU auch nur wenig zu den Investitionen in die KBC-Elemente bei (siehe Tabelle E-7, Anhang E). Der vergleichsweise geringe Beitrag der KMU zu den sektoralen Investitionen in FuE ist jedoch nicht überraschend, sondern bestätigt bisherige Erkenntnisse, wonach der Anteil der deutschen KMU an den FuE-Investitionen auch im internationalen Vergleich eher gering ist (OECD 2015c). Wie die negativen Werte in der dritten Spalte von Tabelle 3 verdeutlichen, ist ihr Anteil an den Investitionen in FuE zudem auch geringer als ihr Wertschöpfungsanteil. Somit investieren die KMU in der Summe weniger, als es aufgrund ihres Gewichts zu erwarten wäre.

Etwas ausgeglichener ist die Verteilung für Investitionen in Software, Lizenzen & Patente sowie Organisationskapital. In den meisten Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes liegt der Anteil der KMU am durchschnittlichen Investitionsvolumen näher am Wertschöpfungsgewicht als dies bei den FuE-Investitionen der Fall war. Allerdings gilt auch hier, dass der Anteil der KMU am sektoralen Investitionsvolumen in fast allen Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes geringer ausfällt als ihr Wertschöpfungsbeitrag.

Eine erwähnenswerte Ausnahme ist der Wirtschaftszweig *Herstellung von elektrischen Ausrüstungen* (*C27*), der zu den forschungsintensiven Industrien zählt. In diesem Sektor tragen die KMU etwas mehr zu den Investitionen in Software und Lizenzen & Patente bei als zur sektoralen Wertschöpfung. Davon abgesehen, leisten die KMU in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes einen geringeren Beitrag zu den Investitionen in die einzelnen KBC-Elemente als dies aufgrund ihres sektoralen Gewichts erwartet werden kann.

Anders stellt sich die Situation, zumindest mit Blick auf die Bedeutung der KMU für die sektorale Wertschöpfung, in den Dienstleistungssektoren dar. Mit Ausnahmen der Wirtschaftszweige *Post-, Kurier- und Expressdienste* (*H53*), *Rundfunkveranstalter* (*J60*), *Telekommunikation* (*J61*) und *Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften* (*N78*) dominieren die KMU die einzelnen Wirtschaftszweige, oder tragen zumindest etwa 50 Prozent zur sektoralen Wertschöpfung bei.

---

[22] Die Auswertung des KMU-Anteils an den FuE-Investitionen ist für die Dienstleistungssektoren nicht möglich, da die statistischen Geheimhaltungsregeln einer Veröffentlichung entgegenstehen. In den einzelnen Zellen muss sowohl die Mindestfallzahlregel als auch die Dominanzregel eingehalten werden. Zusätzlich muss auch die sogenannte Sekundäre Geheimhaltung sicher gestellt sein. Für mehr Informationen siehe unter anderem Rothe (2016).

[23] Der Vergleich für organisationskapital beruht auf den LIAB Daten. Aufgrund fehlender Werte für die Bruttowertschöpfung wird der KMU-Investitionsanteil mit dem KMU-Beschäftigtenanteil verglichen.

Tabelle 3: Durchschnittlicher Wertschöpfungsanteil und Abweichung zwischen Investitionsanteil und Wertschöpfungsanteil von KMU in Prozentpunkten, 2009-2013

Wirtschaftszweige		Wertschöpfungsanteil		Abweichung zwischen Investitions- und Wertschöpfungsanteil der KMU in Prozentpunkten			
		Großunter.	KMU	FuE†	Software	Lizenzen & Patente	Organisationskapital‡
Bergbau (B)	B05*						
	B06*						
	B08*	37%	63%	-41	-10		-6
	B09*						
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	59%	41%	-18	-11	-19	-8
	C11	53%	47%	14		-12	-3
	C12*	96%	4%				
	C13	36%	64%	-5	-7	9	-6
	C14	50%	50%	12	-23	-7	-6
	C15	29%	71%	-35	-66	-21	-6
	C16	40%	60%	-13	-8	-27	-4
	C17	63%	37%	-4	-2	6	3
	C18	34%	66%	-25	-3	-5	-5
	C19*	99%	1%				
	C20	81%	19%	-11	-8	-12	-6
	C21	92%	8%	-5	-1	-1	-6
	C22	57%	43%	-23	-7	-13	2
	C23	56%	44%	-14	-10	0	-11
	C24	79%	21%	-11	4	-11	2
	C25	43%	57%	-28	-12	-24	-6
	C26	68%	32%	-8	-9	-8	-8
	C27	80%	20%	-10	1	4	1
	C28	70%	30%	-17	-7	-11	-1
	C29	95%	5%	-5	-2	-1	-5
	C30	91%	9%	-8	-3	13	0
	C31	48%	52%	-32	-17	-11	9
	C32	61%	39%	-16	-11	-18	-12
	C33	59%	41%	-22	-1	-11	3
Verkehr & Lagerei (H)	H49	35%	65%		-26	2	-9
	H50	16%	84%		-34	2	-9
	H51	30%	70%		-66	-69	-9
	H52	53%	47%		-23	-15	-5
	H53	84%	16%		-9	13	-5
Information & Kommunik. (J)	J58	45%	55%		-1	-10	13
	J59	25%	75%		-23	24	-4
	J60	63%	25%		-17	12	-4
	J61	90%	10%		-6	3	-4
	J62	45%	55%		-12	-22	3
	J63	28%	72%		-2	0	10
	L68	9%	91%		-17	-11	-7
Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	21%	79%		-18	7	0
	M70	26%	74%		-10	-2	-6
	M71	22%	78%		-6	-5	-3
	M72	47%	53%		-12	33	19
	M73	12%	88%		-6	-10	18
	M74	18%	82%		-18	6	18
	M75*						18
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	26%	74%		5	-13	9
	N78	62%	38%		-20	-25	6
	N79	49%	51%		-11	1	4
	N80	59%	41%		2	9	22
	N81	35%	65%		-22	-18	30
	N82	38%	62%		-9	1	4
	S95	15.3%	84.7%		-4	11	0

† Wegen zu geringer Fallzahlen und Dominanzproblemen ist eine Darstellung der R&D-Investitionsquote in den Dienstleistungssektoren nicht möglich.
‡ Gegenüberstellung von Beschäftigtenanteilen und Investitionsanteilen, wegen unzureichender Fallzahlen für die Wertschöpfung im LIAB Datensatz
* Fehlende Angaben aufgrund zu geringer Fallzahlen oder aufgrund von Dominanzproblemen.
Quellen: Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Aufgrund ihres höheren Gewichts tragen sie in den Dienstleistungssektoren in der Regel auch deutlich mehr zu den Investition in Software, Lizenzen & Patente sowie Organisationskapital bei (siehe Tabelle E-7, Anhang E) als dies im Verarbeitenden Gewerbe der Fall ist. Wie die Auswertungen in Spalte vier in Tabelle 3 zeigen, folgt daraus jedoch für die Softwareinvestitionen nicht, dass der KMU-Anteil am Investitionsvolumen dem sektoralen Gewicht der KMU entspricht. Vielmehr fällt der Anteil der KMU an den Softwareinvestitionen fast durchgängig kleiner aus als ihr Wertschöpfungsanteil.

Demgegenüber sind die Investitionsanteile der KMU bei Lizenzen & Patenten in gleich 14 von 26 hier berücksichtigten Dienstleistungssektoren größer oder zumindest gleich groß wie ihr Wertschöpfungsanteil. Dies betrifft auch die Wirtschaftszweige *Film, TV-Programme, Kinos, Tonstudios, Musikverlag* (*J59*), *Rundfunkveranstalter* (*J60*) und *Telekommunikation* (*J61*), auf die ein erheblicher Teil der gesamtwirtschaftlichen Investitionen in Lizenzen & Patente entfällt. Allerdings muss zur Einordnung dieses Befundes auch darauf verwiesen werden, dass zumindest die KMU im *Telekommunikationssektor* (*J61*), welcher den größten Beitrag zu den gesamtwirtschaftlichen Investitionen in Lizenzen & Patente leistet (siehe Abbildung 4), nur mit 10 Prozent zur Wertschöpfung des Sektors beitragen. Dieser wird somit durch Großunternehmen dominiert, die auch den Großteil der Investitionen in Lizenzen & Patente vornehmen. Dennoch spricht die große Zahl der positiven Abweichungen (siehe Spalte 5) dafür, dass KMU in den Dienstleistungssektoren überdurchschnittlich zu den Investitionen in Lizenzen & Patente beitragen. Auch für Organisationskapital weichen die Investitionsanteile in den zweistelligen Wirtschaftszweigen der Sektoren *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*) und *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (*N*) positiv ab.

Zusammenfassend lassen sich aus der deskriptiven Analyse der Daten folgende Erkenntnisse gewinnen: Das gesamtwirtschaftliche Investitionsvolumen in KBC konzentriert sich auf sieben forschungsintensive Industrien und auf sechs wissensintensive Dienstleistungssektoren. Dies gilt gleichermaßen für FuE, wo dieses Phänomen bekannt ist, als auch für Investitionen in Software oder in Lizenzen & Patente. Dabei zeigt sich ferner, dass auch von diesen 13 Wirtschaftszweigen nicht jeder Sektor die gleiche Bedeutung für die Investitionen in jedes der KBC-Elemente hat. So entfallen 30 Prozent an den FuE-Investitionen aller im Datensatz vertretenen Wirtschaftszweige auf die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*). Bei den Softwareinvestitionen sind es die Wirtschaftszweige *Telekommunikation* (*J61*) sowie *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) mit Anteilen von rund 23 Prozent bzw. 17 Prozent, auf die sich die Investitionen in dieses KBC-Element konzentrieren. Folglich bestimmen nicht nur diese 13 Wirtschaftszweige die gesamten Investitionen in KBC, sondern es sind für jedes der KBC-Elemente häufig nur einige wenige Wirtschaftszweige.

Dieser Befund ist nicht nur ein Ausdruck des besonderen Gewichts bzw. der Größe der betreffenden Sektoren. Vielmehr ist auch die Investitionsquote in diesen Wirtschaftszweigen überdurchschnittlich hoch. Daraus folgt, dass, auch gemessen am Output, in diesen Branchen überdurchschnittlich viel investiert wird. Dabei konzentrieren sich die Investitionen häufig auf weniger als die Hälfte der Unternehmen in den betreffenden Wirtschaftszweigen. Somit investieren in KBC nicht nur relativ wenige Wirtschaftszweige, sondern auch nur ein relativ geringer Teil der darin tätigen Unternehmen.

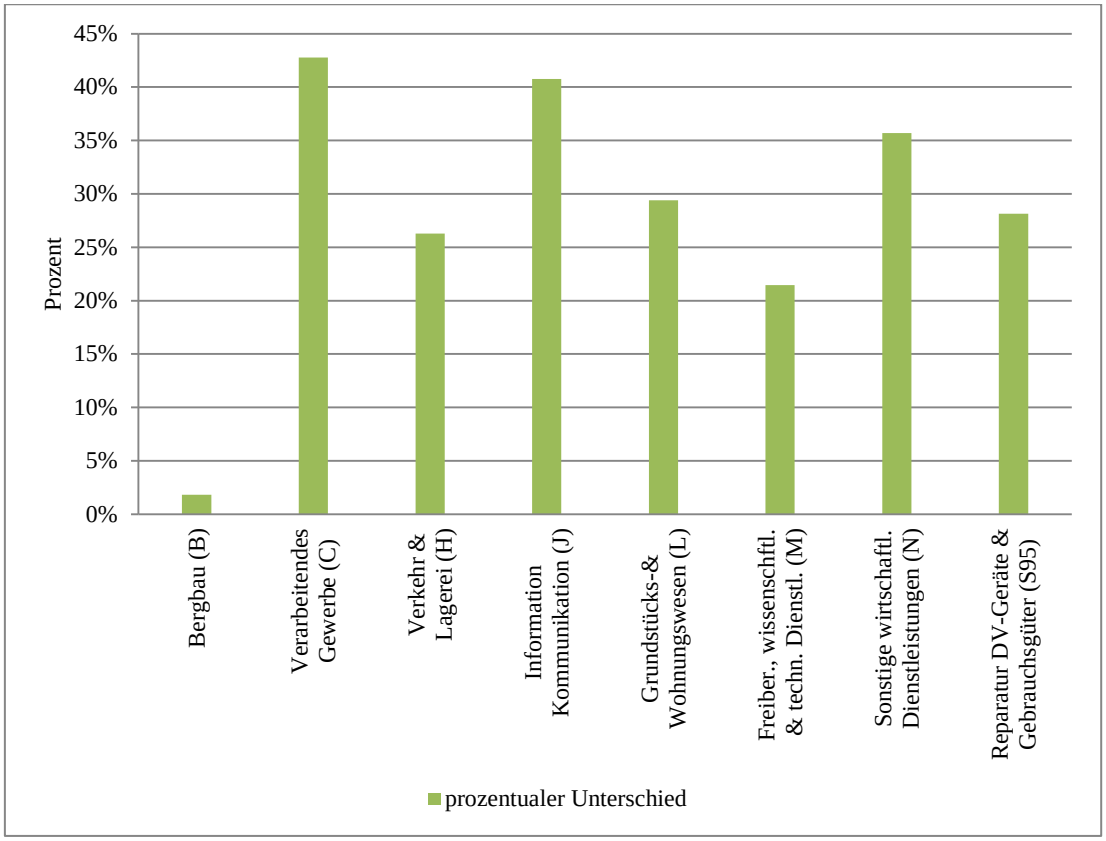
Zu guter Letzt hat die Auswertung nach Größenklassen gezeigt, dass die KMU, definiert als Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern, in den meisten Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes nur einen begrenzten Beitrag zur sektoralen Bruttowertschöpfung leisten. Besonders ausgeprägt ist die Dominanz von größeren Unternehmen in den meisten forschungsintensiven Industrien. Die meisten Dienstleistungssektoren sind dagegen von KMU dominiert. Ausgenommen hiervon sind jedoch die vier wissensintensiven Dienstleistungssektoren in denen in erheblichem Maße in KBC-Elemente investiert wird. In diesen sind, ähnlich wie in den forschungsintensiven Industrien, die größeren Unternehmen tonangebend.

7. Zusammenhang zwischen KBC und der Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität

7.1 Arbeitsproduktivität von investierenden und nicht-investierenden Unternehmen

Im Vorfeld der ökonometrischen Analyse, die auf die Produktivitäts- und Wachstumseffekte der einzelnen KBC-Elemente abzielt, gibt die Auswertung der Arbeitsproduktivität einen ersten Hinweis darauf, ob es systematische Unterschiede zwischen den in KBC investierenden und den nicht-investierenden Unternehmen gibt. Aufgrund des in der Literatur vorherrschenden Befundes, dass Investitionen in KBC positive Effekte zeitigen, ist eine im Mittel höhere Arbeitsproduktivität von investierenden Unternehmen zu erwarten.

Abbildung 8: Prozentuale Abweichung der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität zwischen investierenden und nicht-investierenden Unternehmen, 2009-2013



Für die Zuordnung in beide Gruppen ausschlaggebend sind Investitionen in FuE, Software und Lizenzen & Patente
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung 8 zeigt die prozentualen Unterschiede in der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität, gemessen als Quotient aus nominaler Wertschöpfung und tätigen Personen über den Zeitraum 2009 bis 2013, zwischen investierenden und nicht-investierenden Unternehmen.[24] Aus ihr geht hervor, dass die Arbeitsproduktivität der in KBC investierenden Unternehmen im Mittel höher ist als die der nicht-investierenden Unternehmen. Dieser Befund findet sich für alle im Datensatz vertretenen einstelligen Wirtschaftszweige.

[24] Die zugrundeliegenden Zahlen sind in Tabelle E-9 enthalten.

Allerdings handelt es sich bis hierhin nur um eine deskriptive Gegenüberstellung zweier Unternehmensgruppen. Dies bedeutet nicht zwingend, dass Investitionen in KBC zu einer höheren Arbeitsproduktivität führen. So kann beispielsweise nicht ausgeschlossen werden, dass vor allem große Unternehmen in KBC investieren. Da diese in der Regel auch über eine höhere Produktivität verfügen als KMU, könnte ein Teil der beobachteten Unterschiede in der Arbeitsproduktivität womöglich weniger ein Ausdruck der positiven Effekte von KBC-Investitionen sein als vielmehr ein Resultat von Größenunterschieden.

7.2 Zusammenhang zwischen KBC und der Wertschöpfungsentwicklung

Für die Analyse der Wirkung der KBC-Elemente auf die Wertschöpfungsentwicklung wird, der Literatur folgend, zunächst die erweiterte Cobb-Douglas Produktionsfunktion geschätzt, in welcher die KBC-Elemente als direkte Inputs in den Produktionsprozess eingehen. Dies entspricht dem in Abschnitt 5.1 vorgestellten Modell I (Gleichung (3)).[25] Die KBC-Elemente sowie das physische Kapital werden dabei als Kapitalstöcke berücksichtigt.

Die Verwendung der erweiterten Cobb-Douglas Produktionsfunktion mit den KBC-Elementen als Produktionsfaktor erlaubt keine Rückschlüsse über den Zusammenhang zwischen den KBC-Elementen und der Totalen Faktorproduktivität von Unternehmen. Per Definition sind die KBC-Elemente im gewählten Ansatz unabhängige Regressoren.[26]

Tabelle 4 zeigt die Produktionselastizitäten für einstellige Wirtschaftszweige. Mit Blick auf die Standardinputs in Produktionsfunktionen, Arbeit und Kapital, bleibt festzuhalten, dass die Koeffizienten stets signifikant sind und eine im Vergleich mit der Produktivitätsliteratur realistische Größenordnung haben. Dies spricht dafür, dass auch die Magnitude der übrigen Koeffizienten realistisch ausfällt. Ausgenommen hiervon sind die Ergebnisse für den Sektor *Bergbau* (*B*), welcher jedoch ohnehin, wie oben beschrieben, ein aus Datensicht relativ problematischer Wirtschaftszweig ist. Er wird deshalb in der weiteren Auswertung nicht mehr explizit diskutiert.

Die Produktionselastizität des FuE-Kapitalstocks ist in fast allen Wirtschaftszweigen signifikant und positiv. Die Koeffizienten liegen zwischen 0,004 und 0,038. Im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*), als dem größten FuE-Investor, beträgt sie 0,023. Somit ist die Wertschöpfung 0,023 Prozent höher wenn der FuE-Kapitalstock 1 Prozent größer ist. Auch die Produktionselastizitäten der übrigen KBC-Elemente sind in fast allen Wirtschaftszweigen signifikant und haben eine ähnliche Größenordnung. Sie liegen für die Software-Kapitalstöcke zwischen 0,007 und maximal 0,108, zwischen 0,004 und 0,051 für Lizenzen & Patente sowie zwischen 0,011 und 0,062 für Organisationskapital. Für alle Produktionselastizitäten gilt: Sie liegen im Rahmen der bisherigen Ergebnisse in der Literatur, wenn auch am unteren Rand. So finden sich in der Literatur neun Studien mit Mikrodaten, bei denen der Median der FuE-Koeffizienten unter 0,04 liegt (siehe Abbildung 2).

Damit zeigt die Analyse der KBC-Elemente auf Ebene der einstelligen Wirtschaftszweige und unter Verwendung von Modell I, (i) dass es einen positiven Zusammenhang zwischen Investitionen in KBC und der Entwicklung der Wertschöpfung gibt und (ii) dass die Magnituden der Produktionselastizitäten kleiner ausfallen als in makroökonomischen Studien.

---

[25] Damit fehlende Kapitalstöcke für einzelne KBC-Elemente nicht zum Ausschluss eines Unternehmens führen, folgen wir Crass und Peters (2014) und ersetzen fehlende Werte nach dem logarithmieren (da der Logarithmus von Null nicht definiert ist) durch eine Null.

[26] Die für diese Fragestellung notwendige Produktionsfunktion ist in Gleichungen (4) beschrieben und ist Gegenstand des nächsten Abschnitts.

Tabelle 4: Produktionselastizitäten für einstellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013

Variablen	Bergbau (B)‡	Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	Verkehr & Lagerei (H)	Information & Kommunikation (J)	Grundstücks-& Wohnungswesen (L)	Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	Sonstige wirtschaftl. Dienstleistungen (N)	Reparatur DV-Geräte & Gebrauchsgüter (S95)
Arbeit (L)	0,100	0,754***	0,478***	0,592***	0,205***	0,666***	0,557***	0,771***
	(0,623)	(0,007)	(0,004)	(0,008)	(0,008)	(0,004)	(0,004)	(0,01)
Kapitalstock (K)	-0,142	0,264***	0,397***	0,247***	0,391***	0,232***	0,224***	0,209***
	(0,111)	(0,006)	(0,005)	(0,009)	(0,013)	(0,004)	(0,003)	(0,008)
FuE (R)	0,022	0,023***	0,002	0,004**		0,038***	0,022***	0,021***
	(0,017)	(0,001)	(0,001)	(0,001)		(0,001)	(0,002)	(0,002)
Software (S)	0,011	0,007***	0,039***	0,037***	0,108***	0,038***	0,045***	0,017***
	(0,024)	(0,002)	(0,001)	(0,003)	(0,003)	(0,001)	(0,002)	(0,004)
Lizenzen & Patente (Z)	-0,006	0,004***	0,008***	0,015***	0,051***	0,018***	0,022***	-0,002
	(0,011)	(0,001)	(0,001)	(0,002)	(0,003)	(0,001)	(0,002)	(0,004)
Organisationskapital (O)	0,940	0,052***	0,037***	0,062***	0,026***	0,011***	0,039***	0,019***
	(0,698)	(0,003)	(0,001)	(0,002)	(0,002)	(0,001)	(0,001)	(0,002)
N	636	67.936	144.258	97.812	100.367	314.117	156.489	12.365

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Jahres-, Sektor-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Anzumerken bleibt an dieser Stelle, dass es neben dem *Bergbau* (*B*) zwei Wirtschaftszweige gibt, in denen einzelne KBC-Elemente insignifikante Produktionselastizitäten aufweisen: der Koeffizient für FuE im Sektor *Verkehr und Lagerei* (*H*) und der Koeffizient für Lizenzen & Patente im Wirtschaftszweig *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (*S95*). Die fehlende Produktionselastizität von FuE im *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L*) ist der Tatsache geschuldet, dass sich in den Daten keine Wohnungsbauunternehmen oder ähnliches finden, welche Aktivitäten in FuE melden (siehe auch Tabelle E-5).

Die bisherigen Analysen unterstellen, dass die Unternehmen eines einstelligen Wirtschaftszweiges unter derselben Produktionsfunktion arbeiten. Zwar werden durch die Nutzung von Dummies für die zweistelligen Wirtschaftszweige die Unterschiede innerhalb eines einstelligen Wirtschaftszweiges berücksichtigt. Allerdings beeinflussen die Dummy-Variablen nur den Schnittpunkt mit der y-Achse. Mit anderen Worten, die Dummy-Variablen machen es möglich, für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig die individuelle Konstante zu bestimmen. Damit haben die Dummy-Variablen auch einen indirekten Einfluss auf die Produktionselastizitäten. Allerdings gilt in dem angenommenen Modellrahmen weiterhin, dass die geschätzten Produktionselastizitäten für jedes Unternehmen innerhalb eines Sektors gelten. Beispielsweise folgt aus dem Koeffizienten von FuE im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*), dass die Erhöhung des FuE-Kapitalstocks um einen Prozent mit einer etwa 0,023 Prozent höheren Wertschöpfung einhergeht, und zwar in allen Industrien, also z.B. sowohl in der *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) wie auch in der *Herstellung von Möbeln* (*C31*).

Für eine detailliertere Analyse werden daher die Schätzungen für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig separat durchgeführt.[27] Damit wird zwar weiterhin unterstellt, dass alle Unternehmen innerhalb eines zweistelligen Wirtschaftszweiges dieselbe Produktionsfunktion nutzen. Zugleich kann jedoch die Produktionsfunktion und somit Produktionselastizität der KBC-Kapitalstöcke für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig anders ausfallen. Dies erlaubt deutlich mehr Heterogenität als zuvor.

Tabelle 5 enthält die Ergebnisse dieser Schätzungen für zweistellige Wirtschaftszweige. Abhängige Variable ist weiterhin die Bruttowertschöpfung. Wie aus der Ergebnisstabelle hervorgeht, weichen die Produktionselastizitäten in den einzelnen Wirtschaftszweigen für einige Inputs deutlich von den Werten ab, die in Tabelle 4 ausgewiesen sind.

Mit Blick auf die Produktionselastizitäten für die einzelnen KBC-Elemente zeigt sich ein gemischtes Bild. Zum einen finden sich in 28 Wirtschaftszweigen signifikante und, mit drei Ausnahmen, positive Produktionselastizitäten für FuE. Im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) liegen die signifikanten Koeffizienten für FuE zwischen 0,013 und 0,034, wobei die höchsten Koeffizienten in den FuE-intensiven Industrien zu finden sind, wie etwa in den Sektoren *Herstellung von chemischen Erzeugnissen* (*C20*) und *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen* (*C21*). Eine Ausnahme ist die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*) mit einem Koeffizienten von 0,039, da dieser in der verwendeten Spezifikation insignifikant bleibt. Im Rahmen einer modifizierten Schätzmethode[28] sinkt die Produktionselastizität auf 0,03, ist jedoch signifikant zum 1-Prozentniveau (Tabelle E-10). Somit gilt für einen Großteil der Industriesektoren, dass der Ausbau des FuE-Kapitalstocks zu einer höheren Wertschöpfung führt, wobei der Effekt in den FuE-intensiven Industrien in der Regel am größten ist.

In den meisten Wirtschaftszweigen der Sektoren *Information und Kommunikation* (*J*) sowie *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (*N*) bleiben die Produktionselastizitäten von FuE insignifikant. Vor allem der geringe Koeffizient von FuE im Wirtschaftszweig *Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) ist überraschend, da in diesem Wirtschaftszweig erhebliche Investitionen in FuE gemessen werden.

In dem zu den wissensintensiven Dienstleistungen zählenden Sektor *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*) sind die Produktionselastizitäten für FuE in fast allen zweistelligen Wirtschaftszweigen positiv und signifikant. Dies gilt insbesondere für die Wirtschaftszweige *Verwaltung und Führung von Unternehmen, Unternehmensberatung* (*M70*) und *Architektur-, Ing.büros, techn., physik. Untersuchung* (*M71*), die vergleichsweise hohe jährliche Investitionsvolumen in FuE aufweisen (siehe Abbildung 5). Für den Wirtschaftszweig *Forschung und Entwicklung* (*M72*) muss auf die FuE-Variable verzichtet werden, da eine hohe Koliniarität zwischen der Beschäftigtenvariable (L) und der FuE-Variablen vorliegt, welche zu verzerrten Schätzungen führt.[29]

---

[27] Die Wirtschaftszweige *Tabakverarbeitung* (*C12*), *Kokerei und Mineralölverarbeitung* (*C19*), *Kohlenbergbau* (*B05*) und *Gewinnung von Erdöl und Erdgas* (*B06*) werden wegen der geringen Fallzahlen ausgeschlossen.

[28] Dabei wird in der ersten Stufe des ACF-Verfahrens keine Bereinigung der prognostizierten abhängigen Variable um die mit den Dummies gemessenen strukturellen und zeitlichen Unterschiede vorgenommen. Dieses Vorgehen ist identisch mit der ersten Stufe in De Loecker und Warzynski (2012).

Generell gilt, dass die ursprünglich verwendete Schätzmethode weniger Extremwerte produziert. Durch die dabei in der ersten Stufe vorgenommenen Bereinigungen sinkt jedoch die Variation der abhängigen Variablen. Wenn dann Investitionsentscheidungen mit Dummy-Variablen korreliert sind – z.B. zw. Jahresdummies und der Investitionsentscheidung vor und nach der Krise in 2009 – können die Bereinigungen der ersten Stufe unabsichtlich auch ein Teil der Variation in der abhängigen Variable entfernen, die eigentlich auf die erklärenden Variablen zurückgehen.

In der Mehrzahl der Schätzungen führen beide Ansätze jedoch zu qualitativ gleichen Ergebnissen. Siehe hierfür die Ergebnissen in Tabelle E-10.

[29] Diese Koliniarität ist der Tatsache geschuldet, dass ein Großteil der Beschäftigten zu den FuE-Beschäftigten zählt, was wiederum zu einer hohe Korrelation zwischen der Beschäftigtenvariable und der FuE-Variable führt.

In den verbliebenen Dienstleistungssektoren finden sich nur einige wenige signifikante Produktionselastizitäten für FuE.

Tabelle 5: Produktionselastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013

Wirtschaftszweige		Arbeit (L)	Kapital (K)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)‡	B08	0,505	0,235	0,011	0,016	0,02*	0,071	533
	B09	-0,042	-0,134	0,014	0,003	0,012	1,214***	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,533***	0,518***	0,017***	0,013	0,01**	0,084***	8.537
	C11†	0,566***	0,462***	0,021	-0,006	0,012	0,056*	1.064
	C13	0,823***	0,219***	0,023**	-0,006	0,019	0,057	1.564
	C14†	0,706***	0,311*	0,010	0,037	-0,010	0,029	914
	C15	0,675***	0,590**	0,019	0,000	0,003	0,006	423
	C16	0,861***	0,229***	-0,001	-0,003	0,006	0,024**	1.679
	C17	0,616**	0,404***	-0,003	0,016*	0,000	-0,109	1.885
	C18	0,805***	0,191***	0,016**	0,014*	0,005	0,017	1.369
	C20	0,609***	0,379***	0,034***	0,021	0,006	0,051**	3.882
	C21	0,763**	0,270*	0,031***	-0,057*	0,023**	0,189	847
	C22	0,719***	0,305***	0,019***	0,002	-0,009***	0,039***	3.722
	C23	0,684***	0,314***	0,019***	0,013	0,002	0,058*	3.295
	C24	0,739***	0,317***	0,013***	-0,016	0,010*	0,033***	2.988
	C25	0,754***	0,241***	0,015***	0,001	0,002	0,053***	8.632
	C26	0,896***	0,109***	0,033***	0,021***	-0,005	0,038***	3.212
	C27†	0,779***	0,202***	0,021***	0,008**	-0,003	0,022*	4.230
	C28	0,898***	0,146***	0,017***	0,002	0,007***	0,039***	9.480
	C29	0,535***	0,496*	0,039	-0,121	0,022	0,098	2.602
	C30	0,968***	0,105	0,019**	-0,008	-0,004	0,018	956
	C31†	0,568***	0,167***	0,006	-0,004	0,002	0,295***	1.478
	C32	0,672***	0,360***	0,032***	-0,010	0,003	0,055***	2.506
	C33	0,954***	0,103***	0,013***	0,001	0,004	0,024***	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,549***	0,396***	-0,004*	0,030***	0,004**	0,028***	86.446
	H50	0,178***	0,409***	-0,111	0,079***	-0,020	0,021	10.542
	H51	0,896***	0,362***	-0,093**	0,013	-0,001	-0,050*	2.147
	H52	0,546***	0,266***	0,013***	0,030***	0,009***	0,058***	35.454
	H53	0,532***	0,260***	-0,018	0,087***	0,049***	-0,006	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,459***	0,406***	0,004	0,041***	0,007	0,063***	12.709
	J59	0,372***	0,350***	-0,007	0,045***	0,065***	0,125***	8.322
	J60	0,574***	0,308	0,052	-0,113	0,085*	0,184**	1.020
	J61	0,333***	0,527***	-0,023	0,037	0,028	0,080***	5.479
	J62	0,648***	0,253***	0,004**	0,018***	0,000	0,087***	56.293
	J63	0,639***	0,157***	0,007*	0,061***	0,015***	0,020***	15.865
	L68	0,205***	0,391***		0,108***	0,051***	0,026***	100.367
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,822***	0,263***	-0,005**	0,031***	0,007***	0,001	93.491
	M70†	0,527***	0,150***	0,098***	0,034***	0,032***	0,020***	50.327
	M71†	0,679***	0,213***	0,031***	0,039***	0,017***	0,020***	78.710
	M72	0,642***	0,202***		0,036***	0,019***	0,065***	9.698
	M73	0,475***	0,219***	0,089***	0,035***	0,018***	0,047***	33.510
	M74	0,575***	0,244***	0,016***	0,057***	0,014***	0,024***	35.507
	M75	0,681***	0,234***	0,028	0,029***	0,005	0,003	12.874
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,213***	0,488***	0,038***	0,094***	0,038***	0,015***	31.467
	N78	0,693***	0,136***	0,002	0,008**	0,003	0,032***	17.555
	N79	0,658***	0,167***	0,026**	0,028***	0,023***	0,089***	16.744
	N80	0,496***	0,297***	-0,013	0,042**	0,015	0,089***	7.724
	N81	0,572***	0,228***	0,000	0,032***	0,009**	0,028***	53.456
	N82	0,550***	0,229***	0,005	0,055***	0,020***	0,048***	29.543
	S95	0,758***	0,203***	0,019***	0,017***	-0,003	0,022***	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
† Verwendung eines alternativen Schätzansatzes wegen insignifikanter Koeffizienten für Arbeit und/oder Kapital, (siehe Fußnote 28).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Das KBC-Element Software hat eine etwas höhere Varianz der Produktionselastizität als FuE. Die signifikanten Koeffizienten liegen zwischen 0,108 im *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L68*) und 0,008 bei der *Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften* (*N78*). Eine Erhöhung des Software-Kapitalstocks um 1 Prozent erhöht somit die Bruttowertschöpfung um 0,108 bis 0,006 Prozent. Diese Elastizitäten weichen insofern von der Literatur ab (Übersicht 2), als dass in den Studien, in denen Software oder „computarized information" als Inputs berücksichtigt wurden, die betreffenden Koeffizienten häufig insignifikant blieben. Zwar ist dies auch in den vorliegenden Schätzungen für etwa die Hälfte der zweistelligen Wirtschaftszweige so, zugleich gibt es jedoch in insgesamt 27 Wirtschaftszweigen einen positiven und signifikanten Zusammenhang zwischen höheren Software-Kapitalstöcken und der Wertschöpfung von Unternehmen.

Allerdings liegt eine gewisse Zweiteilung vor. Es gibt nur wenige zweistellige Wirtschaftszweige in den Dienstleistungssektoren, in denen die Produktionselastizitäten nicht signifikant und positiv sind. In einer ganzen Reihe von Dienstleistungssektoren fallen die Koeffizienten für Software sogar deutlich höher aus als für FuE. Dagegen finden sich kaum signifikante Produktionselastizitäten im Verarbeitenden Gewerbe. Es ist unklar inwieweit dies darauf zurückgeführt werden kann, dass die Investitionen in Software im Verarbeitenden Gewerbe erst seit kurzem erfasst werden und die Variable deshalb möglicherweise nicht ähnlich gut gemessen ist wie in den Dienstleistungssektoren.

Ein ähnlicher Befund wie für die Produktionselastizitäten der Software-Kapitalstöcke findet sich für das KBC-Element Lizenzen & Patente. In 22 Wirtschaftszweigen finden sich positive und signifikante Koeffizienten. Die Spanne reicht hierbei von 0,004 im Sektor *Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen* (*H49*) bis zu 0,085 bei den *Rundfunkveranstaltern* (*J60*). In der Mehrzahl sind es wieder die zweistelligen Wirtschaftszweige in den Dienstleistungssektoren, für die signifikante Produktionselastizitäten geschätzt werden. Auch für dieses KBC-Element gilt somit, dass kaum positive Effekte von Investitionen in Lizenzen & Patente auf die Bruttowertschöpfung für Unternehmen in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes gefunden werden. Auch in diesem Fall könnte es eine Rolle spielen, dass die Erhebung der Investitionen in Lizenzen & Patente im Verarbeitenden Gewerbe erst kürzlich begann.

Das KBC-Element Organisationskapital hat dagegen in der Mehrzahl aller Wirtschaftszweige einen positiven Effekt auf die Wertschöpfungsentwicklung. Von den Ausreißern im Bergbau abgesehen weisen 36 Wirtschaftszweige positive und signifikante Produktionselastizitäten auf. Der Median der Produktionselastizität über die 36 Wirtschaftszweige hinweg beträgt 0,05.[30] In einer ganzen Reihe von Wirtschaftszeigen ist damit die Produktionselastizität höher als die der übrigen KBC-Elemente. Signifikante Koeffizienten finden sich sowohl in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes als auch in der Mehrzahl der zweistelligen Dienstleistungssektoren. Eine Ausnahme ist die *Kraftfahrzeugherstellung* (*C29*), welche einen hohen aber insignifikanten Koeffizienten von 0,098 aufweist. Wie schon bei FuE, ist jedoch auch die Produktionselastizität von Organisationskapital im Rahmen der modifizierten Schätzmethode positiv und signifikant (siehe Tabelle E-10). In der Summe zeigt sich somit, dass der Auf- und Ausbau von Organisationskapital einen deutlich positiven und vergleichsweise starken Einfluss auf die Wertschöpfungsentwicklung hat. Dieser Befund deckt sich mit den bisherigen Erkenntnissen in der Literatur. So liegt zum Beispiel der Koeffizient von Organisationskapital in Chen et al. (2014) bei 0,86 während er in den Schätzungen Hitzmann-Solominas et al. (2016) zwischen 0,06 und 0,22 liegt (siehe Übersicht 2). Beide Studien nutzen jedoch Länder- bzw. Sektorendaten, wodurch die Vergleichbarkeit eingeschränkt ist.

[30] Hierbei werden die Koeffizient im Bergbau vernachlässigt.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden:

Die Investitionen in FuE führen in einer Vielzahl von Wirtschafszweigen zu einer höheren Bruttowertschöpfung. Dies gilt nicht nur, aber vor allem, für die als FuE-intensive Industrien und als wissensintensive Dienstleistungssektoren kategorisierten Wirtschaftszweige. Dieser Befund bestätigt somit die positive Wirkung und die Notwendigkeit von FuE-Investitionen und fügt sich in die bisherigen Ergebnisse in der Literatur zur Wirkung von FuE ein. Zugleich zeigt die detaillierte sektorale Untersuchung jedoch auch, dass FuE-Investitionen in einer erheblichen Zahl von Wirtschaftszweigen keine statisch messbare Wirkung entfalten. Diese Erkenntnis ist neu gegenüber bisherigen Untersuchungen, in welchen die Schätzungen aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit auf Ebene der einstelligen Wirtschaftszweige durchgeführt wurden oder gar Schätzungen von FuE-Produktionselastizitäten für ganze Länder vorgenommen wurden.

Die Auswertungen bezüglich der KBC-Elemente Software sowie Lizenzen & Patente zeigen, dass insbesondere in den Dienstleistungssektoren die Ausweitung der Kapitalstöcke für beide KBC-Elemente zu höheren Wertschöpfungen führt. Dabei ist der Effekt von Software häufig größer als der von Lizenzen & Patente, aber auch, zumindest in den Dienstleistungssektoren, häufig größer als der von FuE. In diesen Wirtschaftszweigen sollten somit vor allem zusätzliche Softwareinvestitionen unterstützt werden. Dagegen finden sich kaum statistisch signifikante Effekte in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes. Inwieweit dieser Befund der Datenlagen geschuldet ist, ist nicht abschließend zu klären. Ggf. wirken die Investitionen in beide KBC-Elemente jedoch stärker auf die TFP und aus diesem Grund sind die geschätzten Produktionselastizitäten, im Rahmen der verwendeten ökonometrischen Methode, nicht signifikant.

Mit Blick auf das Organisationskapital bleibt festzuhalten, dass Investitionen in dieses KBC-Element in der überwiegenden Zahl von Wirtschaftszweigen mit einer höheren Bruttowertschöpfung einhergehen. Dies gilt gleichermaßen für Wirtschaftszweige in der Industrie wie für Wirtschaftszweige in den hier berücksichtigten Dienstleistungen. Die geschätzten Elastizitäten sind dabei in vielen Fällen etwas höher als die der anderen KBC-Elemente. Organisationskapital zählt damit sowohl vom Investitionsvolumen (siehe Abbildung 1) wie auch von seiner Wirkung zu den bedeutenderen KBC-Elementen

7.3 Zusammenhang zwischen KBC und der TFP-Entwicklung

Die im vorangegangenen Abschnitt präsentierten Ergebnisse beruhen auf dem Modell I, in welchem unterstellt wird, dass die KBC-Elemente als direkte Inputs im Produktionsprozess unmittelbar für die Produktion des Outputs eingesetzt werden. Mit dem in Abschnitt 5.1 beschriebenen und hier geschätzten Modell II wird dagegen der Wirkungskanal zwischen den KBC-Elementen und der TFP untersucht. Es sei daran erinnert, dass die Datenlage keine detaillierte Aufgliederung zulässt, die eine Unterscheidung zwischen den spezifisch in der Produktion genutzten und den produktivitätssteigernden Aufwendungen für einzelne KBC-Elemente möglich macht. Somit ist es möglich, dass die KBC-Elemente in beiden Modellen signifikante Koeffizienten aufweisen.

Tabelle 6 enthält die Ergebnisse der Schätzungen für einstellige Wirtschaftszweige. Im oberen Teil der Tabelle sind die Produktionselastizitäten der Faktoren Arbeit und Kapital dargestellt. Im unteren Teil finden sich die Elastizitäten der KBC-Elemente, die zur Erklärung des TFP in der zweiten Stufe des ACF-Ansatzes (siehe Gleichungen (5) und Gleichung (8)) genutzt werden.

Mit Blick auf die Produktionselastizitäten von Arbeit und Kapital wird zweierlei deutlich. Zum einen haben die Koeffizienten eine im Vergleich mit der Produktivitätsliteratur realistische Größenordnung. Dies gilt selbst für den *Bergbau* (*B*), wenn auch der Koeffizient für Kapital insignifikant ist. Zum anderen liegen sie relativ nah bei den in Tabelle 4 aufgeführten Produktionselastizitäten. Dies deutet daraufhin, dass die Produktionselastizitäten von Arbeit und Kapital, die in beiden Modellen die Brut-

towertschöpfung erklären sollen, unabhängige Regressoren sind und somit in beiden Ansätzen zu gleichen Ergebnissen kommen.

Tabelle 6: Elastizitäten in Schätzungen einstelliger Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013

Variablen	Bergbau (B)‡	Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	Verkehr & Lagerei (H)	Information & Kommunikation (J)	Grundstücks-& Wohnungswesen (L)	Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	Sonstige wirtschaftl. Dienstleistungen (N)	Reparatur DV-Geräte & Gebrauchsgüter (S95)
				Elastizität bzgl. Bruttowertschöpfung				
Arbeit (L)	0,745***	0,779***	0,488***	0,612***	0,203***	0,670***	0,567***	0,774***
	(0,149)	(0,007)	(0,004)	(0,008)	(0,009)	(0,003)	(0,004)	(0,011)
Kapitalstock (K)	0,244	0,237***	0,406***	0,237***	0,390***	0,240***	0,215***	0,198***
	(0,18)	(0,006)	(0,005)	(0,009)	(0,014)	(0,004)	(0,003)	(0,008)
				Elastizität bzgl, TFP				
FuE (R)	0,020***	0,013***	0,005***	0,012***		0,026***	0,027***	0,022***
	(0,003)	(0,000)	(0,000)	(0,000)		(0,000)	(0,000)	(0,000)
Software (S)	-0,007**	0,012***	0,035***	0,041***	0,097***	0,038***	0,049***	0,021***
	(0,003)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,001)	(0,000)	(0,000)	(0,001)
Lizenzen &	0,015***	0,005***	0,006***	0,019***	0,047***	0,016***	0,023***	0,005***
Patente (Z)	(0,003)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,001)	(0,000)v	(0,000)	(0,001)
Organisations-	0,078***	0,010***	0,030***	0,053***	0,024***	0,010***	0,025***	0,014***
kapital (O)	(0,012)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,001)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
N	636	67.936	144.258	97.812	100.367	314.117	156.489	12.365

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Jahres-, Sektor-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Elastizitäten der KBC-Variablen sind im Rahmen der Schätzungen von Modell II, mit einer Ausnahme, alle positiv und signifikant. Dies ist ein Indiz dafür, dass zumindest einige der KBC-Elemente eher TFP-fördernd wirken. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf verwiesen, dass ein direkter Vergleich der Koeffizienten hinsichtlich ihrer Magnitude irreführend ist, weil sich die zu erklärenden Variablen (Bruttowertschöpfung und TFP) in beiden Modellen unterscheiden und sie zudem unterschiedliche Dimensionen haben (siehe Erläuterung in Abschnitt 5.1).

Interessant ist dagegen der Vergleich zwischen den Elastizitäten innerhalb eines Wirtschaftszweiges. So haben beispielsweise FuE und Software im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) die höchsten Koeffizienten und beeinflussen die TFP daher stärker als etwa Organisationskapital. Dagegen ist die Elastizität von FuE im Sektor *Verkehr und Lagerei* (*H*) deutlich kleiner als die Elastizität von Software oder Organisationskapital. Obschon ein generelles Muster nicht zu erkennen ist, d.h. nicht immer das gleiche KBC-Element den höchsten Koeffizienten hat, fällt in Tabelle 6 dennoch auf, dass Software in den einzelnen Sektoren und im Vergleich zu den übrigen KBC-Elementen häufig einen hohen Koeffizienten aufweist.

Die Schätzergebnisse für die zweistelligen Wirtschaftszweige finden sich in Tabelle 7. Mit Blick auf die Koeffizienten von Arbeit und Kapital ist festzuhalten, dass sie, bis auf wenige Ausnahmen, signifikant sind. In vielen Fällen liegen sie in der Nähe der Produktionselastizitäten die im vorangegangen Abschnitt geschätzt wurden und bestätigen damit dieselben.

Hinsichtlich FuE ist festzustellen, dass es nunmehr 42 Wirtschaftszweige gibt, in denen die Koeffizienten positiv signifikant von Null verschieden sind. So gibt es etwa, anders als noch in Modell I

(siehe Tabelle 5) keine Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe, in denen der FuE-Kapitalstock nicht eine positive und signifikante Wirkung entfaltet. Gleiches gilt mit wenigen Ausnahmen für alle zweistelligen Wirtschaftszweige in den Dienstleistungssektoren. Das zeigt, dass dem FuE-Kapitalstock vor allem eine produktivitätssteigernde Wirkung zukommt.[31] Der Mittelwert der signifikanten Elastizitäten liegt bei 0,014 und der Maximalwert bei 0,072. Die Koeffizienten liegen damit im Rahmen der Literatur. So liegen die FuE-Koeffizienten für die TFP-Entwicklung in Crass und Peters (2014) zwischen 0,01 und 0,063 (siehe Übersicht 2).

Ähnlich wie bei FuE, hat nunmehr auch Software in 44 Wirtschaftszweigen signifikante und positive Elastizitäten. Im vorliegenden Modell gilt dies auch für 18 der 22 Wirtschaftszweigen im Verarbeitenden Gewerbe, wohingegen die Produktionselastizitäten für Software in den Schätzungen von Modell I nur in vier Industrien signifikant sind. Daraus folgt, dass Investitionen in Software im Mittel in erster Linie die Produktivität von Unternehmen erhöhen. Ein Vergleich zwischen Software und FuE zeigt zudem, dass die signifikanten Elastizitäten für Software vor allem in den Dienstleistungssektoren höher ausfallen. Zwar gilt das auch für einige Wirtschaftszweige im Verarbeitenden Gewerbe, aber in den forschungsintensiven Industrien ist die Elastizität für den FuE-Kapitalstock in der Regel höher als die Elastizität des Software-Kapitalstocks.

Für Lizenzen & Patente ergibt sich ein ähnlicher Befund wie für Software: Ein positiver und signifikanter Effekt des Kapitalstocks von Lizenzen & Patente für die Produktivitätsentwicklung wird für 34 Wirtschaftszweige gemessen. Allerdings sind die signifikanten Koeffizienten in fast allen Wirtschaftszweigen kleiner als die Elastizitäten der übrigen KBC-Elemente. Investitionen in Lizenzen & Patente haben also nicht nur ein im Vergleich zu anderen KBC-Elementen geringes Volumen (siehe Abschnitt 6.1), sondern auch eine geringere Wirkung auf die Produktivität. Ein weiterer Aspekt zeigt sich mit Blick auf die Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes. Wie schon in Abschnitt 7.2, sind vor allem in diesem Sektor viele insignifikante Elastizitäten zu finden. Das KBC-Element Lizenzen & Patente hat damit im Verarbeitenden Gewerbe eine geringere Bedeutung als in den Dienstleistungssektoren. Bei dieser Interpretation ist jedoch zu beachten, dass Lizenzen & Patente nur die erworbenen und bilanzierten Lizenzen, Konzessionen, Patente erfasst. Dies schränkt auch die Vergleichbarkeit mit den Studien ein, die die Anzahl der gemeldeten Patente in den Schätzungen berücksichtigen (z.B. Crass und Peters 2014). Mit einer mittleren Elastizität für Lizenzen & Patente von 0,013 und einem Höchstwert von 0,05 liegen die signifikanten Koeffizienten dennoch im Rahmen, wie etwa in Crass und Peters (2014), wo die Koeffizienten für Patente zwischen 0,015 und 0,069 liegen.

Die Elastizität von Organisationskapital bezüglich der TFP ist in 42 Wirtschaftszweigen positiv und signifikant und liegt, unter Vernachlässigung des Ausreißers im Wirtschaftszweig *Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen* (*B09*), im Mittel bei 0,03. Eine Vergrößerung des Organisationskapitals um 1 Prozent erhöht somit die Wertschöpfung im Mittel um 0,03. Mit diesem Durchschnittswert und einer Reihe von Werten größer 0,05 liegen die Ergebnisse im Rahmen der Literatur (siehe Übersicht 2). Anzumerken ist, dass sich, anders als noch in den Schätzungen von Modell I, sechs Industrien finden, in denen die Koeffizienten von Organisationskapital signifikant negativ sind. Allerdings zeigt der Vergleich mit den alternativen Schätzungen in Tabelle E-11, dass dieser Befund nur in vier Wirtschaftszweigen Bestand hat.

[31] Die negativen Koeffizienten von FuE für *Luftfahrt* (*H51*) und *Post-, Kurier- und Expressdienste* (*H53*) decken sich mit den Befunden in Abschnitt 7.2.

Tabelle 7: Elastizitäten in Schätzungen zweistelliger Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013

Wirtschaftszweige		Inputs in Produktionsfunktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (K)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisationskapital (O)	N
Bergbau (B)‡	B08	0,552***	0,268*	0,017***	-0,008***	0,000	0,269***	533
	B09	0,276	-0,097	0,010	0,014	0,037	0,918***	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,594***	0,497***	0,013***	0,008***	0,005***	-0,003***	8.537
	C11	0,669***	0,473***	0,027***	0,004	0,000	-0,016***	1.064
	C13	0,848***	0,190**	0,013***	0,013***	0,003*	0,014***	1.564
	C14	0,834***	0,108	0,008***	0,024***	0,022***	0,022***	914
	C15	0,647***	0,536*	0,023***	0,004	0,006	-0,002	423
	C16	0,860***	0,217***	0,002**	0,007***	-0,006***	0,002	1.679
	C17	0,512***	0,360***	0,006***	0,006***	0,001	0,166***	1.885
	C18	0,822***	0,204***	0,008***	0,014***	-0,001	-0,002**	1.369
	C20	0,652***	0,337***	0,009***	0,010***	0,000	0,050***	3.882
	C21†	0,826***	0,250**	0,014***	-0,011***	0,014***	0,057***	847
	C22	0,733***	0,274***	0,015***	0,013***	-0,001*	0,006***	3.722
	C23	0,687***	0,283***	0,014***	0,007***	0,004***	0,012***	3.295
	C24	0,763***	0,291***	0,003***	0,003***	0,004***	-0,001*	2.988
	C25	0,782***	0,214***	0,009***	0,007***	0,003***	0,012***	8.632
	C26	0,920***	0,080***	0,025***	0,020***	0,000	0,034***	3.212
	C27†	0,803***	0,185***	0,019***	0,015***	0,001	0,024***	4.230
	C28	0,910***	0,121***	0,011***	0,012***	0,005***	0,023***	9.480
	C29†	0,540***	0,307***	0,026***	0,019***	0,012***	0,036***	2.602
	C30	0,991***	0,089	0,009***	0,002	0,002	0,009***	956
	C31†	0,659***	0,116*	0,007***	0,004***	0,001	0,277***	1.478
	C32	0,738***	0,275***	0,023***	0,014***	0,004***	0,008***	2.506
	C33	0,963***	0,095***	0,010***	0,009***	0,001	0,006***	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49†	0,577***	0,390***	0,005***	0,032***	0,003***	0,019***	86.446
	H50†	0,241***	0,346***	-0,004	0,042***	-0,002	0,055***	10.542
	H51	0,888***	0,363***	-0,031***	0,018***	-0,030***	-0,016***	2.147
	H52	0,565***	0,256***	0,010***	0,031***	0,013***	0,044***	35.454
	H53	0,534***	0,257***	-0,017***	0,09***	0,034***	-0,026***	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,473***	0,403***	0,010***	0,025***	0,024***	0,036***	12.709
	J59	0,405***	0,314***	0,005***	0,046***	0,051***	0,086***	8.322
	J60	0,659***	0,236	0,019***	0,026***	0,049***	0,045***	1.020
	J61	0,363***	0,507***	0,011***	0,044***	0,020***	0,067***	5.479
	J62	0,679***	0,238***	0,007***	0,027***	0,005***	0,067***	56.293
	J63	0,648***	0,157***	0,013***	0,059***	0,023***	0,033***	15.865
	L68	0,203***	0,39***		0,098***	0,047***	0,024***	100.367
Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,826***	0,262***	-0,001***	0,028***	0,006***	0,001***	93.491
	M70	0,498***	0,16***	0,066***	0,050***	0,026***	0,029***	50.327
	M71	0,627***	0,249***	0,029***	0,037***	0,013***	0,027***	78.710
	M72	0,686***	0,179***		0,039***	0,016***	0,044***	9.698
	M73	0,492***	0,245***	0,072***	0,038***	0,017***	0,025***	33.510
	M74	0,584***	0,238***	0,019***	0,058***	0,013***	0,020***	35.507
	M75	0,678***	0,236***	0,020***	0,024***	0,004***	0,027***	12.874
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,221***	0,483***	0,029***	0,090***	0,041***	0,016***	31.467
	N78	0,702***	0,135***	0,012***	0,014***	0,008***	0,029***	17.555
	N79	0,691***	0,167***	0,016***	0,037***	0,022***	0,073***	16.744
	N80	0,522***	0,296***	0,005	0,034***	0,010***	0,070***	7.724
	N81	0,575***	0,212***	0,008***	0,028***	0,009***	0,015***	53.456
	N82	0,568***	0,216***	0,008***	0,050***	0,020***	0,035***	29.543
	S95	0,761***	0,194***	0,020***	0,020***	0,004***	0,017***	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
† Alternativer Schätzansatz wegen insignifikanter Koeffizienten für Arbeit und/oder Kapital (siehe Fußnote 28).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Dies wirft die Frage auf, wie robust die Schätzergebnisse sind. Eine weitergehende Robustheitsprüfung wird in Abschnitt 7.6 vorgenommen. An dieser Stelle werden daher zunächst die Ergebnisse der beiden alternativen ökonometrischen Methoden verglichen, die in diesem Kapital zur Anwendung kommen (siehe Tabelle E-11). Als abweichendes Ergebnis gilt hierbei, wenn der Koeffizient eines KBC-Elementes in einem der beiden Ansätze das Vorzeichen und/oder die Signifikanz wechselt. Somit gilt bereits als Abweichung, wenn z.B. die Elastizität für FuE in Schätzung A 0,023 beträgt und signifikant ist, in Schätzung B eine Elastizität von 0,02 gemessen wird, diese aber nicht länger signifikant ist. Ein solcher Vergleich offenbart, dass dies für den Koeffizienten von FuE in einem Wirtschaftszweig, für den Koeffizienten von Software in fünf Wirtschaftszweigen, für den Koeffizienten von Lizenzen & Patente in vier Wirtschaftszweigen und für den Koeffizienten von Organisationskapital in sieben Wirtschaftszweigen der Fall ist.[32] Die Ergebnisse und damit die Befunde sind daher im Großteil der Wirtschaftszweige nicht von der Schätzmethodik abhängig.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden:

Die KBC-Elemente haben in der weit überwiegenden Zahl der Wirtschaftszweige einen signifikant positiven Effekt auf die Produktivitätsentwicklung. Der Vergleich mit den Ergebnissen in Abschnitt 7.2 zeigt ferner, dass die KBC-Elemente in vielen Wirtschaftszweigen eher produktivitätssteigernd wirken, als direkt einen positiven Einfluss auf die Erhöhung der Bruttowertschöpfung zu haben. Dies gilt insbesondere für die KBC-Elemente Software sowie Lizenzen & Patente. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass es nicht das eine KBC-Element gibt, welches hinsichtlich seiner Magnitude am bedeutendsten ist. Vielmehr sind die Ergebnisse über die Wirtschaftszweige hinweg heterogen. Bei Vernachlässigung der insignifikanten und damit nicht von Null verschiedenen Koeffizienten zeigt ein Vergleich je Wirtschaftszweig, dass Organisationskapital in 21, Software in 14 und FuE in 13 Wirtschaftszweigen den jeweils höchsten Koeffizienten aufweisen.

7.4 Ergebnisse für KMU

7.4.1 Schätzergebnisse auf Basis von Modell I

Um der Frage nachzugehen, ob die Zusammenhänge zwischen der Bruttowertschöpfung und den KBC-Elementen bzw. den KBC-Elementen und der Produktivität für KMU abweichen, werden sämtliche Schätzungen auch ausschließlich für die Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern durchgeführt.

Als Erstes wird Modell I und somit die um die KBC-Elemente erweiterte Cobb-Douglas Produktionsfunktion geschätzt. Die Ergebnisse der Schätzungen für alle zweistelligen Wirtschaftszweige finden sich in Tabelle E-12 und werden hier nicht im Einzelnen diskutiert. Im Mittelpunkt steht vielmehr der Vergleich mit den Produktionselastizitäten, die auf Basis des gesamten Datensatzes geschätzt wurden (siehe Tabelle 5). Daraus lässt sich ableiten, ob die Produktionselastizitäten der KBC-Elemente für KMU grundsätzlich anders ausfallen.

Der Vergleich zeigt zunächst, dass es keinen Wirtschaftszweig gibt in dem sich das Vorzeichen einer Produktionselastizität ändert und diese zugleich signifikant bleibt. Es gibt somit keine Wirtschaftszweige, in der die Wirkung der KBC-Elemente für KMU entgegengesetzt zu den bisherigen Befunden ausfällt und dieser Befund statistisch signifikant wäre. Allerdings finden sich für 25 von 198 Koeffizienten Änderungen in der Signifikanz.[33] Es gibt also Produktionselastizitäten, die zuvor signifikant

[32] Die beiden Bergbausektoren werden bei dieser Gegenüberstellung vernachlässigt.

[33] Abzüglich der beiden nicht vorhandenen Koeffizienten für die Wirtschaftszweige *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L68*) sowie *Forschung und Entwicklung* (*M72*) werden die Koeffizienten von vier KBC-Elementen in 50 Wirtschaftszweigen geschätzt.

waren und in den Schätzungen auf Basis der KMU insignifikant werden, wie auch Produktionselastizitäten, die zuvor insignifikant waren und in den Schätzungen auf Basis der KMU signifikant werden. In diesen Fällen ist jedoch nur die Signifikanz betroffen, während die Koeffizienten in der Regel eine ähnliche Höhe haben. Da die Schätzungen somit in der Masse zu einem ähnlichen Ergebnis kommen, folgt, dass die KBC-Elemente in den KMU eine grundsätzlich ähnliche Wirkung entfalten, wie sie zuvor für den gesamten Datensatz nachgewiesen wurden.

Neben der Frage nach einem grundsätzlich anderen Zusammenhang zwischen den KBC-Elementen und der Bruttowertschöpfung für KMU ist auch zu klären, ob es Unterschiede in der Höhe der Produktionselastizitäten gibt. Eine tabellarische Auflistung und die Diskussion aller 198 Koeffizientenpaare[34] erscheint aufgrund der Masse der Produktionselastizitäten allerdings wenig informativ. Für die Gegenüberstellung werden stattdessen Boxplots genutzt. Diese fassen verschiedene statistische Maße in einer Darstellung zusammen. Die Boxen werden durch das obere und das untere Quartil begrenzt. Somit liegen 50 Prozent aller beobachteten Koeffizienten innerhalb der Box. Der rote Punkt in jeder Box markiert den Medianwert. Die oberen und unteren Begrenzungen werden auch als „Antennen“ bezeichnet. In der vorliegenden Form werden sie durch den letzten Beobachtungswert bestimmt, der noch innerhalb des 1,5 fachen des Interquartilsabstands (Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Quartil) liegt. Alle Beobachtungswerte oberhalb oder unterhalb der Antennen, in der Abbildung 9 als Punkte gekennzeichnet, können als „Ausreißer“ angesehen werden. Die Darstellung mit Boxplots erlaubt einen schnellen Überblick über die Verteilung der Koeffizienten und gibt zugleich Auskunft darüber, ob es größere Unterschiede zwischen den Schätzungen gibt.

Abbildung 9 enthält die Gegenüberstellung der signifikanten Produktionselastizitäten von KBC-Elementen aus Schätzungen auf Basis der KMU und aus Schätzungen auf Basis des gesamten Datensatzes. Aus der Darstellung geht hervor, dass die Mediane der Produktionselastizitäten von KMU den Medianen der Produktionselastizitäten entspricht, die auf Basis des Gesamtdatensatzes geschätzt wurden. Im Mittel wie im Median leicht höher ist nur die Elastizität von Software bei Schätzungen für die KMU.[35] Dieser Befund ändert sich nicht, wenn die insignifikanten Koeffizienten im Vergleich berücksichtigt werden (Tabelle E-14).

Hinsichtlich der Verteilung fällt auf, dass die Standardabweichung für die Koeffizienten von Organisationskapital in Schätzungen auf Basis der KMU größer ausfällt als in Schätzungen auf Basis des Gesamtdatensatzes. Dies ist jedoch auf einige wenigen Ausreißer zurückzuführen und nicht auf systematisch höhere Koeffizienten. Das wird anhand von Abbildung 9 deutlich, aus der hervorgeht, dass das obere und das untere Quartil der Produktionselastizitäten von Organisationskapital relativ nah beieinander liegen. Die Unterschiede in der Verteilung der Produktionselastizitäten der übrigen KBC-Elemente sind ebenfalls gering (Abbildung 9).

Der Vergleich der Produktionselastizitäten von KBC-Elementen zwischen Schätzungen für KMU und Schätzungen auf Basis aller Beobachtungen zeigt somit, dass für KMU keine Unterschiede festgestellt werden können.

7.4.2 Schätzergebnisse auf Basis von Modell II

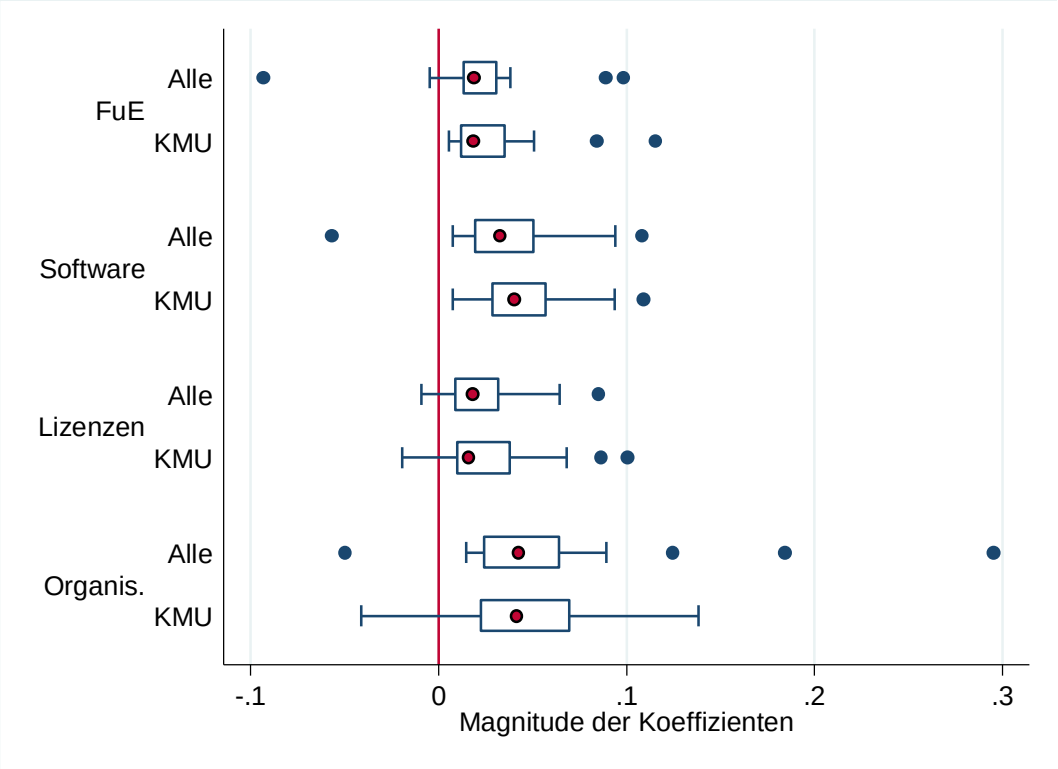
Zusätzlich zu Modell I wird auch Modell II auf Basis eines Datensatzes geschätzt der nur KMU enthält. Die Ergebnisse für alle zweistelligen Wirtschaftszweige finden sich in Tabelle E-13. In diesem

[34] Ein Koeffizientenpaar besteht aus den zwei Koeffizienten für ein KBC-Element eines Wirtschaftszweigs, die aus Schätzungen auf Basis der KMU und aus Schätzungen auf Basis aller Unternehmen gewonnen wurden.

[35] Tabelle E-14 enthält zusätzlich die Werte der Verteilungsparameter.

Abschnitt steht der Vergleich zwischen den Ergebnisse für die KMU und den Ergebnissen auf Basis des gesamten Datensatzes im Mittelpunkt.

Abbildung 9: Boxplot für signifikante Produktionselastizitäten von KBC-Elementen in Schätzungen für
KMU und in Schätzungen mit dem gesamten Datensatzes, Modell I, 2003-2013



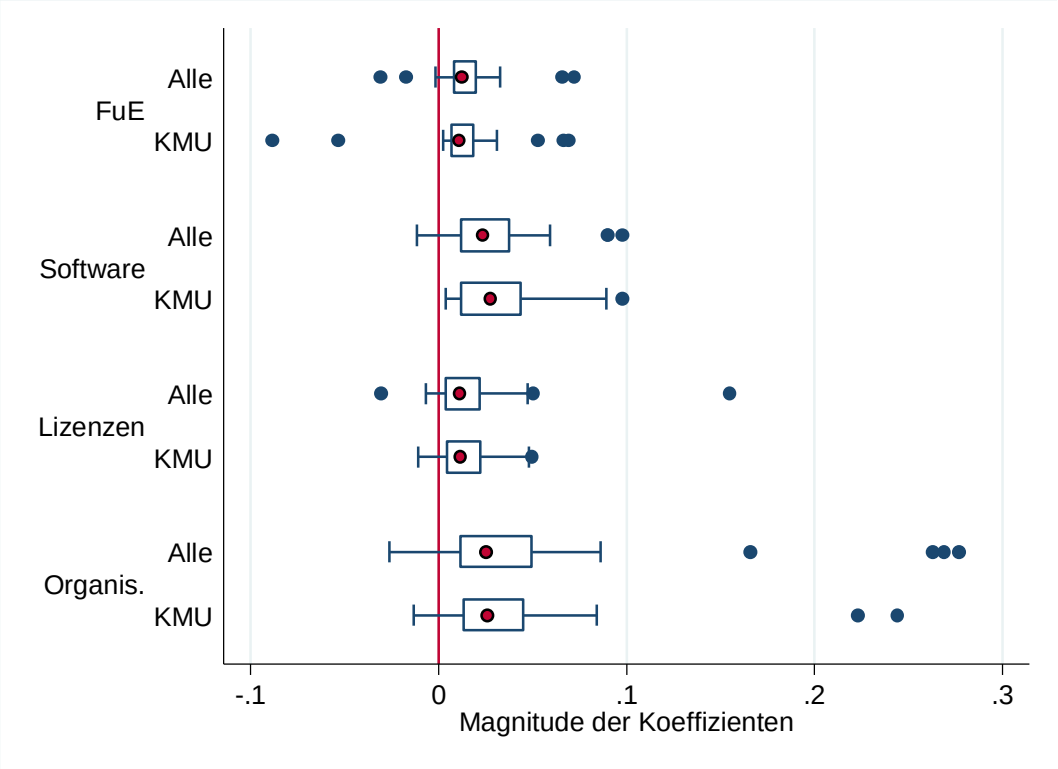
Zur besseren Visualisierung sind drei „Ausreißer" für Organisationskapital in der Darstellung vernachlässigt worden (siehe Tabelle 5 und Tabelle E-12).
Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Der Vergleich zeigt, dass es drei Fälle gibt in denen das Vorzeichen für die Elastizität einzelner KBC-Elemente wechselt und die betreffenden Koeffizienten zugleich in beiden Schätzungen signifikant sind. Dies ist einmal der Koeffizient von Organisationskapital im Wirtschaftszweig *Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln* (*C10*), der zuvor negativ und signifikant war, in den Schätzungen auf Basis der KMU aber einen positiven Werte annimmt und signifikant bleibt. Gleiches gilt für den Koeffizienten für FuE in den Wirtschaftszweigen *Post-, Kurier- und Expressdienste* (*H53*) sowie *Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung* (*M69*). Zwei alternative Schätzungen für die letztgenannten Sektoren führen zu einem identischen Ergebnis. Der Koeffizient von FuE für KMU bleibt positiv und signifikant, während er in Schätzungen auf Basis aller Daten negativ und signifikant bleibt. Dies deutet daraufhin, dass die negative Elastizität (Tabelle 7) von FuE in beiden Wirtschaftszweigen durch Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern verursacht wird. Die Unterschiede im Wirtschaftszweig *Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln* (*C10*) hinsichtlich des Koeffizienten von Organisationskapital sind dagegen weniger persistent. In alternativen Schätzungen auf Basis aller Daten finden sich positive Koeffizienten für Organisationskapital. Dies zeigt, dass der Unterschied zwischen KMU und den übrigen Unternehmen in diesem Wirtschaftszweig wenig robust ist.

Zusätzlich zu diesen beiden Koeffizienten gibt es 22 von 198 Koeffizienten, in denen zuvor signifikante Koeffizienten insignifikante werden und umgekehrt, wenn die Schätzungen anstelle des gesamten Datensatzes auf Basis der KMU durchgeführt werden. Betroffen sind vorrangig die Koeffizienten

für Lizenzen & Patente sowie Organisationskapital. In der überwiegenden Zahl der Fälle ändert sich jedoch nur die statistische Signifikanz, während die Koeffizienten eine ähnliche Magnitude aufweisen. In der Summe kann damit festgehalten werden, dass die KBC-Elemente in KMU keine fundamental andere Wirkung entfalten.

Abbildung 10: Boxplot für signifikante Produktionselastizitäten von KBC-Elementen in Schätzungen für KMU und in Schätzungen mit dem gesamten Datensatzes, Modell II, 2003-2013



Zur besseren Visualisierung sind drei „Ausreißer“ für Organisationskapital in der Darstellung vernachlässigt worden (siehe Tabelle 5 und Tabelle E-12).
Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Inwieweit dies auch hinsichtlich der Höhe der Koeffizienten und damit für die Stärke des Effekts der KBC-Elemente gilt, wird mit Hilfe von Boxplots in Abbildung 10 geprüft. Aus dieser geht hervor, dass sich die Koeffizienten im Median und auch hinsichtlich ihrer Verteilung nur marginal unterscheiden. Leicht höhere Mediane für die KMU finden sich nur für die KBC-Elemente Software und Organisationskapital. Für Software gilt dies auch für den Mittelwert der signifikanten Koeffizienten. Werden auch die insignifikanten Koeffizienten berücksichtig, gibt es allerdings keine großen Unterschied mehr zwischen den Schätzungen für KMU und den Schätzungen für alle Beobachtungen (Tabelle E-15). Bei Organisationskapital drehen sich die Unterschiede zwischen KMU und allen Unternehmen allerdings um, wenn der Mittelwert als Maßstab gewählt wird. Dies ist der höheren Varianz in den Koeffizienten bei Schätzungen auf Basis aller Unternehmen geschuldet, die sich auch in Abbildung 10 zeigt.

In der Summe zeigt der Vergleich für Modell II, dass sich die Ergebnisse bezüglich der Wirkung der KBC-Elemente auf die Produktivität für die KMU nicht wesentlich anders ausfallen.

7.5 Komplementarität oder Substituierbarkeit von KBC-Elementen

Im nachfolgenden Abschnitt wird geprüft, ob und welche KBC-Elemente zueinander in einer eher komplementären oder eher substitutiven Beziehung stehen. Dafür wird auf den von Carree et al. (2011) entwickelten Test zurückgegriffen. Er basiert auf einem zweistufigen Verfahren. In einem ersten Schritt werden Funktionen geschätzt, in denen alle denkbaren Interaktionsterme für die zu testenden Variablen enthalten sind.[36] In einem zweiten Schritt ist ein umfangreiches Testverfahren zur Signifikanz einzelner Variablen, zur gemeinsamen Signifikanz mehrerer Variablen und zur Richtung der Koeffizienten durchzuführen. Wenn nicht mehrere der von Carree et al. (2011) definierten Bedingungen erfüllt sind, ist keine Aussage zur Komplementarität oder der Substituierbarkeit zwischen den KBC-Elementen möglich. Der Test sagt nichts über die Stärke der Substituierbarkeit oder der Komplementarität aus.

Tabelle 8 enthält die Testergebnisse für Modell I.[37] Im Tabellenkopf sind die sechs möglichen Kombinationen zwischen den vier KBC-Elementen dargestellt. Da die KBC-Elemente in Modell I Teil der Inputs sind, die die Bruttowertschöpfung erklären, gibt der Test Auskunft darüber, ob die KBC-Elemente im Produktionsprozess Substitute oder Komplemente sind.

In der überwiegenden Zahl der Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes kommt der Test zu keinem Ergebnis. Dies kann unter anderem der Tatsache geschuldet sein, dass nur für wenige Wirtschaftszweige signifikante Produktionselastizitäten für mehrere KBC-Elemente gefunden werden (siehe Tabelle 5). In den Dienstleistungssektoren finden sich deutlich häufiger signifikante Koeffizienten für einzelne KBC-Elemente und auch der Carree-Test führt häufiger zu einem Ergebnis.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich stets nur auf die Wirtschaftszweige, für welche der Test Aussagen ermöglicht. Dies sind insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe relativ wenige Wirtschaftszweige. Unter dieser Einschränkung geht aus der Tabelle 8 hervorgeht, dass die KBC-Elemente Lizenzen & Patente und Organisationskapital zueinander überwiegend in komplementärer Beziehung stehen. Demgegenüber sind Software und Organisationskapital substituierbar.

Gleiches gilt auch für die vier Wirtschaftszweige, in denen die Testergebnisse Aussagen zum Verhältnis von Software und Lizenzen & Patente zulassen. Weniger eindeutig ist das Ergebnis für FuE und Organisationskapital. In sieben Wirtschaftszeigen deutet der Test auf einen substitutiven und in fünf Sektoren auf einen komplementären Zusammenhang hin. Auch die Ergebnisse für die Substituierbarkeit von FuE und Lizenzen & Patente sowie von FuE und Software sind nicht eindeutig. Im Rahmen des Carree-Tests wird für beide Kombinationen sowohl die Komplementarität zwischen den KBC-Elemente festgestellt als auch die Substituierbarkeit.

Wird der Heterogenität der Ergebnisse Rechnung getragen, erlaubt Tabelle 8 am ehesten Schlussfolgerungen für die Variablen Lizenzen & Patente und Organisationskapital sowie Software und Organisationskapital. Letztere lassen sich demnach im Rahmen der Produktion(sfunktion) gegeneinander aus-

---

[36] In der vorliegenden Studie sind dies die Kombinationen RS, RZ, RO, SZ, SO, ZO, RSO, RZO, RSZ, SZO, RSZO der KBC-Elemente FuE (R), Software (S), Lizenzen & Patente (Z) und Organisationskapital (O).

[37] Entsprechend der Vorgaben in Carree et al. (2011) wird der Test auf Basis von Schätzungen durchgeführt, in denen alle zu testenden Variablen als Dummies eingehen. Die KBC-Variablen werden daher zunächst in Dummy-Variablen umgewandelt, bevor sie und ihre Interaktionsterme in das Modelle I und das Modell II eingefügt und diese geschätzt werden. Stets wird dabei eine translog Produktionsfunktion in Arbeit und Kapital unterstellt.
Für die Schätzungen des modifizierten Modells I wird die OLS-Methode genutzt, da die in der zweiten Stufe des ACF-Ansatzes verwendete GMM Methode in der Regel nicht konvergiert. Dies kann auf die hier notwendige Verwendung von Dummies für die KBC-Elemente zurückgeführt werden.

tauschen, ohne dass dies Auswirkungen auf den Output hat. Dagegen können zusätzliche Investitionen in Lizenzen & Patente nicht die Investitionen in Organisationskapital ersetzen.

Tabelle 8: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen KBC-Elementen, Modell I

Wirtschafts-zweige		Lizenzen & Patente vs. Organisa-tions-kapital	Software vs. Organisa-tions-kapital	Software vs. Lizenzen & Patente	FuE vs. Organisa-tions-kapital	FuE vs. Lizenzen & Patente	FuE vs. Software
Berg-bau (B)	B08						
	B09						
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10						
	C11						
	C13						
	C14					Kompl.	Subst.
	C15						
	C16						
	C17						
	C18						
	C20						
	C21						
	C22						
	C23						
	C24						
	C25						
	C26						
	C27	Kompl.	Subst.				
	C28						
	C29						
	C30						
	C31	Kompl.			Kompl.		
	C32						
	C33						
Verkehr & Lagerei (H)	H49		Subst.				
	H50				Subst.		Subst.
	H51						
	H52		Subst.				
	H53		Subst.	Subst.	Subst.		Kompl.
Information & Kommunikat. (J)	J58		Subst.				
	J59		Subst.				
	J60		Subst.				
	J61	Kompl.	Subst.		Subst.		Subst.
	J62		Subst.		Subst.	Kompl.	Subst.
	J63	Kompl.	Subst.	Subst.	Subst.	Kompl.	Subst.
	L68	Kompl.	Subst.	Subst.			
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69			Subst.	Kompl.		Subst.
	M70					Kompl.	Subst.
	M71	Kompl.			Subst.		Subst.
	M72		Subst.				
	M73		Subst.		Subst.		Subst.
	M74						
	M75						
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77						
	N78				Kompl.		Kompl.
	N79		Subst.		Kompl.		
	N80				Kompl.		
	N81		Subst.				
	N82		Subst.				Subst.
	S95						

„Kompl.“ steht für Komplementarität und „Subst.“ steht für Substituierbarkeit
Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Testergebnisse für das Modell II, in dem die KBC-Elemente die Entwicklung des TFP erklären, sind in Tabelle 9 dargestellt. Die Ergebnisse des Carree-Tests zeigen, ob die Erhöhung von KBC-Element A eine Reduktion des KBC-Elements B ermöglicht, ohne dass sich das Niveau der TFP ändert (Substituierbarkeit). Im Fall der Komplementarität kann eine Erhöhung eines KBC-Elements nicht durch die Reduktion eines zweiten Elements kompensiert werden, ohne dass die TFP sinkt. Wird dagegen ein Element erhöht, kann keine höhere TFP erzielt werden solange nicht auch das zweite KBC-Element erhöht wird.

Der Vergleich von Tabelle 8 und Tabelle 9 zeigt, dass es eine deutlich größere Zahl von Wirtschaftszweigen im Verarbeitenden Gewerbe gibt, für welche der Test auf Basis des Modells II Aussagen macht. Zugleich offenbart der Vergleich, dass die Ergebnisse für die Wirtschaftszweige gleich sind, für die in beiden Tabellen Ergebnisse vorliegen. Der Carree-Test kommt somit in keinem der Wirtschaftszweige zu gegensätzlichen Aussagen, wenn er auf Basis von Modell I oder Modell II durchgeführt wird.

Aus Tabelle 9 geht hervor, dass Lizenzen & Patente und Organisationskapital in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes Komplemente sind. Für drei Dienstleistungssektoren wird hingegen die Substituierbarkeit angezeigt, in drei weiteren Wirtschaftszweigen deutet der Test auf ein komplementäres Verhältnis hin und in den übrigen Dienstleistungssektoren kommt der Test zu keinem Ergebnis. Der Befund der Substituierbarkeit für vier Wirtschaftszweige steht aber nicht im Widerspruch zu den in Tabelle 8 aufgeführten Ergebnissen. Für die betreffenden Wirtschaftszweige zeigt der Carree-Test in Tabelle 8 auch die Substituierbarkeit an oder kommt auf Basis von Modell I zu keinem Ergebnis.

Für Software und Organisationskapital wird mit einer Ausnahme, wie schon im Test von Modell I, die Substituierbarkeit festgestellt. Dies gilt sowohl für einen Teil der Sektoren, für die dieser Befund schon in Tabelle 8 vorliegt als auch für einige Wirtschaftszweige für die vorher kein Ergebnis gefunden wurde. Für das Verhältnis von Software und Lizenzen & Patente liegen nur fünf Ergebnisse vor, diesmal jedoch überwiegend für andere Wirtschaftszweige als in Tabelle 8. Doch auch diese zeigen eine substitutive Beziehung.

Für acht Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes stellt der Test die Komplementarität zwischen FuE und Organisationskapital fest und für vier Wirtschaftszweige die Substituierbarkeit. Zugleich finden sich in Tabelle 9 fünf Dienstleistungssektoren in denen die Substituierbarkeit und drei Dienstleistungssektoren in denen Komplementarität zwischen FuE und Organisationskapital vorliegt. Eine ähnliche Heterogenität in den Testergebnissen findet sich für die Gegenüberstellung von FuE und Lizenzen & Patente sowie von FuE und Software. Dabei überwiegt jedoch zumindest in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes der Befund, dass Komplementarität zwischen FuE und den beiden übrigen KBC-Elementen vorliegt.

Abschließend wird der Carree-Test unter Berücksichtigung des physischen Kapitalstock durchgeführt. Daraus folgt zugleich, dass nur die Testgleichung für Modell I zur Anwendung kommt, da nur in dieser das Kapital und die KBC-Elemente gleichermaßen Inputs im Produktionsprozess und damit potentiell für einander substituierbar sind. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Komplexität der Testmethodik steigt, wodurch die Zahl der aussagekräftigen Ergebnisse abnimmt.

Die Ergebnisse in Tabelle 10 für die verschiedenen Kombinationen von KBC-Elementen verdeutlichen dies. So kommt der Carree-Test nunmehr für die Tests zwischen Lizenzen & Patente und Software sowie zwischen FuE und Organisationskapital zu keinem Ergebnis. Auch für die übrigen Kombinationen von KBC-Elementen gibt es nur sehr wenige Ergebnisse. In den Wirtschaftszweigen für die sowohl in Tabelle 9 als auch in Tabelle 10 eindeutige Befunde vorliegen, weichen diese nicht voneinander ab.

Tabelle 9: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen KBC-Elementen, Modell II

Wirtschafts-zweige		Lizenzen & Patente vs. Organisa-tions-kapital	Software vs. Organisa-tions-kapital	Software vs. Lizenzen & Patente	FuE vs. Organisa-tions-kapital	FuE vs. Lizenzen & Patente	FuE vs. Software
Berg-bau (B)‡	B08						
	B09						
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10						
	C11	Kompl.	Subst.		Kompl.	Subst.	Kompl.
	C13	Kompl.			Kompl.		Kompl.
	C14	Kompl.	Subst.		Subst.	Kompl.	Subst.
	C15	Kompl.	Subst.				
	C16	Kompl.			Kompl.	Subst.	Kompl.
	C17	Kompl.					
	C18		Subst.		Kompl.	Kompl.	
	C20					Subst.	
	C21				Subst.	Kompl.	
	C22					Kompl.	
	C23	Kompl.			Kompl.		Kompl.
	C24					Kompl.	
	C25						
	C26	Kompl.			Kompl.		Kompl.
	C27	Kompl.	Subst.				
	C28					Kompl.	
	C29	Kompl.			Kompl.		Kompl.
	C30	Kompl.			Subst.	Kompl.	
	C31	Kompl.	Subst.				
	C32	Kompl.				Kompl.	
	C33	Kompl.			Kompl.		Kompl.
Verkehr & Lagerei (H)	H49	Subst.	Subst.			Subst.	
	H50		Subst.				
	H51		Subst.				
	H52		Subst.				
	H53		Subst.	Subst.			
Information & Kommunikat. (J)	J58						Subst.
	J59	Subst.	Subst.	Subst.	Subst.	Subst.	Subst.
	J60	Kompl.	Subst.	Subst.		Kompl.	
	J61		Subst.		Subst.		Subst.
	J62		Subst.		Subst.		
	J63				Subst.		
	L68		Subst.				
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69					Subst.	
	M70						
	M71						Subst.
	M72						
	M73						Subst.
	M74						
	M75	Kompl.	Kompl.	Subst.			
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77		Subst.	Subst.	Kompl.	Subst.	Subst.
	N78						
	N79	Kompl.	Subst.		Kompl.	Kompl.	
	N80	Subst.	Subst.		Kompl.		
	N81		Subst.		Subst.	Subst.	
	N82						
	S95						

„Kompl.“ steht für Komplementarität und „Subst.“ steht für Substituierbarkeit
Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle 10: Test auf Komplementarität oder Substituierbarkeit zwischen physischem Kapital und KBC-Elementen und Kapitel, Modell II

Wirtschafts-zweige		phys. Kapital vs. Organi-sations-kapital	phys. Kapital vs. Lizen-zen & Patente	phys. Kapital vs. Soft-ware	phys. Kapital vs. FuE	Lizen-zen & Patente vs. Organi-sations-kapital	Software vs. Organi-sations-kapital	Software vs. Lizen-zen & Patente	FuE vs. Organi-sations-kapital	FuE vs. Lizen-zen & Patente	FuE vs. Software
Berg-bau (B)‡	B08										
	B09										
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10										
	C11										
	C13										
	C14		Kompl.			Kompl.				Kompl.	
	C15										
	C16		Kompl.	Kompl.							
	C17										
	C18				Kompl.						
	C20		Kompl.		Kompl.						
	C21										
	C22										
	C23				Kompl.						
	C24										
	C25										
	C26	Kompl.	Kompl.		Kompl.						Kompl.
	C27		Kompl.								
	C28			Kompl.	Kompl.						
	C29										
	C30										
	C31	Kompl.									Kompl.
	C32										
	C33										
Verkehr & Lagerei (H)	H49										
	H50	Kompl.		Kompl.							Kompl.
	H51		Kompl.		Kompl.						
	H52				Kompl.						
	H53		Kompl.	Subst.							
Information & Kommunikat. (J)	J58	Kompl.					Subst.				Kompl.
	J59				Kompl.						
	J60	Subst.					Subst.				Subst.
	J61			Kompl.							
	J62				Subst.		Subst.				
	J63			Kompl.			Subst.				
	L68										
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69				Kompl.						
	M70				Subst.						
	M71			Subst.							
	M72										
	M73			Kompl.	Kompl.		Subst.				
	M74										
	M75										
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77										
	N78				Kompl.						
	N79										
	N80		Kompl.								
	N81			Kompl.	Kompl.						
	N82				Kompl.						
	S95										

„Kompl.“ steht für Komplementarität und „Subst.“ steht für Substituierbarkeit
Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Mit Blick auf die Substituierbarkeit bzw. die Komplementarität von physischem Kapital und Organisationskapital identifiziert der Test vier Wirtschaftszweige in denen eine komplementäre Beziehung und ein Wirtschaftszweig in dem die Substituierbarkeit zwischen beiden Kapitalarten vorliegt. Aus Tabelle 10 geht ferner hervor, dass der Test in acht Wirtschaftszweigen die Komplementarität zwischen Lizenzen & Patente und physischem Kapital feststellt. Auch in der überwiegenden Zahl der Wirtschaftszweige mit eindeutigen Ergebnissen wird eine komplementäre Beziehung zwischen Software und physischem Kapital sowie FuE und physischem Kapital festgestellt. Insgesamt kommt der Test in 32 Gegenüberstellungen zwischen dem physischen Kapital und den KBC-Elementen zu dem Ergebnis, dass die betreffenden Kapitalarten in einem komplementären Verhältnis zueinander stehen.

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, dass sowohl die Tests auf Basis von Modell I als auch von Modell II zu dem Ergebnis kommen, dass Software und Organisationskapital substituierbar sind. Investitionen in Softwarelösungen können somit zu Einsparungen bei organisatorischen Aufwendungen führen, ohne dass sich dies negativ auf die TFP oder die Wertschöpfung auswirkt. Dies gilt auch umgekehrt. In den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes lassen die Tests keine Aussage über die Beziehung zwischen Investitionen in Software und Lizenzen & Patente zu. Für die mögliche Kombinationen der KBC-Elemente (FuE einerseits sowie Organisationskapital, Software und Lizenzen & Patente andererseits sowie zwischen Organisationskapital und Lizenzen & Patente) finden sich in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes auf Basis des Modells II überwiegend komplementäre Zusammenhänge. Das heißt, eine Steigerung der Produktivität wird nicht nur durch die Ausweitung der Investitionen in eines dieser Elemente erreicht, sondern erfordert komplementäre Investitionen in andere KBC-Elemente. Ebenfalls überwiegend komplementär zueinander sind physisches Kapital und die verschiedenen KBC-Elemente. Somit sollten Investitionen in Maschinen etc. von Investitionen in Wissenskapital begleitet werden, um ihre volle Wirkung zu entfalten.

7.6 Alternative Spezifikationen - Robustheitsprüfungen

Die bisherigen Ergebnisse beruhen sowohl in Modell I als auch in Modell II auf der Cobb-Douglas Spezifikation für die Produktionsfunktion $f(\cdot)$. In Modell I umfasst sie neben den Variablen Arbeit und Kapital auch die KBC-Elemente (siehe Gleichung (3)). Im Modell II beinhaltet die eigentliche Produktionsfunktion dagegen nur die Faktoren Arbeit und Kapital. Die KBC-Elemente sind dagegen in der Funktion g(·) zur Bestimmung der TFP enthalten.

Nachfolgend wird geprüft, in welchem Maße die Festlegung der Cobb-Douglas Spezifikation für die Funktionen $f(\cdot)$ und g(·) die Ergebnisse beeinflusst. Dafür wird die translog-Spezifikation genutzt. Für das Modell I bedeutet dies, dass alle Variablen in quadrierter Form und die Interaktionsterme aller Variablen (also z.B. $l_{it}k_{it}$) in die Funktion $f(\cdot)$ aufgenommen werden (siehe Abschnitt B.3). Die empirischen Schätzungen der translog-Spezifikation von Modell I waren jedoch nicht erfolgreich. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die GMM-Schätzungen trotz mehrtägiger Rechenzeiten zu keiner Lösung führten und die entsprechenden STATA-codes abbrachen.[38] Auf eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der translog-Spezifikation und den in Abschnitt 7.2 vorgestellten Ergebnisse muss daher verzichtet werden.

Für Modell II werden drei alternative Spezifikationen getestet. In der Testspezifikation A werden die KBC-Elemente in der Funktion g(·) zusätzlich quadriert und miteinander interagiert. In der Testspezifikation B wird nur die Funktion $f(\cdot)$ als translog spezifiziert. In Testspezifikation C ändert sich so-

[38] STATA ist eine Statistiksoftware die für die Untersuchungen verwendet wurde.

wohl die Funktion $f(\cdot)$ als auch die Funktion $g(\cdot)$. Die einzelnen Spezifikationen sind in Abschnitt B.3 dargestellt. Die Schätzergebnisse sind in Tabelle E-16 bis Tabelle E-18 enthalten.[39]

Um die Robustheit der bisherigen Ergebnisse für Modell II zu beurteilen, werden die Elastizitäten aus Abschnitt 7.3 den Elastizitäten der Testspezifikationen gegenübergestellt. Dementsprechend sind die 298 Koeffizienten der Basisspezifikation (Tabelle 7), mit rund 900 Koeffizienten aus den Schätzungen der Testspezifikationen zu vergleichen. Hierfür werden die in Tabelle 11 dargestellten statistischen Kennzahlen genutzt. Deren Berechnung beruht auf den statistisch signifikanten Elastizitäten je Spezifikation und Variable.

Die durchschnittliche Elastizität für den Faktor Arbeit liegt in allen Testspezifikationen etwas unter dem Mittelwert in der Basisspezifikation. Auch die jeweiligen Mediane sind kleiner. Der deutlichste Unterschied besteht zur Testspezifikationen C, in welcher sowohl Arbeit und Kapital als auch die KBC-Elemente in quadrierter und interagierter Form in den Schätzungen berücksichtigt werden. Alle Mittelwerte und Mediane liegen dennoch um den Wert 0,6 und damit in einem üblichen Bereich. Die Ergebnisse geben daher keinen Anhaltspunkt, dass die Produktionselastizität des Faktors Arbeit massiv über- oder unterschätzt wird.

Auch der Median und der Mittelwert der Produktionselastizität des Faktors Kapital ist in der Basisspezifikation höher als in den Testspezifikationen. Wie für den Faktor Arbeit ist auch hier der Unterschied zu den Produktionselastizitäten der Testspezifikationen C am deutlichsten, in welcher die Faktoren Arbeit und Kapital durch eine translog-Funktion beschrieben werden. Diese wird auch in Testspezifikationen B genutzt. Die Ergebnisse der Testspezifikationen B liegen jedoch nahe an denen der Basisspezifikation. Das Absinken der Koeffizienten in Testspezifikationen C ist somit der Verwendung von Interaktionstermen und quadrierten KBC-Elemente geschuldet. Dennoch sind die Abweichungen nicht so gravierend, dass sie die Ergebnisse der Basisspezifikation in Frage stellen.

Für FuE findet sich in Tabelle 11 der gravierendste Unterschied zwischen den Schätzungen. Die signifikanten Elastizitäten liegen in der Basisspezifikation im Mittel und im Median bei 0,014 bzw. 0,011. Dieser Befund wird für den Mittelwert und den Median nur durch die Testspezifikation B bestätigt. In den Testspezifikationen A und C, welche quadrierte und miteinander interagierte KBC-Werte in der erklärende Funktion für die TFP enthalten, sind die Mittelwerte der signifikanten Elastizitäten in beiden Spezifikationen negativ. Die deutlich höheren Standardabweichungen zusammen mit den vom Mittelwert deutlich abweichenden Medianen deuten darauf hin, dass hierfür Ausreißer unter den Elastizitäten verantwortlich sind. Diese finden sich unter anderem im Wirtschaftszweig *Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen* (*B09*) und in den meisten zweistelligen Wirtschaftszweigen des Sektors *Verkehr und Lagerei* (*H*) (siehe Tabelle E-16 und Tabelle E-18). Werden etwa die Wirtschaftszweige *Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen* (*B09*) sowie *Schifffahrt* (*H50*) vernachlässigt, liegen die Mittelwerte und die Mediane in den Testspezifikationen A und C im positiven Bereich. Dies zeigt, dass die Ausreißer einen Teil der abweichenden Befunde erklären. Allerdings finden sich auch negative Elastizitäten von FuE im Wirtschaftszweig *Information und Kommunikation* (*J*).

[39] Durch die Verwendung quadrierter und interagierter Variablen in translog-Spezifikationen können die Koeffizienten von Arbeit, Kapital und den KBC-Elementen nicht mehr direkt interpretiert werden. Vielmehr hat die translog-Spezifikation zur Folge, dass es eine individuelle Elastizität je Variable, je Unternehmen und je Jahr gibt. Um dennoch einen Vergleich zu ermöglichen, werden hier die mittleren Elastizitäten dargestellt. Diese ergeben sich als Mittelwert der Elastizität einer Variablen über alle Unternehmen und Jahre.
Es ist zu beachten, dass dabei alle geschätzten Koeffizienten genutzt wurden, unabhängig von ihrer statistischen Signifikanz.

Tabelle 11: Deskription der signifikanten Elastizitäten aus Schätzungen der Basis- und der Testspezifikationen, Modell II, 2003-2013

		Signifikante Elastizitäten			
Variablen		Mittelwert	Median	Std.	N
Arbeit	Basisspezifik.	0,652	0,659	0,182	49
	Testspezifik. A	0,624	0,583	0,201	47
	Testspezifik. B	0,634	0,613	0,198	50
	Testspezifik. C	0,625	0,583	0,213	50
Kapital	Basisspezifik.	0,271	0,253	0,111	46
	Testspezifik. A	0,247	0,233	0,128	39
	Testspezifik. B	0,241	0,233	0,302	50
	Testspezifik. C	0,116	0,190	0,392	49
FuE	Basisspezifik.	0,014	0,012	0,016	45
	Testspezifik. A	-0,017	0,003	0,122	47
	Testspezifik. B	0,014	0,010	0,033	45
	Testspezifik. C	-0,017	-0,003	0,120	44
Software	Basisspezifik.	0,028	0,024	0,024	46
	Testspezifik. A	0,025	0,018	0,030	50
	Testspezifik. B	0,027	0,026	0,031	48
	Testspezifik. C	0,023	0,026	0,020	49
Patente & Lizenzen	Basisspezifik.	0,014	0,012	0,016	37
	Testspezifik. A	0,068	0,008	0,393	45
	Testspezifik. B	0,013	0,011	0,019	37
	Testspezifik. C	0,063	0,007	0,388	47
Organisati-onskapital	Basisspezifik.	0,058	0,026	0,140	48
	Testspezifik. A	0,127	0,060	0,254	49
	Testspezifik. B	0,063	0,027	0,185	44
	Testspezifik. C	0,159	0,086	0,291	49

Quelle: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Wie ein detaillierter Vergleich für die Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes zeigt, sind dort nur wenige Koeffizienten von FuE negativ. Werden nur die Elastizitäten in den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes verglichen, liegen Mittelwert und Median der signifikanten Produktionselastizitäten von FuE in allen Spezifikationen bei 0,01 oder darüber.

Somit muss festgehalten werden, dass die geschätzten Elastizitäten für FuE in den Dienstleistungssektoren nicht in dem gleichem Maße robust sind, wie die Elastizitäten der Faktoren Arbeit und Kapital. Allerdings gilt dies nicht für die Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes, für die keine deutlichen Abweichungen zwischen der Basisspezifikation und den Testspezifikationen festgestellt werden.

Die Mittelwerte und Mediane der signifikanten Elastizitäten für Software liegen in allen Spezifikationen nah beieinander. Die verschiedenen Tests bestätigen damit die Ergebnisse der Basisspezifikation für Software.

Es gibt ebenfalls keine Testspezifikationen, in denen die Mittelwerte der Produktionselastizitäten für Lizenzen & Patente deutlich kleiner ausfielen als in der Basisspezifikation. Allerdings liegen die Mediane der Testspezifikationen A und C unter dem Median der Basisspezifikation. Die um ein vielfaches größeren Standardabweichungen in beiden Spezifikationen signalisieren wiederum, dass es Ausreißer unter den Koeffizienten gibt, z.B. im Sektor *Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen* (*B09*). Aus der Tabelle E-16 bis Tabelle E-18 geht aber auch hervor, dass es mehrere negativen Koeffizienten im Verarbeitenden Gewerbe gibt. Dies gilt vorrangig für Wirtschaftszweige, in denen die Elastizitäten für Lizenzen & Patente in der Basisspezifikation insignifikant sind. Für den

Großteil der übrigen Wirtschaftszweige bestätigen die Ergebnisse hingegen die positive Elastizität von Lizenzen & Patente aus Abschnitt 7.3.

Tabelle 11 zeigt schließlich auch, dass die Elastizitäten von Organisationskapital im Mittel wie im Median höher ausfallen als in der Basisspezifikation. Die deutlichsten Unterschiede gegenüber der Basisversion treten wieder für die Testspezifikationen A und C zutage. Dabei ist, wie Tabelle E-16 bis Tabelle E-18 verdeutlichen, wieder eine größere Heterogenität in der Magnitude der Koeffizienten verantwortlich. Es fallen nicht nur die Koeffizienten in einigen Wirtschaftszweigen höher aus, sondern es gibt auch zusätzliche Wirtschaftszweige, in denen die Koeffizienten einen negativen Wert annehmen.

In der Summe zeigen die Robustheitsprüfungen, dass die Ergebnisse in Abschnitt 7.3 zum Zusammenhang zwischen dem Unternehmensoutput und den Faktoren Arbeit und Kapital sowie zwischen der TFP und den KBC-Elementen nicht durch die dort verwendete Spezifikation getrieben sind. Insbesondere für die Produktionsinputs Arbeit und Kapital sowie die KBC-Elemente Software und Lizenzen & Patente führen alternative Schätzfunktionen nicht zu anderen Schlussfolgerungen. Mit der Einschränkung auf das Verarbeitende Gewerbe gilt dies auch für Forschung und Entwicklung.

Zusätzlich zur Verwendung der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Schätzmethode wird auch der Ansatz genutzt, der von der OECD im Rahmen des *MultiProd* Projektes verwendet wird, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu überprüfen (OECD 2014). Das Schätzverfahren unterscheidet sich in mehreren Punkten deutlich von dem hier genutzten Vorgehen. So werden die Koeffizienten mit Hilfe des von Wooldridge (2009) entwickelten einstufigen Schätzverfahrens ermittelt. Ferner nutzt die OECD die in der STAN Datenbank enthaltenen Deflatoren für die Preisbereinigung. Um eine Vergleichbarkeit über eine Vielzahl von Ländern herzustellen, werden zudem einige Wirtschaftszweige zusammengefasst. Zu guter Letzt enthalten die Schätzungen keine KBC-Elemente, da das Verfahren für einen anderen Zweck entwickelt wurde. Aus diesem Grund ist nur ein Vergleich der Elastizitäten von Arbeit und Kapital möglich.

Für den Vergleich der Produktionselastizitäten in beiden Ansätzen werden die Ergebnisse der Wirtschaftszweige *Verarbeitendes Gewerbes* (*C*), *Information und Kommunikation* (*J*), *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*), *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (*N*) und *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (*S*) herangezogen. In den verbleibenden drei Sektoren (*Bergbau* (*B*), *Verkehr und Lagerei* (*H*) *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L*)) sind die Ergebnisse von *MultiProd*-Schätzungen nicht zuverlässig, da sie negative Koeffizienten für Arbeit oder Kapital aufweisen.

Die Koeffizienten für Arbeit unterscheiden sich nicht wesentlich von den hier geschätzten Produktionselastizitäten. Durchgängig höher sind dagegen die Kapitalkoeffizienten in den *MultiProd*-Schätzungen. Ein Beispiel für diesen Unterschied sind die Koeffizienten im Sektor *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (*M*). Nach dem hier genutzten Schätzansatz liegt der Koeffizient für Arbeit bei 0,67 und für Kapital bei 0,24 (siehe Tabelle 6). Nach den *MultiProd*-Schätzungen sind die Elastizitäten 0,62 und 0,34. Zugleich gibt es jedoch auch eine Reihe von Wirtschaftszweigen, in denen die Koeffizienten für Kapital in den *MultiProd*-Schätzungen unglaubwürdig hoch ausfallen. Dies gilt etwa für den Sektor *Herstellung von elektrischen Ausrüstungen* (*C27*), in welchem eine Produktionselastizität von 0,99 gemessen wird, während sie hier bei 0,185 liegt (Tabelle 7). In derartigen Fällen dürfte eher die *MultiProd*-Schätzung angezweifelt werden.

Insgesamt liefert der Vergleich mit den Elastizitäten aus den *MultiProd*-Schätzungen keinen Hinweis darauf, dass die hier geschätzten Koeffizienten unglaubwürdig sind.

8. Sektorale Indikatoren für KBC-Elemente

8.1 Einleitung

Ziel dieses Abschnitts ist es, einen Indikatorensatz zum Monitoring von Investitionen in wissensbasiertes Kapital (KBC) in Deutschland zu erarbeiten. Er soll die Größenordnung und die Entwicklung von Investitionen in einzelne KBC-Elemente in Deutschland nach Wirtschaftszweigen in den letzten Jahren näherungsweise abbilden. Der Indikatorensatz für Investitionen in KBC wird aus frei verfügbaren Daten und Indikatoren bestehen. Dies ist die Vorrausetzung dafür, dass er zeitnah und mit minimalem finanziellem und personellem Aufwand jährlich aktualisiert werden kann.

Bei der Ermittlung der Investitionen in Elemente des wissensbasierten Kapitals ist zu beachten, dass sowohl die von den Unternehmen selbst erstellten als auch die von anderen im In- und Ausland erworbenen Güter und Leistungen zu erfassen sind. Letztlich geht es um die Ausgaben für alle beim Aufbau des Wissenskapitalbestandes von den Unternehmen verwendeten und nicht nur für die selbst produzierten Güter und Leistungen.

Ein Teil der erforderlichen Informationen ist bereits in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erhalten. Für weitere Investitionen in Bestandteile des wissensbasierten Kapitals, die bisher nicht in der VGR erfasst sind, werden international übliche Meßansätze und Schätzungen übernommen, die im Wesentlichen auf Corrado, Hulten und Sichel (2009) zurückgehen (Abschnitt 8.2). Schließlich wird ein Indikatorensystem für Investitionen in einzelne KBC-Elemente in Deutschland nach Wirtschaftszweigen vorgeschlagen (Abschnitt 8.3).

8.2 Berechnungsmethoden

8.2.1 FuE-Investitionen in der VGR

Forschung und Entwicklung (FuE) sind im Frascati-Handbuch der OECD (2015b) definiert als schöpferische und systematische Arbeit zur Erweiterung des vorhandenen Wissens sowie die Verwendung dieses Wissens mit dem Ziel, neue Anwendungsmöglichkeiten zu finden. FuE wird in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung nach den internationalen Regeln des System of National Accounts 2008 sowie des Europäische Systems der Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung 2010 (ESVG 2010) nicht mehr als laufender Aufwand behandelt, sondern als Investitions- und Vermögensgut. Dahinter steht der Gedanke, dass die Ergebnisse von FuE nicht sofort vollständig in die Produktion eingehen. Sie werden kapitalisiert und der Vermögensbestand an FuE – bzw. das FuE-Kapital – gibt seinen Wert über einen längeren Zeitraum an die Produktion ab, ähnlich wie das für Sachanlagevermögen (Ausrüstungen und Bauten) gilt. Die Abschreibungen auf den Vermögensbestand für FuE messen die Wertminderung durch Verschleiß und Alterung in einer Periode.

Für Deutschland ermittelt das Statistische Bundesamt im Rahmen der VGR die FuE-Investitionen nach Wirtschaftsbereichen (einstellige Wirtschaftszweige, z.B. Verarbeitendes Gewerbe) als Teil der Investitionen in geistiges Eigentum, zu dem auch Software und Datenbanken sowie Suchbohrungen und Urheberrechte, Lizenzen und Markenrecht etc. gehören. Die folgenden Ausführungen beschreiben die Berechnungsmethode des Statistischen Bundesamtes für die FuE-Investitionen auf der Grundlage der entsprechenden Veröffentlichungen (Adler, et al. 2014, Oltmanns, Bolleyer und Schulz 2009).

Den Ausgangspunkt für die Berechnung der FuE-Investitionen der Unternehmen bildet die Ermittlung des FuE-Produktionswertes. In der FuE-Investitionsrechnung wird dann der Übergang von den inländischen Produktionswerten für FuE (Einkommensentstehung) zur Verwendung der FuE-Leistungen auf der Basis von Informationen und Annahmen nachvollzogen. Damit werden die FuE-Leistungen nicht mehr ihren Produzenten zugerechnet, sondern jenen Einheiten, die sie verwenden.

Als Datengrundlage für die Ermittlung der Produktionswerte für FuE in privatwirtschaftlichen Unternehmen nach Wirtschaftszweigen dienen die Erhebungen der SV Wissenschaftsstatistik gGmbH zu den FuE-Aufwendungen. Die Grundgesamtheit der Erhebungen bilden alle Unternehmen, Institutionen für Gemeinschaftsforschung und Verbände, von denen angenommen wird, dass sie FuE betreiben. Berichtseinheit bei den Unternehmen ist in der Regel die kleinste bilanzierende Einheit.[40]

Die nach den Konzepten des Frascati-Handbuches erhobenen FuE-Aufwendungen müssen übergeleitet werden zu den Kosten der FuE-Produktion im Sinne der VGR. Hierfür sind folgende Schritte erforderlich (Oltmanns, Bolleyer und Schulz 2009): Die FuE-Aufwendungen für Investitionsgüter zählen nicht zu den laufenden Kosten der Produktion und werden von den internen FuE-Aufwendungen abgezogen. Zugleich werden die Abschreibungen auf diese Investitionsgüter zu den FuE-Aufwendungen hinzugezählt. Um den FuE-Produktionswert zu Herstellungspreisen zu erfassen, ist ferner eine Korrektur für sonstige Produktionsabgaben erforderlich.[41] Zudem sind die Subventionen abzuziehen. Die Kapitalkosten umfassen neben den Abschreibungen auch die Opportunitätskosten für die Nutzung des Kapitals. Um diese Opportunitätskosten zu berücksichtigen, ist für die selbsterstellte FuE der Marktproduzenten ein Nettobetriebsüberschuss zu unterstellen. Zur Vermeidung einer Doppelzählung von FuE und selbsterstellter Software, die ebenfalls zum geistigen Eigentum gehört, ist die selbsterstellte Software von den internen FuE-Aufwendungen abzuziehen. Zusammenfassend lässt sich die Überleitung von FuE-Aufwendungen zum FuE-Produktionswert wie folgt darstellen:

Abbildung 11: Berechnungsschritte von den FuE-Aufwendung zum FuE-Produktionswert in der VGR

	Interne Aufwendungen für Forschung und Entwicklung
–	Kapitalausgaben für Forschung und Entwicklung
+	Sonstige Produktionsabgaben abzüglich sonstige Subventionen
+	Nettobetriebsüberschuss
+	Abschreibungen
–	Überlappung mit Software
=	FuE-Produktionswert

Quelle: Adler (2014).

Die FuE-Investitionen entsprechen den FuE-Produktionswerten für den Fall, dass es keine Markttransaktionen gibt. Dies ist jedoch nur in wenigen Wirtschaftszweigen der Fall. Zugleich stehen allerdings nur teilweise Daten für den nationalen und internationalen Handel mit Forschung und Entwicklung auf Ebene von Wirtschaftszweigen zu Verfügung. Für grenzüberschreitende Transaktionen mit FuE nutzt das Statistische Bundesamt Daten aus der Zahlungsbilanzstatistik der Deutschen Bundesbank[42] – je-

[40] Seit 1999 gehören Fragen zu FuE auch zum Programm der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamtes in den Wirtschaftsbereichen „Verarbeitendes Gewerbe“ und „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“. Die Ergebnisse dieser Erhebung zeigen einen deutlich höheren Betrag an internen FuE-Aufwendungen als die Erhebung des Stifterverbandes. Zudem waren im Jahr 2003 im Wirtschaftsbereich „Forschung und Entwicklung“ durch die Dienstleistungsstatistik wesentlich mehr Unternehmen erfasst worden als vom Stifterverband, sodass die vom Stifterverband ermittelten FuE-Aufwendungen in diesem Wirtschaftsbereich untererfasst sein könnten (Oltmanns, Bolleyer und Schulz 2009). Für die Berechnungen der FuE-Investitionen werden dennoch aus verschiedenen Gründen die Daten des Stifterverbandes verwendet (Adler, et al. 2014).

[41] Sonstige Produktionsabgaben sind zumindest teilweise in den FuE-Aufwendungen enthalten, zum Beispiel in Form von Lohnnebenkosten. Sie sind jedoch kein expliziter Bestandteil der FuE-Aufwendungen.

[42] Grenzüberschreitende Transaktionen mit FuE stellt die Zahlungsbilanzstatistik der Deutschen Bundesbank dar. Die dort erfassten Forschungs- und Entwicklungsleistungen mit einem Wert von mehr als 12 500 Euro betreffen vornehmlich Entgelte für die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren einschließlich wissenschaftlicher Beratung.

weils als Sonderaufbereitungen gegliedert nach Wirtschaftszweigabteilungen. Im Inland erhebt der Stifterverband Werte der externen FuE-Aufträge nach auftraggebenden Wirtschaftszweigabteilungen, erfasst dabei aber lediglich ausgewählte Auftragnehmergruppen ohne Wirtschaftszweigdifferenzierung.

Mit diesen zusätzlichen Daten, und ausgehend vom FuE-Produktionswert, berechnet das Statistische Bundesamt die FuE-Investitionen der Wirtschaftszweige wie folgt (Adler, et al. 2014):

In einem ersten Schritt werden von den im Inland erbrachten FuE-Leistungen die exportierten FuE-Leistungen abgezogen. Die jeweiligen Sektoranteile werden geschätzt. Daraus resultiert die im Inland erzeugte inländische Güterverfügbarkeit an FuE, differenziert nach herstellenden Wirtschaftszweigen. In einem zweiten Berechnungsschritt werden die Transaktionen mit FuE-Leistungen zwischen den Wirtschaftszweigen auf der Ebene der inländischen FuE-Güterverfügbarkeit nachvollzogen. Dabei führen externe FuE-Aufträge an verbundene Unternehmen zu keinem Abfluss von FuE-Leistungen aus dem Wirtschaftszweig. Von den externen FuE-Aufträgen an nicht verbundene Unternehmen wird angenommen, dass sie sich an andere Wirtschaftszweige wenden, die mit einer amtsinternen FuE-Kreuzmatrix identifiziert werden. Im dritten Schritt wird die inländische Güterverfügbarkeit an FuE durch Addition der FuE-Einfuhren vervollständigt.

Am Ende dieses vielstufigen Verfahrens stehen die FuE-Investitionen nach Wirtschaftszweigen, die allerdings in der deutschen VGR bisher nur aggregiert für die gesamte Volkswirtschaft veröffentlich werden. Detaillierter ist der Lieferumfang von VGR-Daten an Eurostat, wo für alle einstelligen Wirtschaftszweige die FuE-Investitionen veröffentlicht werden.

8.2.2 Investitionen in Software und Datenbanken in der VGR

Bereits mit der Einführung des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung (ESVG) 1995 war der Begriff der Bruttoanlageinvestitionen um die immateriellen Anlagegüter (Suchbohrungen, Computerprogramme und Datenbanken, Urheberrechte und sonstige immaterielle Anlagegüter) erweitert worden. Computerprogramme und Datenbanken werden in den VGR unter dem Begriff „Software“ zusammengefasst. Sie bildeten bis zur erneuten Umstellung der VGR im Jahr 2014 mit dem ESVG 2010 den wertmäßig gewichtigsten Teil der immateriellen Anlagen. 1995 waren es etwa drei Viertel (Schulz 2002).

Unterschiedlichen Abgrenzungen bzw. Zuordnungen machen es fast unmöglich, Daten über Investitionen in Computerprogramme und Datenbanken aus den Geschäftsberichten der Unternehmen zu ermitteln. Das statistische Bundesamt hat deshalb Modelle zur Schätzung der erworbenen Software und der selbsterstellten Software entwickelt (Schulz 2002, Bolleyer 2005). In den letzten Jahren wurde auch die Datenbasis zur Erhebung der Werte selbst erstellter und gekaufter Software in den Unternehmen durch Modifizierung der Fragebögen für die Unternehmenserhebungen erweitert. Gekaufte Software wird mit den am Markt gezahlten Anschaffungspreisen bewertet, für Eigenentwicklungen sind die geschätzten Herstellungspreise oder die Produktionskosten heranzuziehen.

Der Wert der selbst erstellten Software und deren Wirtschaftszweigzuordnung werden vom Statistischen Bundesamt anhand eines Modells mit Beschäftigtenangaben des jährlichen Mikrozensus geschätzt (Schulz 2002). Grundlage sind Angaben über Beschäftigte in datenverarbeitungstypischen sowie in technischen Berufen, die im weitesten Sinn Datenverarbeitungstätigkeiten ausüben. In die Berechnung gehen die Bruttogehälter der Berufsgruppen, kalkulatorische Personalkostensätze und Teilzeitfaktoren ein. Darüber hinaus werden Daten aus Unternehmensbefragungen genutzt.[43]

[43] Erworbene Software wurde in der Dienstleistungsstatistik erstmals im Jahr 2002 erhoben. Diese Erhebung liefert seitdem Daten zur

In der deutschen VGR werden Investitionen in Software und Datenbanken bisher nur aggregiert für die gesamte Volkswirtschaft veröffentlich. Detaillierter ist auch in diesem Fall der Lieferumfang von VGR-Daten an Eurostat, wo für alle WZ-1-Steller die Investitionen veröffentlicht werden.

8.2.3 Künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen in der VGR

Zum geistigen Eigentum gehören in der VGR auch künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen. Urheberrechte werden in der VGR erfasst, wenn sie dem Investor (Urheber oder Erwerber) mehrere Jahre Erträge bringen, weil sie investiv für die Produktion anderer Güter verwendet werden. In der Regel ist der Urheber auch gleichzeitig der Investor. Er produziert selbst erstellte Anlagen und empfängt Dienstleistungsentgelte aus der Nutzung bzw. Verwertung seines Originals durch Dritte. Es findet eine Produktionstätigkeit statt, die zu einem Zugang an Anlageinvestitionen führt (Frankford 2000). Im Sinne der VGR entstehen Urheberrechte durch die Schaffung der „Originale von Filmen, Tonaufzeichnungen, Manuskripten, Bändern, Modellen usw., auf denen schauspielerische Darbietungen, Radio- und Fernsehprogramme, musikalische Darbietungen, Sportveranstaltungen, literarische oder künstlerische Produktionen usw. aufgezeichnet oder anderweitig festgehalten sind. Eingeschlossen sind selbsterstellte Urheberrechte“(ESVG 2010). In Deutschland werden Originale aus industrieller Produktion (Filme, Tonträger usw.) anhand der Produktionskosten und Originale als Ergebnis künstlerisch-schöpferischer Leistung der Schriftsteller, Komponisten, Schauspieler usw. mit dem Ertragswert bewertet (Frankford 2000).

Investitionen für Suchbohrungen umfassen die Summe der Ausgaben für die Erschließung von Vorkommen an Erdöl, Erdgas und anderen Bodenschätzen sowie der nachfolgenden Auswertung der Entdeckungen. Hierzu zählen auch die Ausgaben vor der Lizenzerteilung, Lizenzkosten und Kosten, die beim Erwerb und bei der Bewertung der Bohrrechte anfallen, die Kosten der eigentlichen Versuchsbohrungen, die Kosten von Luftbild und anderen Vermessungen sowie Transportkosten und ähnliche Kosten, die entstehen, damit die Versuchsbohrungen möglich werden (ESVG 2010).

In der deutschen VGR werden Investitionen in Urheberrechte und Suchbohrungen bisher nur aggregiert für die gesamte Volkswirtschaft veröffentlich. Da Eurostat für alle einstelligen Wirtschaftszeige die Investitionen in Geistiges Eigentum insgesamt veröffentlicht und zusätzlich die in Investitionen in FuE sowie in Software und Datenbanken separat ausweist, können die Investitionen in Urheberrechte und Suchbohrungen auf Ebene der einstelligen Wirtschaftszeige als Restgröße berechnet werden.

8.2.4 Organisationskapital

Im Unterschied zum Vorgehen auf Mikroebene wird das Organisationskapital auf sektoraler Ebene auf Basis aggregierter Daten geschätzt. Hierbei werden für das selbst erstellte und für das extern bezogene Organisationskapital zwei unterschiedliche Schätzverfahren verwendet.

Für die Schätzung des selbst erstellten Organisationskapitals werden Corrado et al. (2012) folgend 20 Prozent der Gehälter der Führungskräfte als Investitionen angesetzt. Bei der Ermittlung der Gehälter der Führungskräfte werden Informationen aus der Verdienststrukturerhebung, der Statistik der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und der VGR genutzt. Die Verdienststrukturerhebung für das Jahr 2014 liefert im Rahmen der amtlichen Veröffentlichungen für die Sektoren *Land- und Forstwirt-*

erworbenen Software für Dienstleistungsunternehmen mit einem jährlichen Umsatzvolumen über 250.000 Euro. Im Rahmen der Investitionserhebung im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe melden Unternehmen mit mindestens 20 tätigen Personen seit 2009 die im jeweiligen Geschäftsjahr auf dem Anlagenkonto nach dem HGB aktivierten Bruttozugänge an erworbener Software, einschließlich entgeltlich erworbener Softwarelizenzen. Voraussetzung ist, dass diese mindestens ein Jahr lang genutzt wird. Selbst erstellte Software, die mit Änderung des § 248 HGB seit dem Geschäftsjahr 2010 aktiviert werden darf, wird in der Erhebung nicht erfasst.

schaft, Fischerei (*A*) bis *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (*S*) das arithmetische Mittel der Bruttojahresverdienste der vollzeitbeschäftigten Aufsichtskräfte (Kode „xxx93“) und der vollzeitbeschäftigten Führungskräfte (Kode „xxx94“) in der Definition der Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010). 20 Prozent dieser Gehälter werden mit der Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten der jeweiligen Berufsgruppen zum 30. Juni 2014 nach der Beschäftigungsstatistik multipliziert. Damit erhält man einen Wert für das interne Organisationskapital für das Jahr 2014. Die Zahlen der Beschäftigten nach diesen beiden Berufsgruppen werden von der Bundesagentur für Arbeit nicht veröffentlicht und mussten als Sonderauswertung beschafft werden. Für die anderen Jahre musste das Schätzverfahren erweitert werden, da die Verdienststrukturerhebung nur alle vier Jahre erhoben wird. Dazu wird unterstellt, dass der Anteil der Arbeitsentgelte für Führungskräfte am gesamten Arbeitsentgelt einer Branche in dem hier betrachteten Untersuchungszeitraum konstant ist. Demnach wurde das Organisationskapital der Jahre 2009 bis 2013 und 2015 durch Multiplikation des Anteilswerts des Jahre 2014 mit dem Arbeitsentgelt des jeweiligen Jahres multipliziert. Die jährlichen Arbeitsentgelte wurden der VGR entnommen.

Basis der Schätzung des extern erworbenen Organisationskapitals der Unternehmen sind die Umsätze der Unternehmen des Wirtschaftszweigs *Unternehmensberatung* (*M70.22*) aus der Umsatzsteuerstatistik. Dieser Umsatz wird mit der Input-Output Tabelle (Verwendungstabelle) für den Wirtschaftszweig *Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung* (*M69,M70*) auf 63 Wirtschaftsbereiche verteilt. Angenommen wird zudem mit Verweis auf die Literatur, dass nur 80 Prozent der Umsätze Investitionen sind (Corrado, Hulten und Sichel 2009, Corrado, Haskel, et al. 2012).

8.2.5 Marketing und Werbung

Basis der Schätzung der externen Werbeausgaben der Unternehmen sind die Umsätze der Unternehmen des Wirtschaftszweigs *Werbung und Marktforschung* (*M73*) aus der Umsatzsteuerstatistik. In älteren Analysen auf Basis der Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2003 wurden dabei die Umsätze des Wirtschaftszweiges Meinungsforschung abgezogen, weil sie nicht als Investitionen in Werbung angesehen werden (Crass, Licht und Peters 2014). Dies ist ab 2009 nicht mehr möglich, weil die Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2008 *Meinungs- und Marktforschung* (*M73.2*) zusammenfasst und zumindest die Ausgaben für Marktforschung als Investitionen in Marketing angesehen werden müssen. Die Umsätze dieses Wirtschaftszweiges (*M73.2*) machten zuletzt aber weniger als 10 Prozent der Umsätze des Sektors *Werbung und Marktforschung* (*M73*) aus, so dass die Einbeziehung der Meinungsforschung nur geringe Auswirkungen auf den Indikator für Investitionen in Werbung und Marketing hat.

Die Umsätze des Wirtschaftszweigs *Werbung und Marktforschung* werden mit der Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung für denselben Wirtschaftszweig auf 63 Wirtschaftsbereiche verteilt. Dabei werden aber nur 60 Prozent der gesamten Werbeausgaben als Investitionen anerkannt. Der Rest wird in Übereinstimmung mit der Literatur (Landes und Rosenfield 1994, Corrado, Hulten und Sichel 2009), als nur kurzfristig wirksame Kosten angesehen.

Die Ausgaben für selbst erstellte Werbung wurden vom Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) auf Basis von Informationen aus dem Mannheimer Innovationspanels (MIP) auf rund 15 Prozent der externen Werbeausgaben geschätzt (Crass, Licht und Peters 2014). Im Unterschied dazu nehmen Corrado, Hulten und Sichel (2009) und Corrado et al. (2012) an, dass externe und interne Werbeausgaben etwa gleich groß sind. Den internationalen Konventionen folgend werden hier die gesamten Investitionen in Marketing und Werbung geschätzt, indem die externen Investitionen in Werbung verdoppelt werden.

8.2.6 Design im Architektur- und Ingenieurbereich

Corrado, Hulten und Sichel (2009) und Corrado et al. (2012) folgend können die Investitionen in Design im Architektur- und Ingenieurbereich auf 50 Prozent der Umsätze des Wirtschaftszweigs *Architektur- und Ingenieurbüros; technische Untersuchung* (*M71*) geschätzt werden. Diese Umsätze aus der Umsatzsteuerstatistik werden mit der Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung für den Wirtschaftszweig auf 63 Wirtschaftsbereiche verteilt.

8.2.7 Finanzinnovationen

Zur Schätzung der Entwicklungskosten für Innovationen in der Finanzindustrie werden in der Literatur 20 Prozent der Ausgaben für Vorleistungen in der Finanzindustrie angesetzt (Corrado, Hulten und Sichel 2009). Zur Vermeidung von Doppelzählungen werden zudem Vorleistungen, die bereits an anderer Stelle als Investitionen in Wissenskapital erfasst wurden, etwa die Vorleistungen aus den Wirtschaftszweigen *Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie* (*J62*) und *Unternehmensberatung* (*M70*) abgezogen (Hao and Manole (2008).

Für Deutschland lassen sich die Investitionen in Finanzinnovationen auf Basis der Daten des Mannheimer Innovationspanels (MIP) schätzen. Zur Vermeidung von Doppelzählungen werden dabei von den Innovationsausgaben in diesem Wirtschaftszweig die Investitionen in Sachkapital abgezogen (Crass, Licht und Peters 2014). Die Schätzungen des ZEW für den Zeitraum 1995-2008 führen dabei zu wesentlich geringeren Investitionen in Finanzinnovationen als die gröberen Schätzungen anderer Autoren (Hao und Manole 2008). Für 2004 werden 4 Mrd. Euro ausgewiesen (Crass, Licht und Peters 2014) und somit nur etwa ein Viertel der Schätzung von Hao and Manole (2008) mit 15,5 Mrd. Euro.

Die Investitionen in Finanzinnovationen werden hier auf Basis der laufenden Ausgaben für Innovationen im Sektor *Finanzdienstleistungen* (*K*) des Mannheimer Innovationspanels (MIP) geschätzt (siehe Tabelle E-20). Zur Vermeidung von Doppelzählungen werden die Investitionen in Sachkapital für Innovationen nicht berücksichtigt.

8.2.8 Unternehmensspezifisches Training und Weiterbildung

Die Investitionen in unternehmensspezifisches Training und Weiterbildung umfassen die Ausgaben für betriebliche Weiterbildung und die Kosten für Auszubildende

Die gesamten Ausgaben für betriebliche Weiterbildung werden von der Autorengruppe der Bildungsberichterstattung für das Jahr 2013 auf 10,9 Mrd. Euro (0,4 % des BIP) geschätzt. Die Schätzung umfasst Kosten für interne und externe Weiterbildung (ohne Personalkosten der Teilnehmenden) auf der Basis der Erwerbstätigen (ohne Auszubildende) laut Mikrozensus und der durchschnittlichen Weiterbildungskosten je Beschäftigten laut der Europäischen Erhebung zur beruflichen Weiterbildung (CVTS 4 für das Jahr 2010). Eventuelle Doppelzählungen bei externen Weiterbildungsmaßnahmen (z.B. in Hochschulen) konnten nicht bereinigt werden (Bildungsberichterstattung 2016). Die Europäische Erhebung zur beruflichen Weiterbildung (CVTS) wurde bisher viermal im Abstand von fünf Jahren durchgeführt, zuletzt für 2010. Auf Basis der CVTS 4 hat das Statistische Bundesamt Kosten für Weiterbildung je Beschäftigten in allen Unternehmen für einige Wirtschaftsbereiche im Jahr 2010 geschätzt (Vollmar 2013, Statistisches Bundesamt 2013). Allerdings ist die Aussagekraft aufgrund der geringen statistischen Zahlenbasis für die meisten Wirtschaftsbereiche eingeschränkt, so dass eine Aufteilung der gesamten Weiterbildungskosten auf Wirtschaftsabschnitte hier nicht möglich ist.

Übersicht 4: Indikatorensatz der jährlichen Investitionen in die Elemente von KBC in den Wirtschaftsabschnitten Deutschlands

Element	Beschreibung	Datenquellen
Forschung u. Entwicklung	Bruttoanlageinvestitionen, VGR	VGR: Eurostat
Software u. Datenbanken	Bruttoanlageinvestitionen, VGR	VGR: Eurostat
Künstl. Urheberrechte u. Suchbohrungen	Bruttoanlageinvestitionen, VGR	VGR: Eurostat
Werbung	60% der Umsätze des Wirtschaftszweigs *Werbung u. Marktforschung* (*M73*), Sektorale Verteilung mit der Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung 2013 Verdoppelung zur Einbeziehung der internen Investitionen	Umsatzsteuerstatistik Input-Output-Rechnung 2013 *Berechnungen des DIW*
Organisationskapital extern	80 % der Umsätze des Wirtschaftszweigs *Unternehmensberatung* (*M70.22*) Sektorale Verteilung mit der Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung 2013	Umsatzsteuerstatistik Input-Output-Rechnung 2013 *Berechnungen des DIW*
Organisationskapital intern	20 % der Arbeitnehmerentgelte für Aufsichts- und Führungskräfte	Statistik der SV-Beschäftigten Verdienststrukturerhebung 2014 Arbeitnehmerentgelte VGR *Berechnungen des DIW*
Design im Architektur- u. Ingenieurbereich	50 % der Umsätze des Wirtschaftszweigs *Architektur- und Ingenieurbüros* (*M71*) Sektorale Verteilung mit der Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung 2013	Umsatzsteuerstatistik Input-Output-Rechnung 2013 *Berechnungen des DIW*
Finanzinnovationen	laufende Ausgaben für Innovationen im Wirtschaftsabschnitt *Finanzdienstleistungen* (*K*)	MIP (ZEW)

Quelle: Eigene Darstellung.

In der Literatur werden zudem die Kosten für Auszubildende als Investitionen in Weiterbildung erfasst. Nach Angaben des BIBB belaufen sich die Bruttokosten, also die gesamten Kosten, die der Betrieb für die Ausbildung aufwendet, pro Auszubildendem im Ausbildungsjahr 2012/13 im Durchschnitt auf 17.933 €. Die Auszubildenden verursachen jedoch nicht nur Kosten. Sie leisten durch ihren Arbeitseinsatz auch einen Beitrag zur Produktion von Waren und Dienstleistungen. Zieht man diese produktiven Leistungen in Höhe von durchschnittlich 12.535 € von den Bruttokosten ab, so ergeben sich für das Ausbildungsjahr 2012/2013 für die Betriebe durchschnittliche Nettokosten von 5.398 Euro

je Auszubildendem. Die Bruttokosten, die im Ausbildungsjahr 2012/13 insgesamt für alle Auszubildenden aufgewendet werden, betragen 25,6 Mrd. Euro, die Erträge knapp 17,9 Mrd. Euro. Dadurch ergeben sich Nettokosten von insgesamt 7,7 Mrd. Euro.[44]

Da die Ausgaben für betriebliche Weiterbildung auf Basis der verfügbaren Informationen nicht auf Wirtschaftsabschnitte aufgeteilt werden können, werden die Investitionen in unternehmensspezifisches Training und Weiterbildung nicht in den Indikatorensatz für wissensbasiertes Kapital für Deutschland aufgenommen.

8.3 Ein Indikatorensatz für Investitionen in wissensbasiertes Kapital für Deutschland ab 2009

Der Indikatorensatz bildet die jährlichen Investitionen in die Elemente von Wissenskapital (knowledge based capital - KBC) in Deutschland in sektoraler Gliederung ab. Dabei können die Investitionen in betriebliche Weiterbildung nicht berücksichtigt werden. Der Indikatorensatz beruht weitgehen auf frei verfügbaren Daten und wurde mit einfachen Schätzmethoden gebildet. So kann er zeitnah und mit minimalem finanziellem und personellem Aufwand jährlich aktualisiert werden. Eine Übersicht über die Schätzverfahren und Datenquellen des Indikatorsatzes für Deutschland bietet die Übersicht 4.

Die gesamten Bruttoinvestitionen in KBC (hier immer ohne betriebliche Weiterbildung) lagen im Jahr 2015 bei 202 Mrd. Euro. Sie machten 7,4 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung aus (Tabelle 12). Diese Relation ist gegenüber 2009 gleich geblieben, eine Intensivierung der Investitionen in KBC in der Volkswirtschaft fand in den letzten Jahren also nicht statt. Den größten Anteil an den Investitionen in KBC hat FuE mit 38,5 Prozent im Jahr 2015, gefolgt von Organisationskapital (20,8 Prozent), Werbung und Marketing (14,3 Prozent), Software und Datenbanken (12,4 Prozent) sowie Design im Architektur- und Ingenieurbereich (9,5 Prozent). Deutlich geringere Anteile haben die Investitionen in künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen (2,6 Prozent) sowie in Finanzinnovationen (1,9 Prozent). Damit machen Investitionen in geistiges Eigentum (FuE, Software und Datenbanken, Künstl. Urheberrechte u. Suchbohrungen) etwas mehr als die Hälfte aller Investitionen in KBC aus. Die beschriebene Rangfolge hat sich seit 2009 auch nicht verändert, allerdings haben die Investitionen in FuE zuletzt etwas an Gewicht gewonnen, während der Anteil der Investitionen in Werbung und Marketing leicht zurückging.

Der Zuwachs der nominalen Investitionen in KBC lag im Zeitraum 2009 bis 2015 bei 23,4 Prozent. In Relation dazu waren leicht überdurchschnittliche Zuwächse bei den Investitionen für Finanzinnovationen, für Design im Architektur- und Ingenieurbereich, für FuE und für Organisationskapital zu verzeichnen. Unterdurchschnittlich entwickelten sich die Investitionen in Werbung und Marketing sowie in künstlerische Urheberrechte und Suchbohrungen. Auch die Investitionen in Software und Datenbanken sind verglichen mit KBC insgesamt leicht unterdurchschnittlich gestiegen (Tabelle 12).

Investitionen in Wissenskapital nach Wirtschaftsabschnitten

Die Investitionen in KBC konzentrieren sich stark auf das *Verarbeitende Gewerbe* (*C*) (Abbildung 12). Im Jahr 2015 entfielen 46 Prozent der gesamten Investitionen in KBC auf diesen Sektor. Mit deutlichem Abstand folgen die Sektoren *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*) mit knapp 10 Prozent, *Information und Kommunikation* (*J*) mit gut 8 Prozent und der *Handel* (*G*) mit knapp 7 Pro-

[44] Siehe https://www.bibb.de/de/11060.php und Anika Jansen, Harald Pfeifer, Gudrun Schönfeld, Felix Wenzelmann: Ausbildung in Deutschland weiterhin investitionsorientiert – Ergebnisse der BIBB-Kosten-Nutzen-Erhebung 2012/13. In: BIBB Report, 9. Jahrgang, Heft 1, Januar 2015.

zent. Mit mehr als 5 Prozent der Investitionen entfallen jeweils noch beachtliche Anteile auf die Sektoren *Erziehung und Unterricht* (*P*) sowie *Finanzdienstleistungen* (*K*).

Tabelle 12: Bruttoinvestitionen in Wissenskapital in Deutschland 2009 - 2015

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
				In Mrd. Euro			
Insgesamt	163,808	169,015	178,745	183,087	185,581	195,427	202,198
FuE	60,404	61,926	65,726	70,306	69,968	74,555	77,780
Software u. Datenb.	20,766	21,174	24,432	22,257	24,024	24,757	25,164
Urh.-rechte, Suchbohr.	4,992	5,016	4,822	5,017	5,142	5,340	5,340
Werbung	27,433	27,824	27,045	26,978	27,275	28,105	28,967
Organisationskapital	32,650	33,980	36,525	37,848	38,361	39,984	42,033
Design Arch.-, Ing.-ber.	14,692	15,595	16,896	17,110	17,601	18,256	19,144
Finanzinnovationen	2,870	3,500	3,300	3,570	3,210	4,430	3,770
				In % der Bruttowertschöpfung			
Insgesamt	7,42	7,28	7,36	7,39	7,30	7,43	7,41
FuE	2,74	2,67	2,71	2,84	2,75	2,83	2,85
Software u. Datenb.	0,94	0,91	1,01	0,90	0,94	0,94	0,92
Urh.-rechte, Suchbohrg.	0,23	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Werbung	1,24	1,20	1,11	1,09	1,07	1,07	1,06
Organisationskapital	1,48	1,46	1,50	1,53	1,51	1,52	1,54
Design Arch.-, Ing.-ber.	0,67	0,67	0,70	0,69	0,69	0,69	0,70
Finanzinnovationen	0,13	0,15	0,14	0,14	0,13	0,17	0,14
				in %			
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
FuE	36,9	36,6	36,8	38,4	37,7	38,1	38,5
Software u. Datenb.	12,7	12,5	13,7	12,2	12,9	12,7	12,4
Urh.-rechte, Suchbohrg.	3,0	3,0	2,7	2,7	2,8	2,7	2,6
Werbung	16,7	16,5	15,1	14,7	14,7	14,4	14,3
Organisationskapital	19,9	20,1	20,4	20,7	20,7	20,5	20,8
Design Arch.-, Ing.-ber.	9,0	9,2	9,5	9,3	9,5	9,3	9,5
Finanzinnovationen	1,8	2,1	1,8	1,9	1,7	2,3	1,9
				Index: 2009=100			
Insgesamt	100,0	103,2	109,1	111,8	113,3	119,3	123,4
FuE	100,0	102,5	108,8	116,4	115,8	123,4	128,8
Software u. Datenb.	100,0	102,0	117,7	107,2	115,7	119,2	121,2
Urh.-rechte, Suchbohrg.	100,0	100,5	96,6	100,5	103,0	107,0	107,0
Werbung	100,0	101,4	98,6	98,3	99,4	102,4	105,6
Organisationskapital	100,0	104,1	111,9	115,9	117,5	122,5	128,7
Design Arch.-, Ing.-ber.	100,0	106,1	115,0	116,5	119,8	124,3	130,3
Finanzinnovationen	100,0	122,0	115,0	124,4	111,8	154,4	131,4

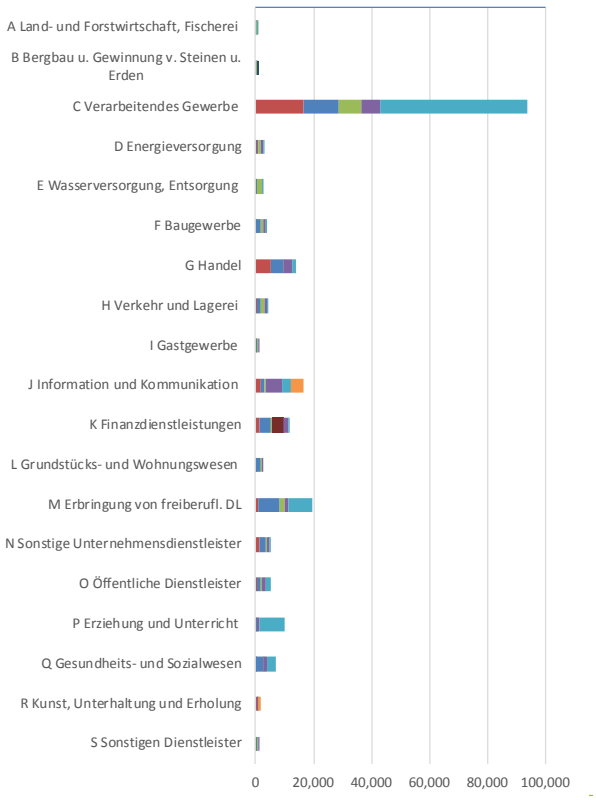
Quelle: Berechnungen des DIW Berlin (2017).

Investitionen in KBC haben in den Sektoren eine unterschiedliche Bedeutung. Die Investitionsquote in KBC, gemessen als Investitionen in KBC in Relation zur Bruttowertschöpfung des Sektors, ist im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) mit 15 Prozent am höchsten, gefolgt von *Information und Kommunikati-*

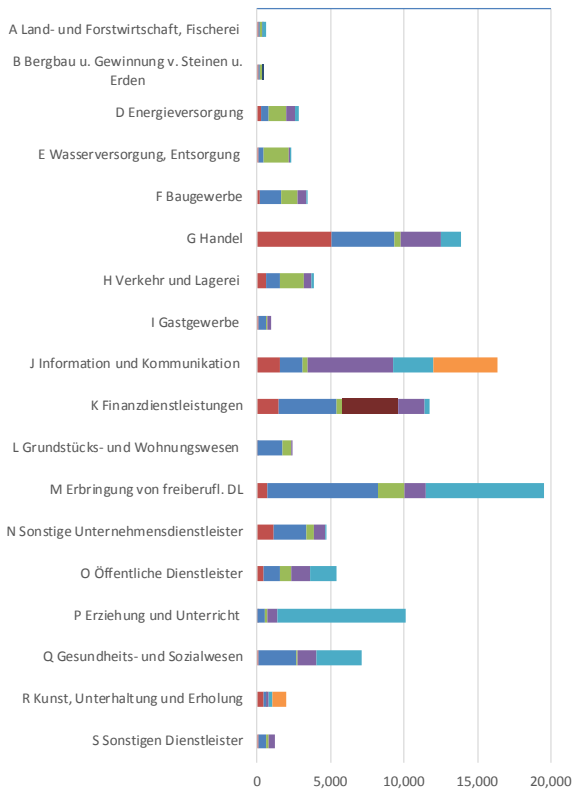
on (*J*), *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*), *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*) sowie *Finanzdienstleistungen* (*K*) mit jeweils über 10 Prozent (Abbildung 13). Die höchsten Investitionsquoten verzeichnen - mit der Ausnahmen von *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*) - also die Sektoren, auf die sich auch die gesamtwirtschaftlichen Investitionen in KBC konzentrieren. Beachtliche Investitionsquoten zwischen fünf und 10 Prozent erreichen auch die Wirtschaftsabschnitte *Erziehung und Unterricht* (*P*), *Wasserversorgung, Entsorgung* (*E*), *Energieversorgung* (*D*) und *Kunst, Unterhaltung und Erholung* (*R*).

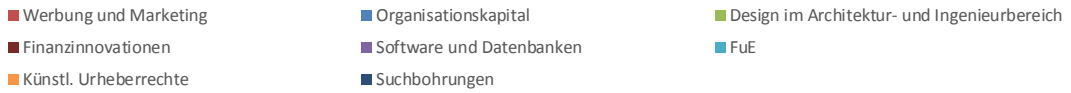
Abbildung 12: Investitionen in Wissenskapital nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Mrd. Euro)

A) mit Verarbeitendem Gewerbe



(B) ohne Verarbeitendes Gewerbe





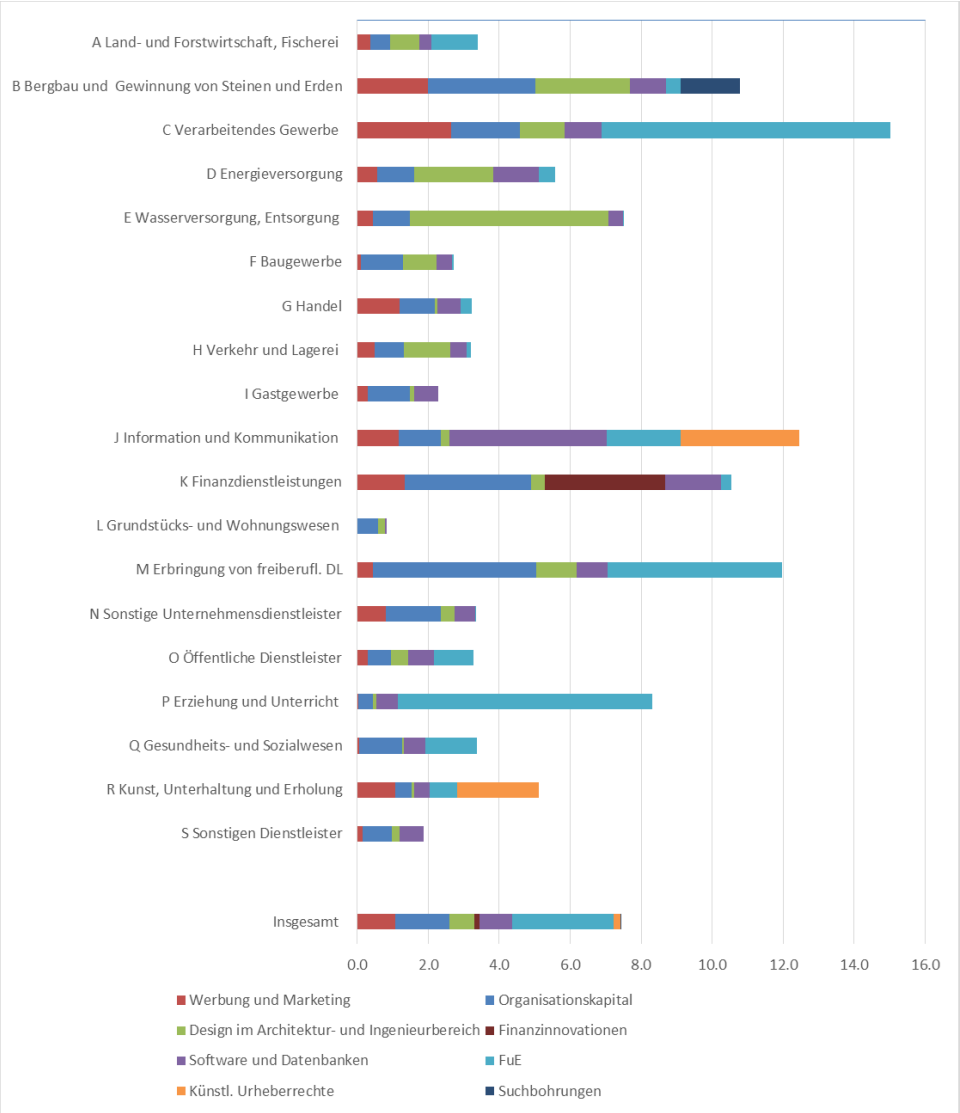
Quelle: Eurostat; DIW Berlin.

Diese Auflistung zeigt, dass durch die Berücksichtigung der nicht in der VGR erfassten KBC-Elemente, nämlich von Organisationskapital, Werbung und Marketing, technisches Design und Finanzinnovationen, einige Sektoren als wissensintensiv sichtbar werden. Die höchsten Investitionen in diese KBC-Elemente außerhalb der VGR in Relation zur Bruttowertschöpfung haben dabei die Sektoren *Finanzdienstleistungen* (*K*), *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*), *Wasserversorgung, Entsorgung* (*E*) und *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*) (Abbildung D-3).

Im *Verarbeitenden Gewerbe (C)* wird die hohe KBC-Investitionsquote besonders durch Investitionen in FuE geprägt, aber auch Investitionen in Werbung und Marketing haben eine überdurchschnittliche Bedeutung. Im Sektor *Information und Kommunikation* (*J*) spielen Investitionen in Software und Da-

tenbanken sowie in künstlerische Urheberrechte die entscheidende Rolle. Im Sektor *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*) wird die Wissensintensität vor allem durch FuE sowie durch Organisationskapital geprägt. Die überraschend hohe KBC-Investitionsquote im *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (*B*) ist weniger von Investitionen in geistiges Eigentum wie FuE und Software bestimmt als durch Organisationskapital und Design im Architektur- und Ingenieurbereich. In den *Finanzdienstleistungen* (*K*) dominieren erwartungsgemäß Investitionen in Finanzinnovationen und Organisationskapital.

Abbildung 13: Investitionen in Elemente des Wissenskapitals in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Prozent)



Quelle: DIW Berlin (2017).

Die Investitionen in FuE, die den größten Anteil der gesamten Investitionen in KBC ausmachen, konzentrieren sich vor allem auf die Wirtschaftsabschnitte *Verarbeitendes Gewerbe* (*C*), *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*) sowie *Erziehung und Unterricht* (*P*) (siehe Abbildung E-4). Dagegen verteilen sich die Investitionen in Organisationskapital, die den zweitgrößten Anteil an den gesamten KBC-Investitionen haben, stärker über die Wirtschaftsabschnitte. Größere Anteile entfallen auf das *Verarbeitende Gewerbe* (*C*), die *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* (*M*), die *Finanzdienstleistungen* (*K*) und den *Handel* (*G*). Ebenfalls relativ gleichmäßig verteilen sich die Investitionen in

Design im Architektur- und Ingenieurbereich, mit Ausnahme des *Verarbeitenden Gewerbe*s (*C*), in dem gut 40 Prozent dieser Investitionen anfallen. Die Investitionen in Software und Datenbanken sind auf das *Verarbeitende Gewerbe* (*C*) und den Sektor *Information und Kommunikation* (*J*) konzentriert. Investitionen in Werbung und Marketing entfallen zu über 50 Prozent auf das *Verarbeitende Gewerbe* (*C*) und zu 17 Prozent auf den *Handel* (*G*).

In der gesamten Wirtschaft wird die KBC Investitionsquote noch etwas stärker von den Investitionen in geistiges Eigentum getrieben, die in der VGR erfasst werden, als von den KBC-Elementen außerhalb der VGR (Organisationskapital, Werbung und Marketing, techn. Design und Finanzinnovationen). Dies trifft auch für fünf von 19 einzelnen Wirtschaftsabschnitten zu (Abbildung E-5): *Verarbeitenden Gewerbe*s (*C*), *Information und Kommunikation* (*J*), *Öffentliche Verwaltung* (*O*), *Erziehung und Unterricht* (*P*) und *Kunst, Unterhaltung und Erholung (R*). In den übrigen Wirtschaftsabschnitten dominieren jedoch die Investitionen in bisher nicht von der VGR erfasste Elemente des KBC (Tabelle E-21).

Nach den hier vorgelegten Schätzungen ist die Investitionsquote in KBC im Zeitraum 2009 bis 2015 in den meisten Sektoren etwa gleich geblieben. Im *Verarbeitenden Gewerbe* (*C*) und im Sektor *Kunst, Unterhaltung und Erholung* (*R*) ist sie jedoch relativ stark zurückgegangen (etwa zwei bzw. ein Prozentpunkt). Im Verarbeitenden Gewerbe fand dieser Rückgang allerdings zwischen 2009 und 2010 statt, seitdem steigt die Investitionsquote in KBC und dabei vor allem in geistiges Eigentum wieder. Dagegen stieg die Investitionsquote in den *Finanzdienstleistungen (K)* und der *Energieversorgung (D)* relativ deutlich (um jeweils gut 1,4 Prozentpunkte).

Vergleich mit den Schätzungen des Projekts INTAN-Invest

Im Rahmen mehrerer EU-geförderter Forschungsvorhaben sind unter Beteiligung des DIW Berlin Schätzansätze zur umfassenden Quantifizierung der Investitionen in KBC und des immateriellen Kapitalstocks entwickelt und in der zusammenfassenden Datenbank INTAN-Invest für den Unternehmenssektor insgesamt in den EU-Ländern und den USA dokumentiert worden.[45] Der Unternehmenssektor umfasst dabei die Wirtschaftsabschnitte *A* bis *N* (ohne *L*) sowie *R* und *S*. Die derzeit verfügbaren veröffentlichten Schätzungen von INTAN-Invest für Deutschland enthalten Angaben zu den Investitionen in KBC (ohne betriebliche Weiterbildung) bis ins Jahr 2010. Die gesamten Investitionen des Unternehmenssektors in KBC haben in etwa den gleichen Umfang wie die hier vorgenommenen Schätzungen. Abweichungen gibt es bei den Schätzungen für einzelne KBC-Elemente (siehe Tabelle E-22). So liegen die hier geschätzten Investitionen in Finanzinnovationen und Werbung über denen von INTAN-Invest. Demgegenüber ist das Investitionsvolumen für Organisationskapital sowie für Investitionen im Design, Architektur- u. Ing. –bereich in INTAN-Invest größer als in dieser Studie. Die Unterschiede zwischen INTAN-Invest und den Schätzungen in dieser Studie beziehen sich stets auf das Niveau. Ein Vergleich über die Zeit und damit der Entwicklungstrends ist nicht möglich, weil die Daten in INTAN-Invest nur bis 2010 reichen und die hier vorgenommenen Schätzungen aufgrund der Umstellung der Wirtschaftszweigklassifikation auf WZ 2008 erst in 2009 starten.

9. Zusammenfassung

Untersuchungen zur Bedeutung von KBC für die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum von Volkswirtschaften und Industrien basieren bislang in der Regel auf makroökonomischen Daten. Vor

[45] Siehe Corrado, C. et al (2012), verfügbar unter www.INTAN-Invest.net.

allem aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Daten auf Unternehmensebene gibt es bis dato jedoch nur begrenzte Erkenntnisse zur Wirkung von KBC auf die Unternehmensentwicklung.

Ziel der Studie ist es, in diesem Bereich Fortschritte zu erreichen. Dabei standen die folgenden Fragen im Mittelpunkt: Wo liegen investive Schwerpunkte deutscher Unternehmen in verschiedene KBC-Elemente? Welche Wirkungen haben die KBC-Elemente auf die Wertschöpfungs- und Produktivitätsentwicklung der Unternehmen? Wie unterscheiden sich diese Wirkungen nach Unternehmensgröße und Wirtschaftsbereichen? Bestehen zwischen KBC-Elementen eher komplementäre oder substitutive Beziehungen und wie ist das Verhältnis zu physischem Kapital? In der Studie wurde zudem ein Indikatorensatz zum Monitoring von Investitionen in wissensbasiertes Kapital in Deutschland erarbeitet, der die Größenordnung und die Entwicklung von Investitionen in einzelne KBC-Elemente nach Wirtschaftszweigen im Zeitraum 2009 bis 2015 abbildet.

Für die Untersuchung wird ein umfangreicher Unternehmensdatensatz erstellt, der die von den statistischen Ämtern erhobenen Daten über Unternehmen des Produzierenden Gewerbes und des gewerblichen Dienstleistungssektors zusammenführt. Darüber hinaus werden für jedes Unternehmen die für die ökonometrischen Untersuchungen notwendigen Indikatoren für KBC-Investitionen und KBC-Kapital abgeleitet. Aufgrund der Datenlage können die KBC-Elemente Organisationskapital, Forschung und Entwicklung (FuE), Software sowie Lizenzen & Patente berücksichtigt werden. Der erstellte Datensatz enthält Unternehmen der Wirtschaftszweige *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe, Verkehr und Lagerei, Information und Kommunikation, Grundstücks- und Wohnungswesen, Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* sowie *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* für den Zeitraum 2003 bis 2014. Er umfasst mehr als 1 Million Beobachtungen und ist damit um ein Vielfaches größer als die Unternehmensdatensätze, die bisher in der Literatur für die Analysen von KBC verwendet wurden.

In den mikroökonometrischen Untersuchungen der Wirkungen des KBC auf Produktion und Produktivität kommen zwei Modelle zum Einsatz. Das erste Modell entspricht dem in der Literatur hauptsächlich verwendeten Ansatz einer Produktionsfunktion, in welcher die einzelnen KBC-Elemente neben dem physischen Kapitalstock und dem Arbeitseinsatz Inputfaktoren im Produktionsprozess sind. Das zweite Modell unterstellt, dass das wissensbasierte Kapital nicht direkt auf den Unternehmensoutput – hier gemessen mit der Wertschöpfung des Unternehmens – wirkt, sondern mittelbar über seine Wirkung auf die Totale Faktorproduktivität (TFP). Für beide Modelle werden verschiedene Spezifikationen der Produktionsfunktion getestet.

Die Studie unterscheidet sich von bisherigen Untersuchungen erstens dadurch, dass die deskriptiven Auswertungen und die ökonometrischen Analysen separat für jeden zweistelligen Wirtschaftszweig durchgeführt werden. Derartig detaillierte sektorale Betrachtungen liegen für ein westliches Industrieland und im speziellen für Deutschland noch nicht vor. Zweitens werden sowohl das Organisationskapital als auch Software explizit in den Schätzungen auf Unternehmensebene berücksichtigt. Schließlich wird ein moderner struktureller Schätzansatz verwendet, der die Schwächen bisheriger Ansätze zur Schätzung von Produktionsfunktionen überwindet und die Analyse der Wirkung der KBC-Elemente auf die TFP ermöglicht.

Die deskriptive Analyse der Unternehmensdaten offenbart eine große Heterogenität zwischen den mehr als 50 einbezogenen Wirtschaftszweigen. Der überwiegende Teil, d.h. in der Regel mehr als zwei Drittel des jährlichen Investitionsvolumens des jeweiligen KBC-Elements, ist auf nur sieben Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes und sechs Dienstleistungssektoren konzentriert. Auch von diesen 13 Wirtschaftszweigen hat nicht jeder Sektor die gleiche Bedeutung für die Investitionen in jedes der KBC-Elemente. So entfallen allein auf die *Kraftfahrzeugherstellung* etwa ein Drittel aller FuE-Investitionen, auf den *Maschinenbau* etwa 15 Prozent und auf den Dienstleistungssektor *Forschung und Entwicklung* etwa 10 Prozent der jährlichen FuE-Investitionen. Somit ist die im inter-

nationalen Vergleich relativ hohe privatwirtschaftliche FuE-Investitionsquote den Investitionen in nur wenigen Wirtschaftszweigen zu verdanken. In Software investieren vor allem Dienstleistungssektoren und hier insbesondere die Sektoren *Telekommunikation* und *Dienstleistungen der Informationstechnologie*. Auch Investitionen in Lizenzen & Patente werden nur in wenigen Wirtschaftszweigen in größerem Umfang vorgenommen. Die Investitionen in Organisationskapital sind dagegen weniger stark konzentriert.

Die Investitionsquote, gemessen als Verhältnis von KBC-Investitionen zur Wertschöpfung, bestätigt ferner, dass die besondere Bedeutung der 13 Wirtschaftszweige nicht allein der Größe der Sektoren geschuldet ist. Vielmehr liegen die Investitionsquoten in diesen Wirtschaftszweigen in der Regel deutlich über dem Durchschnitt. Allerdings ist nicht jedes KBC-Element in jedem dieser Sektoren von gleicher Bedeutung. So wird die Investitionsquote in den betreffenden sieben Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes, also beispielsweise in der *chemischen Industrie*, der *Herstellung von elektrischen Ausrüstungen* oder der *Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen*, vor allem von den FuE-Investitionen getrieben. Die überdurchschnittlich hohen Investitionsquoten in den sechs Dienstleistungssektoren, also etwa *Telekommunikation* und *Rundfunkveranstalter*, gehen vor allem auf Investitionen in Software sowie Lizenzen & Patente zurück.

Die Mikrodatenauswertung zeigt auch, dass mit Ausnahme von Organisationskapital die jährlichen Investitionen in die KBC-Elemente in den allermeisten Sektoren nur von einem Zehntel bis einem Drittel der Unternehmen durchgeführt werden. Aber auch in den sieben Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes, die über sehr hohe Investitionsquoten verfügen, investieren im Mittel nur etwa 50 Prozent der Unternehmen jährlich in FuE oder Software. Der Anteil der in Software investierenden Unternehmen in den sechs relevanten Dienstleistungssektoren, also etwa in den Sektoren *Information und Kommunikation* oder *Forschung und Entwicklung*, liegt jährlich in der Regel unter 30 Prozent. Der Anteil der Unternehmen mit Investitionen in Lizenzen & Patente ist ähnlich gering. Auch bezogen auf Unternehmensgrößenklassen sind KBC-Investitionen stark konzentriert. So ist der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) an den Investitionen in KBC in vielen Wirtschaftszweigen kleiner als ihr Wertschöpfungsbeitrag. Sie investieren also weniger, als aufgrund ihres Gewichts im Sektor erwartet werden kann.

Der Großteil der KBC-Investitionen in Deutschland entfällt somit nur auf ein gutes Dutzend Wirtschaftszweige aus dem Verarbeitenden Gewerbe und den wissensintensiven Dienstleistungen. Auch in diesen trägt weniger als die Hälfte der Unternehmen zum beobachteten Investitionsvolumen bei. Eine Bewertung dieser starken Konzentration der Investitionen in die KBC-Elemente ist schwierig, weil vergleichbare Auswertungen für andere Länder nicht vorliegen.

Für die Analyse der Wirkung der KBC-Elemente auf die Entwicklung der Wertschöpfung wird – der Literatur folgend – zunächst die erweiterte Cobb-Douglas Produktionsfunktion geschätzt. Die KBC-Elemente werden somit als direkte Inputs im Produktionsprozess betrachtet. Die Schätzungen werden mit Hilfe eines sogenannten strukturellen Ansatzes vorgenommen, welcher kausale Aussagen ermöglicht.

Hohe positive Elastizitäten für den FuE-Kapitalstock werden vor allem für jene Industrie- und Dienstleistungsbranchen identifiziert, in denen auch hohe FuE-Investitionen beobachtet werden. Aber auch darüber hinaus finden sich eine Reihe Wirtschaftszweige mit signifikant positiven Koeffizienten für den FuE-Kapitalstock. Zugleich entfaltet der FuE-Kapitalstock in 20 von 50 Wirtschaftszweigen keine statistisch messbare Wirkung.

Insbesondere in den Dienstleistungssektoren führt auch die Ausweitung der Kapitalstöcke für Software sowie Lizenzen & Patente zu einer höheren Wertschöpfung. In den Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes wird dagegen für diese KBC-Elemente nur in wenigen Fällen ein signifikant positiver Effekt identifiziert. Die Investitionen in Organisationskapital steigern die Bruttowertschöp-

fung in den meisten Wirtschaftszweigen. Die Höhe der hier geschätzten Produktionselastizitäten für die einzelnen KBC-Elemente liegt dabei im Rahmen der Befunde der bisherigen, vor allem makroökonomischen Literatur.

Die Analyse des Einflusses auf die Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität (TFP) lässt den Schluss zu, dass die KBC-Elemente eher eine produktivitätssteigernde Wirkung entfalten, als direkt den Output zu erhöhen. Von 50 berücksichtigten Wirtschaftszweigen werden in 42 Sektoren positive und signifikante Elastizitäten für FuE geschätzt. In 44 der 50 Wirtschaftszweige wird eine produktivitätssteigernde Wirkung des Softwarekapitalstocks nachgewiesen, sowie für Lizenzen & Patente und Organisationskapital in 34 bzw. 42 Wirtschaftszweigen. Die gemessenen Elastizitäten liegen im Rahmen der bisherigen Ergebnisse in der Literatur. In den Sektoren haben aber unterschiedliche KBC-Elemente jeweils die stärkste Wirkung auf die TFP. Eine wirtschaftspolitische Fokussierung auf ein einzelnes KBC-Element wie etwa FuE greift daher zu kurz.

Um Unterschiede in den Wirkungen der KBC-Elemente in Unternehmen verschiedener Größen zu identifizieren, werden auch separate Analysen für KMU durchgeführt. In der Mehrheit kommen die Schätzungen zu ähnlichen Ergebnissen. Die Investitionen in KBC-Elemente führen also auch in den KMU zu einer Steigerung von Bruttowertschöpfung und Totaler Faktorproduktivität.

Mit beiden Modellen werden Tests auf komplementäre bzw. substitutive Beziehungen zwischen den verschiedenen KBC-Elementen durchgeführt. Sie zeigen, dass Software und Organisationskapital in vielen Wirtschaftszweigen, sowohl im Verarbeitenden Gewerbe als auch im Dienstleistungsgewerbe, substituierbar sind. Investitionen in Softwarelösungen können somit zu Einsparungen bei organisatorischen Aufwendungen führen, ohne dass sich dies negativ auf die Produktivität oder die Bruttowertschöpfung auswirkt. Von diesen beiden KBC-Elementen abgesehen, überwiegt vor allem im Verarbeitenden Gewerbe die Komplementarität zwischen den KBC-Elementen. Daraus folgt, dass eine Steigerung der Produktivität nicht allein durch die Ausweitung der Investitionen in eines der Elemente zu erreichen ist, sondern nur durch komplementäre Erhöhungen der Investitionen in mehrere KBC-Elemente. Analysen zum Verhältnis von physischem Kapitalstock und einzelnen KBC-Elementen deuten ferner darauf hin, dass zwischen ihnen überwiegend komplementäre Beziehungen bestehen. Auch dies verdeutlicht, dass eine einseitige Fokussierung auf einzelne KBC-Elemente oder physisches Kapital nicht sinnvoll ist. Somit entfalten sowohl Investitionen in physisches als auch in wissensbasiertes Kapital ihre Wirkungen im Zusammenspiel verschiedener Elemente.

Die Ergebnisse der deskriptiven Auswertungen wie auch der ökonometrischen Untersuchungen erlauben keine Aussage dazu, ob in allen Wirtschaftszweigen in ausreichendem Umfang in jedes KBC-Element investiert wird. Die positiven Befunde aus den ökonometrischen Analysen, insbesondere für den Zusammenhang zwischen den KBC-Elementen und der TFP, sprechen jedoch durchaus dafür, dass die Investitionen in vielen Unternehmen ausgeweitet werden könnten. Dies gilt vor allem für jene Wirtschaftszweige, in denen zwar positive Zusammenhänge aufgezeigt werden, die jedoch im Vergleich mit anderen Wirtschaftszweigen nur unterdurchschnittliche Investitionsquoten aufweisen. Dies gilt nicht zuletzt für Investitionen in Software, für welche die Investitionsquoten in vielen Wirtschaftszweigen eher gering sind. Einschränkend muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die in den Mikrodaten erfassten Investitionssummen für Software unterzeichnet sind, weil die amtliche Statistik vor allem im Verarbeitenden Gewerbe erst vor kurzem damit begonnen hat, auch selbsterstellte Software zu erheben.

Die mikroökonometrische Analyse hat gezeigt, dass selbst zwischen den einstelligen Wirtschaftszweigen große Unterschiede hinsichtlich der Bedeutung der KBC-Elemente bestehen. Deshalb wird ein einfacher Indikatorensatz entwickelt, der die jährlichen Investitionen in die Elemente von KBC in einstelliger Wirtschaftszweiggliederung im Zeitraum 2009 bis 2015 abbildet. Damit können Vergleiche über alle privatwirtschaftlichen Wirtschaftszweige vorgenommen und zudem weitere KBC-

Elemente einbezogen werden. Für die Schätzung der Elemente des wissensbasierten Kapitals auf Wirtschaftszweigebene werden international übliche Messansätze genutzt.

Das Verhältnis zwischen den gesamten Bruttoinvestitionen in KBC und der Bruttowertschöpfung ist in den letzten Jahren gleich geblieben. Eine Intensivierung der Investitionstätigkeit in KBC in der Privatwirtschaft fand also nicht statt. Im Jahr 2015 hatten Investitionen in FuE den größten Anteil (39 Prozent), gefolgt von Organisationskapital (21 Prozent), Werbung und Marketing (14 Prozent) sowie Software und Datenbanken (12 Prozent). Auf die Investitionen in geistiges Eigentum, die bereits in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) erfasst sind, entfällt etwas mehr als die Hälfte aller Investitionen in KBC.

Die Investitionen in FuE, die den größten Anteil der gesamten Investitionen in KBC ausmachen, konzentrieren sich auf das *Verarbeitende Gewerbe*, auf die *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* sowie auf den Sektor *Erziehung und Unterricht*. Die Investitionen in Software und Datenbanken entfallen vor allem auf das *Verarbeitende Gewerbe* und den Sektor *Information und Kommunikation*. Auch die Investitionen in Werbung und Marketing entfallen zu über 50 Prozent auf das *Verarbeitende Gewerbe*. Dagegen verteilen sich die Investitionen in Organisationskapital, die den zweitgrößten Anteil an den Investitionen in KBC haben, gleichmäßiger über alle Wirtschaftsabschnitte. Dies gilt ebenso für die Investitionen in Design im Architektur- und Ingenieurbereich.

Die höchsten Investitionsquoten für KBC verzeichnen die Sektoren, auf die sich auch die gesamten Investitionen in KBC konzentrieren: *Verarbeitendes Gewerbe*, *Information und Kommunikation*, *Erbringung freiberuflicher Dienstleistungen* und *Finanzdienstleistungen*. In der gesamten Wirtschaft und in den meisten einstelligen Wirtschaftszweigen wird die KBC-Intensität noch etwas stärker von den Investitionen in geistiges Eigentum getrieben, die in der VGR erfasst werden, als von den KBC-Elementen außerhalb der VGR.

Literaturverzeichnis

Ackerberg, Daniel A., Kevin Caves, und Garth Frazer. „Identification properties of recent production function estimators.“ *Econometrica*, 2015: 2411–2451.

Ackerberg, Daniel, C. Lanier Benkard, Steven Berry, und Ariel Pakes. „Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes.“ In *Handbook of Econometrics*, von James J. Heckman und Edward E. Leamer, 4171-4276. Amsterdam: North-Holland, 2007.

Adler, Walther, Nadin Gühler, Erich Oltmanns, Daniel Schmidt, Pascal Schmidt, und Ingeborg Schulz. *Forschung und Entwicklung in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.* Wirtschaft und Statistik, Statistisches Bundesamt, 2014, 703-717.

Aguirregabiria, Victor. „Econometric Issues and Methods in the Estimation of Production Functions.“ *MPRA Paper No. 15973*, 2009.

Arellano, Manuel, und Olympia Bover. „Another look at the instrumental variable estimation of error-components models.“ *Journal of Econometrics*, 1995: 29-51.

Aw, Bee Yan, Mark J. Roberts, und Daniel Yi Xu. „R&D Investment, Exporting, and Productivity Dynamics.“ *American Economic Review*, 2011: 1312–1344.

Bailey, Thomas, Peter Berg, und Carola Sandy. „The Effect of High-Performance Work Practices on Employee Earnings in the Steel, Apparel, and Medical Electronics and Imagery Industries.“ *Industrial and Labor Relations Review*, 2001: 525-543.

Baumann, Julian, und Alexander Kritikos. „The link between R&D, innovation and productivity: Are micro firms different?“ *Research Policy*, 2016: 1263-1274.

Bender, Stefan, Nicholas Bloom, David Card, John Van Reenen, und Stefanie Wolter. „Management Practices, Workforce Selection and Productivity.“ *NBER Working Papers*, 2016: 22101.

Bildungsberichterstattung, Autorengruppe. *Bildung in Deutschland 2016 - Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration.* Bielefeld, 2016.

Black, Sandra E., und Lisa M. Lynch. „Measuring Organisational Capital in the New Economy.“ In *Measuring Capital in a New Economy*, von Carol Corrado, John Haltiwanger und Daniel Sichel. University of Chicago Press, 2005.

Bloom, Nicholas, Benn Eifert, Aprajit Mahakan, David McKenzie, und John Roberts. „Does Management Matter? Evidence from India.“ *The Quarterly Journal of Economics*, 2013: 1–51.

Bloom, Nicholas, Christos Genakos, Raffaella Sadun, und John Van Reenen. „Management Practices across Firms and Countries.“ *Academy of Management Perspectives*, 2012: 12-33.

Bloom, Nick, und John Van Reenen. „Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries.“ *Quarterly Journal of Economics*, 2007: 1351-1408.

Blundell, Richard, und Stephen Bond. „Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models.“ *Journal of Econometrics*, 1998: 115-143.

BMWi. „Grafik des Monats.“ *Schlaglichter der Wirtschaftspolitik - Monatsbericht August 2016*, 2016: 12.

Bolleyer, Rita. „Revision der Investitionen nach Wirtschaftsbereichen und Sektoren.“ *Wirtschaft und Statistik* , 7 2005: 700-709.

Bond, Stephen, und Måns Söderbom. „Adjustment Costs and the Identification of Cobb Douglas Production Functions.“ *IFS Working Papers, Institute for Fiscal Studies (IFS)*, 2005.

Bontempi, Maria Elena, und Mairesse Jacques. „Intangible Capital and Productivity at the Firm Level: a Panel Data Assessment.“ *Economics of Innovation and New Technology*, 2015: 22-51.

Caroli, Eve, und John Van Reenen. „Skill-Biased Organisational Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments.“ *Quarterly Journal of Economics*, 2001: 1449-1492.

Carree, Martin, Boris Lokshin, und René Belderbos. „A note on testing for complementarity and substitutability in the case of multiple practices.“ *Journal of Productivity Analysis* 35, Nr. 3 (2011): 263-269.

Chen, Wen, Thomas Niebel, und Marianne Saam. „Are intangibles more productive in ICT-intensive industries? Evidence from EU countries.“ *ZEW Discussion Papers, No. 14-070*, 2014.

Corrado, Carol, Charles Hulten, und Daniel Sichel. „Intangible Capital and U.S. Economic Growth.“ *Review of Income and Wealth* 55 (2009): 661-685.

Corrado, Carol, Jonathan Haskel, Cecilia Jona-Lasinio, und Massimiliano Iommi. „Intangible Capital and Growth in Advanced Economies: Measurement Methods and Comparative Results.“ *IZA Discussion Paper No. 6733*, 2012.

Crass, Dirk, Georg Licht, und Bettina Peters. „Intangible assets and investments at the sector level: Empirical evidence for Germany.“ *ZEW Discussion Papers, No. 14-049*, 2014.

Crass, Dirk, und Bettina Peters. „Intangible assets and firm-level productivity.“ *ZEW Discussion Papers, No. 14-120*, 2014.

Crépon, Bruno, Emmanuel Duguet, und Jacques Mairesse. „Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level.“ *Economics of Innovation and New Technology*, 1998: 115-158.

De Loecker, Jan. "Detecting learning by exporting." *American Economic Journal: Microeconomics* 5, no. 3 (2013): 1-21.

De Loecker, Jan, Pinelopi K. Goldberg, Amit K. Khandelwal, und Nina Pavcnik. „Prices, Markups and Trade Reform.“ *Econometrica* 84, Nr. 2 (2016): 445-510.

De Loecker, Jan, und Frederic Warzynski. „Markups and Firm-Level Export Status.“ *American Economic Review* 102, Nr. 6 (2012): 2437-2471.

de Rassenfosse, Gaétan, und Adam B. Jaffe. „Econometric Evidence on the R&D Depreciation Rate.“ *NBER Working Papers, No. 23072*, 2017.

Donselaar, Piet, und Carl Koopmans. *The fruits of R&D: meta-analyses of the effects of Research and Development on productivity.* Research Memorandum 2016-1, Amsterdam: VU University , 2016.

Doraszelski, Ulrich, und Jordi Jaumandreu. „R&D and productivity: Estimating endogenous productivity.“ *Review of Economic Studies* 80 (2013): 1338-1383.

Eberhardt, Markus, Christian Helmers, und Hubert Strauss. „Do Spillovers Matter When Estimating Private Returns to R&D?“ *Review of Economics and Statistics* 95, Nr. 2 (2013a): 436-448.

Eisfeldt, Andrea L., und Dimitris Papanikolaou. „Organization Capital and the Cross-Section of Expected Returns.“ *The Journal of Finance*, 2013: 1365-1406.

Evenson, Robert E., und Larry E. Westphal. „Technological Change and Technology Strategy.“ In *Handbook of Development Economics*, von Jere Richard Behrman und Thirukodikaval Nilakanta Srinivasan, 2209-2299. Elsevier, 1995.

Foster, Luca, John Haltiwanger, und Chad Syverson. „Reallocation, Firm Turnover, and Efficiency: Selection on Productivity or Profitability?“ *American Economic Review* 98, Nr. 1 (2008): 394–425.

Frankford, Ligia. „Urhberrechte in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung.“ *Wirtschaft und Statistik* , 5 2000: 320-327.

Fukao, Kyoji, Miyagawa Tsutomu, Mukai Kentaro, Shinoda Yukio, und Tonogi Konomi. „Intangible Investment in Japan: Measurement and Contribution to Economic Growth.“ *Review of Income and Wealth*, 2009: 717–736.

Goodridge, Peter, Jonathan Haskel, und Gavin Wallis. „Can Intangible Investment Explain the UK Productivity Puzzle?“ *National Institute Economic Review*, 2013: R48–R58.

Grant, Robert M. „Toward a knowledge-based theory of the firm.“ *Strategy Management Journal*,

1996: 109–122.

Grieco, Paul L. E., Shengyu Li, und Hongsong Zhang. „Production Function Estimation with Unobserved Input Price Dispersion.“ *International Economic Review* 57, Nr. 2 (2016): 665-689.

Griffith, Rachel, Elena Huergo, Jacques Mairesse, und Bettina Peters. „Innovation and Productivity across Four European Countries.“ *Oxford Review of Economic Policy*, 2006: 483-498.

Griliches, Zvi. „Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth.“ *The Bell Journal of Economics*, 1979: 92-116.

Griliches, Zvi. „The Search for R&D Spillovers.“ In *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, von Zvi Griliches, 251 - 268. University of Chicago Press, 1998.

Hall, Bronwyn H. „Measuring the Returns to R&D: The Depreciation Problem.“ *Annales d'Economie et de Statistique*, 2005: 341-381.

—. „Innovation and productivity.“ *Nordic Economic Policy Review*, 2011: 167-204.

Hall, Bronwyn H., Francesca Lotti, und Jacques Mairesse. „Innovation and productivity in SMEs: Empirical evidence for Italy.“ *Small Business Economics*, 2009: 13–33.

Hall, Bronwyn H., Jacques Mairesse, und Pierre Mohnen. „Measuring the Returns to R&D.“ In *Handbook of the Economics of Innovation*, von Bronwyn H. Hall und Nathan Rosenberg, 1033–1082. Elsevier B.V, 2010.

Hao, Janet, und Vlad Manole. „Intangible Capital and Growth – an International Comparison.“ Paper prepared for the 30th General Conference of the International Association for Research in Income and Wealth, 2008.

Hintzmann-Colominas, Carolina, Josep Lladós-Masllorens, und Raúl Ramos-Lobo. „Intangible assets and labour productivity growth.“ *Working Paper Series WP15-004, Universtitat Oberta de Catalunya*, 2016.

Jurajda, Štěpán, und Juraj Stančík. „Organization and Firm Performance in the Czech Republic.“ *Prague Economic Papers*, 2013: 85-110.

Katayama, Hajime, Shihua Lu, und James R. Tybout. „Firm-level productivity studies: Illusions and a solution.“ *International Journal of Industrial Organization* 27 (2009): 403–413.

Klette, Tor Jakob, und Zvi Griliches. „The Inconsistency of Common Scale Estimators When Output Prices Are Unobserved and Endogenous.“ *Journal of Applied Econometrics*, 1996: 343-361.

Klosterhuber, Wolfram, Patrick Lehnert, und Stefan Seth. *Linked-Employer-Employee-Daten des IAB: LIAB-Querschnittmodell 2 1993 – 2014 (LIAB QM2 9314).* FDZ Datenreport, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Bundesagentur für Arbeit, 2016.

Landes, Elisabeth M., und Andrew M. Rosenfield. „The Durability of Advertising Revisited.“ *Journal of Industrial Economics*, 42 1994: 263-276.

Lev, Baruch, Suresh Radhakrishnan, und Weining Zhang. „Organisation Capital.“ *Abacus*, 2009.

Lev, Baruch, und Suresh Radhakrishnan. „The Valuation of Organization Capital.“ In *Measuring Capital in a New Economy*, von Carol Corrado, John Haltiwanger und Daniel Sichel. University of Chicago Press, 2005.

Levinsohn, James, und Amil Petrin. „Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables.“ *Review of Economic Studies* 70 (2003): 317-341.

Ludewig, Oliver, und Dieter Sadowski. „Measuring Organisational Capital.“ *Schmalenbach Business Review*, 2009: 393-412.

Marrano, Mauro Giorgo, Jonathan Haskel, und Gavin Wallis. „What Happened to the Knowledge Economy? ICT, Intangible Investment, and Britain’s Productivity Record Revisited.“ *Review of Income and Wealth*, 2009: 686–716.

Marrocu, Emanuela, Raffaele Paci, und Marco Pontis. „Intangible capital and firms’ productivity.“

Industrial and Corporate Change, 2012: 377-402.

Marschak, Jacob, und William H. Andrews. „Random Simultaneous Equations and the Theory of Production.“ *Econometrica*, 1944: 143-205.

Miyagawa, Tsutomu, und Younggak Kim. „Measuring Organisation Capital in Japan: An Empirical Estimate Using Firm-Level Data.“ *Seoul Journal of Economics*, 2008.

Møen, Jarle, und Helge Sandvig Thorsen. „Publication bias in the returns to R&D literature.“ *Journal of the Knowledge Economy*, 2015.

Niebel, Thomas, Mary O'Mahony, und Marianne Saam. „The Contribution of Intangible Asssets to Sectoral Productivity Growth in the EU.“ *Review of Income and Wealth*, 2017: S49-S67.

—. „The Contribution of Intangible Asssets to Sectoral Productivity Growth in the EU.“ *ZEW Discussion Papers No. 13-062*, 2013.

OECD. *Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development.* Paris: OECD, 2015b.

—. *Handbook on Deriving Capital Measures of Intellectual Property Products.* Paris: OECD, 2010.

OECD. *Innovation Policies for Inclusive Growth.* Paris: OECD Publishing, 2015c.

OECD. *New Sources of Growth: Knowledge-Based Capital - Key Analyses and Policy Conclusions.* Paris: OECD Publishing, 2013b.

OECD. *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation.* Paris: OECD Publishing, 2013a.

OECD. *The Future of Productivity.* Paris: OECD, 2015a.

OECD. „The Micro-drivers of productivity growth.“ 2014.

Olley, G. Steven, und Ariel Pakes. „The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry.“ *Econometrica* 64, Nr. 6 (1996): 1263-1297.

Oltmanns, Erich, Rita Bolleyer, und Ingeborg Schulz. „Forschung und Entwicklung nach den Konzepten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.“ *Wirtschaft und Statistik*, 2 2009: 125-136.

Pesch, Karl-Heinz. „Unternehmensstrukturen in ausgewählten Dienstleistungsbereichen 2004.“ *Wirtschaft und Statistik*, Nr. 1 (2007): 58–67.

Petrin, Amil, Brain P. Poi, und James Levinsohn. „Production Function Estimation in Stata Using Inputs to Control For Unobservables.“ *The Stata Journal* 4, Nr. 2 (2004): 113-123.

Prescott, Edward C., und Michael Visscher. „Organisation Capital.“ *Journal of Political Economy*, 1980: 446-461.

Richter, Philipp M., und Alexander Schiersch. „CO2 Emission Intensity and Exporting: Evidence from German Firm-Level Data.“ *Mimeo*, 2016.

Roth, Felix, und Anna-Elisabeth Thum. „Intangible Capital and Labour Productivity Growth: Panel Evidence for the EU from 1998-2005.“ *Review of Income and Wealth*, 2013: 486-508.

Rothe, Patrick. „Statistische Geheimhaltung – Der Schutz vertraulicher Daten in der amtlichen Statistik, Teil 2: Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen.“ *Statistische Monatshefte Niedersachsen*, 2016: 629-634.

Schulz, Ingeborg. „Immaterielle Güter im Konzept der Anlageinvestitionen nach dem ESVG 1995.“ *Wirtschaft und Statistik* , 12 2002: 1135 - 1143.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. *Metadatenreport AFiD-Panel Industrieunternehmen.* Berlin: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2015a.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. *Metadatenreport. Panel der Kostenstrukturerhebung (KSE) im Verarbeitenden Gewerbe sowie in der Gewinnung von Steinen und Erden.* Metadatenreport, Düsseldorf: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2016a.

Statistisches Bundesamt. *Berufliche Weiterbildung in Unternehmen - Vierte europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung.* Wiesbaden: Statistisches Bundesamt,, 2013.

Statistisches Bundesamt. *Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008.* Statistisches Bundesamt, 2008.

Statistisches Bundesamt. *Investitionserhebung bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.* Qualitätsbericht, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2013.

Statistisches Bundesamt. *Jahresbericht für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.* Qualitätsbericht, Wiesbaden 2015: Statistisches Bundesamt, 2015c.

Statistisches Bundesamt. *Jahresbericht für Mehrbetriebsunternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.* Qualitätsbericht, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2015d.

Statistisches Bundesamt. *Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.* Qualitätsbericht, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2016b.

Statistisches Bundesamt. *Monatsbericht für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.* Qualitätsbericht, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2015b.

Statistisches Bundesamt. *Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich - Berichtsjahr 2014.* Qualitätsbericht., Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2016d.

Statistisches Bundesamt. *Unternehmensregister-System.* Qualitätsbericht, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2016c.

Takizawa, Miho. „Intangible Assets and Firm-Level Productivity Growth in the U.S. and Japan.“ *Working paper No. 10, University of Perugia (IT),* 2015.

Tarshis, Lorie, and Abba Ptachya Lerner. "Notes on the elasticity of substitution - ii." *The Review of Economic Studies* 1, no. 2 (1934): 147–148.

Ugur, Mehmet, Eshref Trushin, Edna Solomon, und Francesco Guidi. „R&D and productivity in OECD firms and industries: A hierarchical meta-regression analysis.“ *Research Policy*, 2016: 2069–2086.

van Ark, Bart, Janet X. Hao, Carol Corrado, und Charles Hulten. „Measuring Intangible Capital and its Contribution to Economic Growth in Europe.“ *EIB Papers*, 2009: 62–93.

Vollmar, Meike. „Berufliche Weiterbildung.“ *Wirtschaft und Statistik*, April 2013: 276-287.

Wieser, Robert. „Research and development, productivity and spillovers: empirical evidence at the firm level.“ *Journal of Economic Surveys*, 2005: 587–621.

Wooldrgidge, Jeffrey. „On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables.“ *Economic Letters*, 2009: 112-114.

Anhang

A. Daten

A.1 Firmendaten der amtlichen Statistik

Die Basis des finalen Datensatzes bilden verschiedene Erhebungen der amtlichen Statistik. Die Daten werden durch die Statistischen Landesämter und das Statistische Bundesamt erhoben. Befragt werden sowohl Unternehmen als auch Betriebe. Als Unternehmen gilt die kleinste rechtlich selbständige Einheit, die aus handels- oder steuerrechtlichen Gründen Bücher führt oder eine freiberufliche Tätigkeit ausübt. Betriebe sind rechtlich unselbständige räumlich getrennte Niederlassungen von Unternehmen.

Die Erhebungen der amtlichen Statistik werden durch diverse deutsche Gesetze und europäische Verordnungen geregelt. Auskunftspflichtig sind die Inhaber oder die Leiter der Unternehmen oder der Betriebe. Die Auskunftspflicht hat zur Folge, dass die Datensätzen der amtlichen Statistik nur in geringem Umfang von Antwortausfällen betroffen sind.[46] Ferner werden die Daten mittlerweile verstärkt per Online-Verfahren abgefragt. Hierfür werden zum Teil bestehende Schnittstellen diverser betriebswirtschaftlicher Standardsoftware genutzt und die Daten direkt daraus entnommen. Dies, ebenso wie die Auskunftspflicht, verbessert die Qualität der erhobenen Daten.

Die diversen Erhebungen werden der Wissenschaft über die *Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder* (FDZ) zur Verfügung gestellt. Dabei ist zu beachten, dass die durch die Statistischen Landesämter erhobenen Daten in ihrem Besitz verbleiben und eine Nutzung nur mit Zustimmung aller 14 Landesämter möglich ist. Zusammengefasste Daten werden der Wissenschaft als sogenannte *AFiD-Panel* zur Verfügung gestellt und bilden auch die Datenbasis der vorliegenden Untersuchung. AFiD ist das Akronym für *Amtliche Firmendaten in Deutschland*. Die Verwendung von AFiD-Daten hat den Vorteil, dass zumindest ein kleiner Teil der Datenzusammenführung bereits durch die Ämter vorgenommen wird.

Nachfolgend werden die Datensätze vorgestellt, die im Zuge der Datenbearbeitung durch das Projektteam zusammengeführt wurden.

A.1.1 AFiD-Panel Unternehmensregister

Das Unternehmensregister (URS) enthält alle wirtschaftlichen Einheiten – Unternehmen und Betriebe –, deren wirtschaftlicher Schwerpunkt in den Abschnitten *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* (B) bis *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (S) liegt (Statistisches Bundesamt 2016c). Ausgeschlossen sind damit die Land- und Forstwirtschaft und die Fischerei, die öffentliche Verwaltung, die Verteidigung und die Sozialversicherung sowie durch private Haushalte erbrachte Dienstleistungen und Organisationen ohne Erwerbscharakter.[47]

Das Unternehmensregister ist keine eigene Erhebung sondern ein Statistikregister, das mit Hilfe bereits bestehenden Datenbeständen erstellt und gepflegt wird. In Deutschland sind dies im Wesentlichen die Dateien der Steuerverwaltung, die monatlichen Ergebnisse aus der Beschäftigungsstatistik

[46] Die Antwortausfälle liegen beispielswiese in der Kostenstrukturerhebung bei etwa 2 Prozent (Statistisches Bundesamt 2016b).

[47] Rechtliche Grundlage zur Führung des Unternehmensregisters ist das Gesetz über den Aufbau und die Führung eines Statistikregisters (Statistikregistergesetz – StatRegG) vom 16. Juni 1998, das die Verordnung (EWG) Nr. 2186/93 des Rates vom 22. Juli 1993 über die innergemeinschaftliche Koordinierung des Aufbaus von Unternehmensregistern für statistische Verwendungszwecke der Europäischen Union ((ABl. EG Nr. L 196 S. 1) - VO Nr. 2186/93) umsetzt.

der Bundesagentur für Arbeit (BA) über Betriebe und Beschäftigte, die jährlichen Dateien der Handwerkskammern und der Industrie- und Handelskammern.

Als übergeordnetes Register dient es als Basis, aus welcher die für die Fachstatistiken relevanten Erhebungseinheiten gezogen werden. Ferner dient es als zentraler Baustein für die Verknüpfung von amtlichen Daten sowie für die Verknüpfung mit Daten aus nicht-amtlichen Quellen. Hierfür enthält es diverse Kennnummern anderer Register, etwa die „Gewerbesteuernummer“, die „IHK-„ oder die „HWK-Nummer“.

Für die Mikrodaten der amtlichen Statistik, die in dieser Untersuchung genutzt werden, liegt keine Umrechnung der Wirtschaftszweigklassifikation von WZ 2003 auf WZ 2008 vor. Ohne Umrechnung ist jedoch eine Nutzung der Daten von vor 2008 nicht möglich, da Preisindizes, Abschreibungsraten etc. nur noch auf Basis der neuen Wirtschaftszweigklassifikation vorliegen. Ferner werden die ökonometrischen Schätzungen auch für zweistellige Wirtschaftszweige durchgeführt. Auch dies erfordert eine einheitliche WZ-Klassifizierung für den gesamten Zeitraum.

Das Unternehmensregister wird im Rahmen der vorliegenden Analyse daher zum einen dafür genutzt, einen eigenen WZ-Schlüssel zu entwickeln, mit welchem die notwendige Umschlüsselung der Wirtschaftszweige durchgeführt wird. Hierfür werden die im URS enthaltene 5-stellige Kennzahl zum „Wirtschaftszweig“, die „Unternehmensnummer“ und das sogenannte „URS-Jahr“ genutzt.

A.1.2 AFiD-Panel Dienstleistungen

Das AFiD-Panel Dienstleistungen (SiD) besteht aus der Verknüpfung der jährlich durchgeführten Strukturerhebung in diversen Dienstleistungssektoren (Pesch 2007).[48] Bis ins Jahr 2007 umfasste sie die Wirtschaftszweige *Verkehr und Nachrichtenübermittlung* (I, WZ 2003), *Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen* (K, WZ 2003). Mit der Einführung der Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2008 sind beide Wirtschaftszweige aufgespalten worden. Mit dem Berichtsjahr 2008 hat sich zudem der Berichtskreis der Dienstleistungsstatistik deutlich verändert. Sie umfasst seitdem die folgenden Gewerbezweige nach der WZ 2008: *Verkehr und Lagerei* (H), *Information und Kommunikation* (J), *Grundstücks- und Wohnungswesen* (*L*), *Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen* (M), *Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* (N), *Erbringung von sonstigen Dienstleistungen* (S95).

Grundgesamtheit der Erhebungen sind alle umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen sowie die Freien Berufe mit mindestens 17.500 Euro Jahresumsatz in den betreffenden Wirtschaftszweigen. Die Stichproben werden so gezogen, dass sie repräsentative Aussagen je Wirtschaftszweig, Bundesland und Größenklasse ermöglichen. Alles in allem werden jedoch höchstens 15 Prozent aller möglichen Berichtseinheiten befragt.[49] Die Erhebungen werden durch die Statistischen Landesämter durchgeführt. Die Daten werden im Rahmen der Item-Non-response-Analyse auf Unplausibilitäten und Lücken untersucht (Statistisches Bundesamt 2016d). In solchen Fällen wird grundsätzlich bei den Auskunftspflichtigen nachgefragt und so eine möglichst hohe Datenqualität sichergestellt.

[48] Rechtliche Grundlagen sind die europäische Ratsverordnung über die strukturelle Unternehmensstatistik (Verordnung (EG, Euratom) Nr. 58/97), die die Bereitstellung von Strukturdaten über bestimmte Gewerbezweige der unternehmensnahen Dienstleistungsgewerbe vorschreibt, und das Gesetz über Statistiken im Dienstleistungsbereich (BGBl. I, S. 1765) vom 19. Dezember 2000.

[49] Bei Schichten, die nur sehr schwach besetzt sind, wird auf die Stichprobe verzichtet und stattdessen werden alle Berichtseinheiten einbezogen („Totalschicht“). Eine Totalerhebung wird auch bei den sehr großen Unternehmen durchgeführt.

Übersicht A-1: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Dienstleistungen, 2003 bis 2013

Anzahl der Unter-nehmen	Struktur in Prozent	Struktur kumuliert in Prozent	Meldungen von 2003 bis 2013 (1 = Meldung vorhanden)
83.612	19,1	19,1	111
67.898	15,5	34,5	.....111...
48.019	10,9	45,5	11111.....
19.515	4,5	49,9	111111
16.112	3,7	53,6	1
14.693	3,4	56,9	11
14.219	3,2	60,2	.....11...
13.732	3,1	63,3	.....1...
11.885	2,7	66,0	....1.....
10.316	2,4	68,4	11111111111
9.669	2,2	70,6	...11.....
9.668	2,2	72,8	1.....
9.472	2,2	74,9	.....1.....
8.818	2,0	77,0	..111.....
8.363	1,9	78,9	.....1..
7.971	1,8	80,7	.1111.....
7.205	1,6	82,3	.....11....
6.454	1,5	83,8	11.....
6.421	1,5	85,3	.....11.
6.211	1,4	86,7	111.....
5.582	1,3	87,9	1111.....
4.824	1,1	89,0	11111...111
3.324	0,8	89,8	11111111...
3.265	0,7	90,5	.....1....
2.797	0,6	91,2	.....1.
38.725	8,8	100,0	(andere Meldemuster)
438.770	100,0	X	X

Quelle: FDZ des Bundes und der Länder; Berechnungen des DIW Berlin.

Um die Belastung der auskunftspflichtigen Einheiten auf möglichst viele Einheiten zu verteilen, werden in unregelmäßigen Abständen die Stichprobenpläne komplett geändert und Einheiten, die vorher bereits teilgenommen hatten, von einer weiteren Befragung ausgeschlossen. Vollständig neue Stichproben wurden für die Berichtsjahre 2003, 2008, 2011 und 2014 gezogen. Ferner wird die Datenaufbereitung dadurch erschwert, dass im Zuge der Umstellung der Erhebungen in 2008 auch der Merkmalskatalog überarbeitet wurde. Als Folge hiervon stellen die FDZs der statistischen Ämter das AFiD-Panel Dienstleistungen nur separat für den Zeiträume 2003 bis 2007 und 2008 bis 2013 zur Verfügung. Die Zusammenführung der Daten für diese Untersuchung ist durch das Projektteam im Zuge der Datenaufbereitung erfolgt. Für die Untersuchung der Dienstleistungsunternehmen werden die Berichtsjahre 2003 bis 2013 genutzt. Das Jahr 2014 muss ausgespart belieben, da die Datenbereinigung in den Statistischen Landesämtern noch nicht abgeschlossen ist. Insgesamt stehen rund 439.000 die Dienstleistungsunternehmen für die Untersuchung zur Verfügung (Übersicht A-1). Aufgrund der Umstellung der Erhebungen in 2008 und der Ziehung neuer Stichproben sind jedoch nur wenige Unternehmen durchgängig und über einen längeren Zeitraum Teil dieses AFiD-Panels. Ein knappes Fünftel hat an den Erhebungen der Jahre 2011 bis 2013 teilgenommen und 15 Prozent an den Erhebungen der Jahre 2010 bis 2012. Es zeigt sich ferner, dass es nur 2 Prozent der erfassten Unternehmen an allen Erhebungen teilgenommen haben, knapp10 Prozent an der Erhebung nach dem alten Stichprobenverfahren (2003 bis 2007) und knapp 5 Prozent an aller Erhebungen zwischen 2008 und 2013.

Für die Untersuchung werden die Variablen „Rechtsform“, „Bundesland“, „Wirtschaftszweig“, „Beschäftigte“, „Zahl der tätigen Personen“, „Umsatz“, „Bruttolöhne und-gehälter“, „Materialaufwand und sonstige betriebliche Aufwendungen“ (dies schließt bezogene Vorleistungen mit ein), „Hochrechnungsfaktoren“, „Investitionen in Sachanlagen“, „Investitionen in immateriellen Vermögensgegenstände“ und „Investitionen in Software“ verwendet. Die „Investitionen in Konzessionen, Patente, Lizenzen, Warenzeichen u.Ä.“ ergeben sich als Differenz „Investitionen in immateriellen Vermögensgegenstände“ und den „Investitionen in Software“. Investitionen in Forschung und Entwicklung werden nicht erhoben. Diverse Daten zu Bestandsänderungen bei Material etc. werden ebenfalls genutzt.

A.1.3 AFiD-Panel Industrieunternehmen

Im AFiD-Panel Industrieunternehmen sind die folgenden drei Erhebungen miteinander verknüpft:

- der *Jahresbericht für Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden* (JBU),
- die *Investitionserhebung bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden* (IEU) sowie
- die *Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden* (KSE).

Die Erhebungen wurden für die Berichtsjahre 2003 bis 2014 über die Unternehmensnummer des Unternehmensregisters verknüpft. Bis auf das AFiD-Panel Industrieunternehmen enthalten die Erhebungen sowohl Angaben für Unternehmen als auch für Betriebe. Für die Berichtsjahre 2003 bis 2007 gilt die Zuordnung zu den Abschnitten *Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden* und *Verarbeitendes Gewerbe* entsprechend der Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2003 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015a) sowie entsprechend der Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2008 für den Zeitraum ab 2008.

Investitionserhebung bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden

Die Investitionserhebung ist eine Totalerhebung mit Abschneidegrenze bei 20 tätigen Personen. Sie umfasst somit alle Unternehmen der betreffenden Wirtschaftszweige in der 20 oder mehr Personen tätig sind. In manchen Gewerbezweigen ist die Abschneidegrenze jedoch auf 10 Personen abgesenkt, um die Aussagekraft der Statistik zu verbessern, etwa in wenigen Gruppen in der Lebensmittelindustrie und der gesamte Bergbausektor.

Die Erhebungsmerkmale der Investitionserhebung sind seit der Jahrtausendwende weitgehend unverändert. Hinzugekommen sind lediglich die beiden seit dem Berichtsjahr 2009 erhobenen Unterkategorien bei den Investitionen in immaterielle Vermögenswerte. Die für die Untersuchung relevanten Merkmale aus der Investitionserhebung bei Unternehmen sind die „Investitionen in immaterielle Vermögensgegenstände, soweit nach dem HGB aktiviert“, mit den beiden Unterkategorien „Investitionen in Konzessionen, Patente, Lizenzen, Warenzeichen u.Ä“ und „Investitionen in Software“. Zudem werden die Merkmale „Erworbene und selbsterstellte Sachanlagen für betriebliche Zwecke“, „Wert der neu gemieteten und gepachteten neuen Sachanlagen“ sowie die „Verkaufserlöse aus dem Abgang von Sachanlagen“ genutzt.[50]

[50] Eine vollständige Liste der Merkmale findet sich in Statistisches Bundesamt (2013).

Übersicht A-2: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die an der Investitionserhebung teilgenommen haben, 2003 bis 2014

Anzahl der Unter-nehmen	Struktur in Prozent	Struktur kumuliert in Prozent	Meldungen von 2003 bis 2014 (1 = Meldung vorhanden)
21,252	36.1	36.1	111111111111
2,364	4.0	40.2	1.....
2,180	3.7	43.9	111111.....
2,177	3.7	47.6	11.....
1,616	2.8	50.3	111
1,594	2.7	53.0	1
1,594	2.7	55.7	111.....
1,546	2.6	58.4	11
1,344	2.3	60.7	1111
1,264	2.2	62.8	.111111111111
1,250	2.1	64.9	111111
1,231	2.1	67.0	1111111
1,184	2.0	69.0	11111111
1,161	2.0	71.0	1111.....
1,106	1.9	72.9	1111111.....
1,100	1.9	74.8	11111
1,089	1.9	76.6	...111111111
1,075	1.8	78.4	..1111111111
1,013	1.7	80.2	11111.....
878	1.5	81.7	1111111111..
863	1.5	83.1	1111111111..
850	1.5	84.6	111111111...
791	1.3	85.9	11111111111.
261	0.4	86.4	.1.....
244	0.4	86.8	.....1.....
7,784	13.2	100.0	(andere Meldemuster)
58,811	100.0	X	X

Quelle: FDZ des Bundes und der Länder; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Untersuchung nutzt die Berichtsjahre 2003 bis 2014. Für diesen Zeitraum enthält die Erhebung knapp 59.000 Unternehmen (siehe Übersicht A-2). Davon sind 36 Prozent in allen Jahren Teil des Datensatzes. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Unternehmen die an mehr als zwei Erhebungen teilgenommen haben. Die Ausfälle für einzelne Jahre können daran liegen, dass Unternehmen gegründet oder geschossen wurden oder dass sie im Zuge der Aufspaltung oder des Zusammenschlusses als neues Unternehmen gelten. Denkbar ist auch, dass Unternehmen ihren Geschäftszweck geändert haben und deshalb nicht mehr zum Verarbeitenden Gewerbe zählen oder erst seitdem dazu zählen.

Jahresbericht für Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden

Der Jahresbericht ist ebenfalls eine Totalerhebung mit Abschneidegrenze bei 20 Personen und abgesenkter Abschneidegrenze von 10 Personen bei wenigen Gewerbezweigen. Die Statistik beruht auf dem Jahresbericht für Mehrbetriebsunternehmen, der nur Unternehmen mit zwei und mehr Betrieben befragt (Statistisches Bundesamt 2015d). Für Einbetriebsunternehmen werden die entsprechenden Merkmale aus dem Monatsbericht für Betriebe zu Jahreswerten aggregiert und mit den Angaben für

die Mehrbetriebsunternehmen zusammengeführt (Statistisches Bundesamt 2015b, Statistisches Bundesamt 2015c).

Der Datensatz enthält etwa 61.000 Beobachtungen, von denen etwa 21.900 durchgängig Teil der Erhebung sind (Übersicht A-3). Daneben finden sich rund 4800 Unternehmen die nur mit einer Beobachtung im Datensatz vertreten sind. Für die übrigen Unternehmen liegen zwischen zwei bis elf Beobachtungen vor. Zu den im Rahmen der Statistik erhobenen und in der Untersuchung genutzten Merkmale zählen die „Zahl der tätigen Personen“, die „Lohn-und Gehaltssumme“ und der „Umsatz“.

Übersicht A-3: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die für den Jahresbericht gemeldet haben, 2003 bis 2014

Anzahl der Unternehmen	Struktur in Prozent	Struktur kumuliert in Prozent	Meldungen von 2003 bis 2014 (1 = Meldung vorhanden)
21,865	35.6	35.6	111111111111
2,807	4.6	40.2	1.....
2,243	3.7	43.8	11.....
2,105	3.4	47.3	111111.....
1,819	3.0	50.2	111.....
1,684	2.7	53.0	1111.....
1,627	2.7	55.6	111
1,525	2.5	58.1	11
1,491	2.4	60.5	1
1,415	2.3	62.8	11111111
1,341	2.2	65.0	1111
1,290	2.1	67.1	.11111111111
1,241	2.0	69.2	1111111
1,239	2.0	71.2	111111
1,200	2.0	73.1	1111111.....
1,117	1.8	74.9	11111.....
1,084	1.8	76.7	11111
1,053	1.7	78.4	..1111111111
938	1.5	80.0	11111111....
899	1.5	81.4	1111111111..
890	1.5	82.9	1111111111..
877	1.4	84.3	111111111...
813	1.3	85.6	11111111111.
310	0.5	86.1	.1.....
231	0.4	86.5	.....1.....
8,290	13.5	100.0	(andere Meldemuster)
61,394	100.0	X	X

Quelle: FDZ des Bundes und der Länder; Berechnungen des DIW Berlin.

Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden (KSE)

Anders als bei den beiden vorher genannten Datensätzen, handelt es sich bei der Kostenstrukturerhebung nicht um eine Totalerhebung mit Abschneidegrenze, sondern um eine Stichprobenerhebung (Statistisches Bundesamt 2016b). Ferner handelt es sich um eine zentrale Erhebung, für die das Statistische Bundesamt verantwortlich ist.

Die Grundgesamtheit sind die im Unternehmensregister erfassten Unternehmen im *Verarbeitenden Gewerbe* (C) und *Bergbau* (B). Die zu befragenden Einheiten werden mithilfe einer geschichteten Zufallsstichprobe gezogen. Die Schichtung erfolgt nach den Kriterien Wirtschaftszweig und Größenklasse[51], jedoch nicht nach Bundesland. Schichten mit einem hohen Anteil am Gesamtumsatz im *Verarbeitenden Gewerbe* werden genauer erfasst als solche mit einem niedrigen Anteil. Dies hat zur Folge, dass Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten vollständig in die Erhebung einbezogen werden. Hinzu kommt, dass bei Wirtschaftszweigen mit strukturellen Besonderheiten alle Unternehmen befragt werden.

Übersicht A-4: Erhebungseinheiten im AFiD-Panel Industrieunternehmen, die an der Kostenstrukturerhebung teilgenommen haben, 2003 bis 2014

Anzahl der Unternehmen	Struktur in Prozent	Struktur kumuliert in Prozent	Meldungen von 2003 bis 2014 (1 = Meldung vorhanden)
7,750	20.7	20.7	.....1111...
5,848	15.6	36.2	111
4,531	12.1	48.3	11111.....
3,493	9.3	57.6	11111....111
2,988	8.0	65.6	111111111111
2,012	5.4	70.9	1111111
946	2.5	73.4	111111111...
897	2.4	75.8	11.....
881	2.4	78.2	1.....
754	2.0	80.2	111.....
631	1.7	81.9	1111.....
585	1.6	83.4	.....1.....
533	1.4	84.9	.....11.....
486	1.3	86.1	.....111....
367	1.0	87.1	.....11.
361	1.0	88.1	.....1..
185	0.5	88.6	11
173	0.5	89.0	1
167	0.4	89.5	1111111.....
166	0.4	89.9	111111.....
155	0.4	90.3	11111
142	0.4	90.7	1111
140	0.4	91.1	111111
126	0.3	91.4	11111111....
120	0.3	91.7	11111....1..
3,099	8.3	100.0	(andere Meldemuster)
37,536	100.0	X	X

Quelle: FDZ des Bundes und der Länder; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Gesamtstichprobe der Kostenstrukturerhebung umfasst knapp 45 Prozent aller Unternehmen in beiden Wirtschaftszweigen. Um die Belastung durch die Befragung auf möglichst viele Unternehmen zu verteilen, wurden für die Berichtsjahre 2008 und 2012 neue Stichproben gezogen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2016a). Damit ist die Zahl der Unternehmen, für die Angaben über den gesamten Untersuchungszeitraum vorliegen, eingeschränkt (Übersicht A-4).

[51] Neben den beschäftigten wird auch der Umsatz zur Definition der Größenklassen genutzt

Trotz Auskunftspflicht kann es sein, dass Unternehmen nicht teilnehmen (Unit-Non-Response). Die Ausfallquoten lagen in den letzten Jahren jedoch bei nur 2 Prozent und damit um ein Vielfaches unter dem anderer Surveys (Statistisches Bundesamt 2016b). Die geringe Ausfallquote und die zusätzliche Datenbearbeitung im statistischen Bundesamt hat eine sehr hohe Datenqualität zur Folge.

Für die Untersuchung werden die Berichtsjahre 2003 bis 2014 genutzt. Insgesamt sind rund 38.000 Unternehmen in der KSE im betreffenden Zeitraum erfasst (Übersicht A-4). Aufgrund der Änderungen im Auswahlverfahren ist auch der Anteil der Unternehmen, die an allen oder an vielen Erhebungen teilgenommen haben, geringer. Die mit knapp 21 Prozent größte Gruppe sind Unternehmen, die an den Erhebungen 2008 bis 2011 teilgenommen haben. Ein vollständiges Panel liegt lediglich für 8 Prozent der Population vor.

Für die Untersuchung werden die Variablen „Rechtsform“, „Bundesland“, „Wirtschaftszweig“, „Anzahl der Arbeitnehmer insgesamt“, „Anzahl der tätigen Personen insgesamt“, „Anzahl der tätigen Personen in FuE“, „Umsatz insgesamt“, „Bruttoproduktionswert“, „Bruttowertschöpfung“, „Verbrauch von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen während des Geschäftsjahres“, „Geleistete Bruttoentgelte (ohne Arbeitgeberanteile)“, „Gesetzliche Sozialkosten (Arbeitgeberanteile)“, „Aufwendungen für FuE“ sowie die „Hochrechnungsfaktoren“ und die „Korrekturfaktoren“ genutzt. Hinsichtlich der „Aufwendungen für FuE“ ist zu beachten, dass darin nur innerbetriebliche FuE Ausgaben erfasst werden.[52]

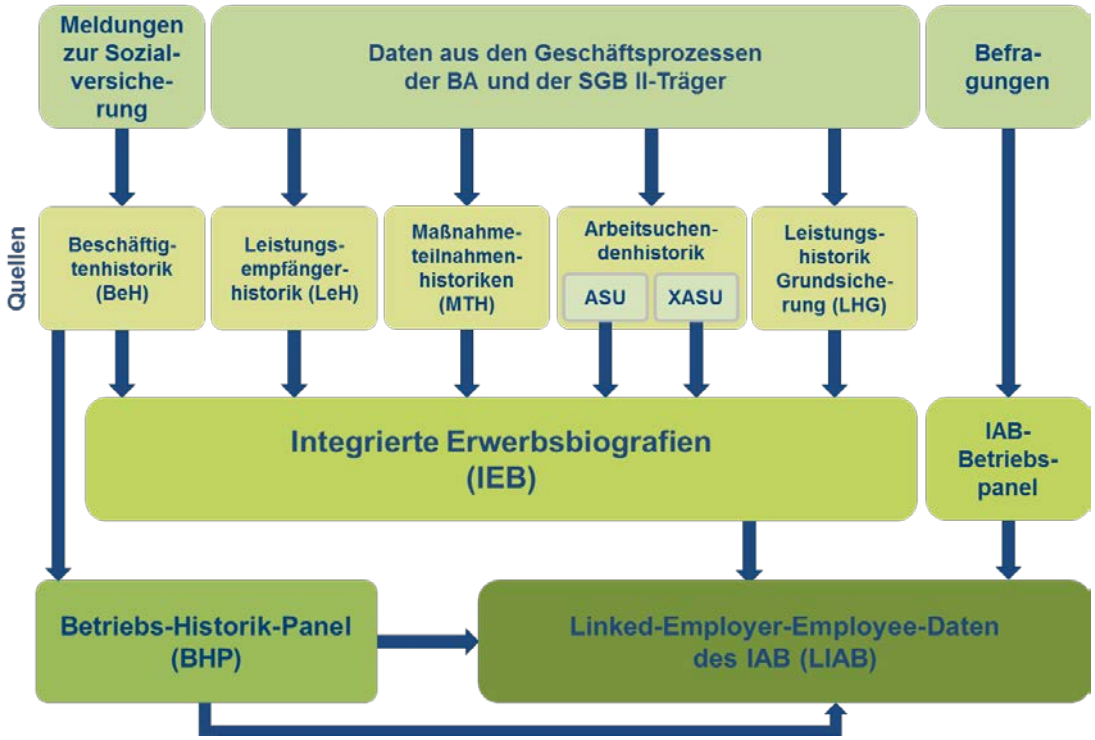
A.2 Betriebs- und Beschäftigtendaten der Bundesagentur für Arbeit

Für die Messung des Organisationskapitals nutzen wir die Methode von Corrado, Hulten und Sichel (2009). Wie bereits in Abschnitt 3.2 beschrieben, wird hierfür auf die Ausgaben für Führungskräfte abgestellt. Konkret geht der Ansatz davon aus, dass 20 Prozent der Ausgaben und Löhne für Führungskräfte in Unternehmen als Investitionen in Organisationskapital angesehen werden. Da Individualdaten der Beschäftigten bzw. eine Aufteilung der gesamten Lohnsumme nach Berufsgruppen in den diversen AFiD-Panels nicht enthalten sind, verwenden wir den *Linked Employer-Employee* Datensatz (*LIAB*) des *Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung* (IAB) der *Bundesagentur für Arbeit* (BA), welcher mit Hilfe administrativer Daten und Erhebungsdaten konstruiert wird.

Das *IAB Betriebspanel* bildet die Grundlage des LIAB. Es enthält die Daten einer jährlichen Stichprobe unter Betrieben mit mindestens einem sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Die Betriebe werden zufällig aus der Arbeitgeberdatenbank der *Bundesagentur für Arbeit* ausgewählt, welche rund zwei Millionen Arbeitgeber mit sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten umfasst. Die Stichprobe wird nach Betriebsgröße, Wirtschaftszweig und Bundesland geschichtet, um einen repräsentativen Datensatz hinsichtlich dieser Determinanten zu gewinnen. In der Summe werden jährlich ungefähr 16.000 Betriebe befragt. Die Erhebung deckt eine Reihe von betriebsspezifischen Kennzahlen ab. Vor allem aber wird eine Vielzahl von arbeitsmarktrelevanten Informationen erfasst, wie etwa der Arbeitskräftebedarf, Einstellungserwartungen oder unbesetzte Stellen, aber auch Maßnahmen zur Beschäftigungsförderung, Schulungsmaßnahmen und dergleichen mehr. Für die vorliegende Analyse werden aus dem *IAB Betriebspanel* insbesondere die „Gesamtbeschäftigtenzahl“, die „Lohnsummen“, der „Standort“ und die „Stichprobengewichte“ benötigt. Letzteres allerdings nur für die Aggregation der entsprechenden Investitionen auf Wirtschaftszweigebene.

[52] Dabei handelt es sich um „sämtliche Aufwendungen, die für die im Unternehmen selbst durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten anfallen, unabhängig von der Herkunft der Mittel (einschließlich Investitionsaufwendungen).“ (Statistisches Bundesamt 2016b, S. 6)

Abbildung A-1: Quellen des *Linked Employer-Employee* Datensatzes (LIAB) des IAB



Quelle: Klosterhuber et al. (2016).

Zu den im IAB Betriebspanel erfassten Betrieben werden die Personendaten derjenigen Beschäftigten zugespielt, die in den jeweiligen Betrieben am 30. Juni des jeweiligen Jahres angestellt waren. Diese Daten werden dem Datensatz *Integrierten Erwerbsbiographien (IEB)* des IAB entnommen. Dabei handelt es sich um die aggregierten administrativen Daten der BA über den individuellen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland. Als Datenquellen dienen die *Beschäftigtenhistorik* (BeH), die *Leistungsempfängerhistorik* (LeH), die *Leistungshistorik Grundsicherung* (LHG), die *Arbeitsuchendenhistorik* (ASU/XASU) und die *Maßnahmeteilnahmehistoriken* (MTH). Auf eine Beschreibung der einzelnen Datensätze und der daraus für das LIAB entnommen Variablen wird hier mit Verweis auf die ausführliche Darstellung in Klosterhuber et al. (2016) verzichtet. Unter anderem enthält das IEB persönliche Informationen wie Geschlecht, Alter, Familienstand und Bildungsabschlüsse etc. sowie Beschäftigungsinformationen wie etwa Berufsstatus, Einkommen, Voll- oder Teilzeitarbeit, Vertragslaufzeit und Löhne etc. Ferner enthält es die 4-stellige Berufsklassifizierung entsprechende der *Klassifizierung der Berufe 2010*. Dies macht es möglich, alle Führungskräfte in einem Unternehmen zu identifizieren. Die firmeneigenen Gesamt- und Management-Lohnabrechnungen werden als Brutto-Tageslohn (tägliche Entgelte) jedes am Tag der Befragung in der Firma beschäftigten Arbeitnehmers berechnet. Dafür werden die individuellen Löhne mit den spezifischen Arbeitstagen multipliziert und die entsprechenden personenbezogenen Löhne und Gehälter auf Betriebsebene aggregiert. Der sich ergebende Wert für die Gesamtausgaben des Unternehmens für seine Belegschaft stimmt zwar nicht hundertprozentig mit den Angaben der Betriebe im IAB Betriebspanel überein, die Korrelation liegt jedoch bei 0,93. Aus dem IEB werden die Personen in jenen Betrieben gezogen, die im IAB Betriebspanel erfasst sind.

Der dritte Datensatz ist das *Betriebs-Historik-Panel* (BHP). Es enthält für 600.000 bis 1,5 Millionen Betriebe pro Jahr die Betriebsnummer, den Wirtschaftszweigen, das Jahr, die Merkmale zum Arbeits-

ort und weitere nicht-sensible Betriebsinformationen zum Stichtag 30. Juni. Diese und andere Daten aus dem BHP ergänzen die Daten aus dem IAB Betriebspanel.

Die Daten des aus dem BHP, dem IEB und dem IAB Betriebspanel werden durch das IAB separat zur Verfügung gestellt und wurden vom Projektteam im Rahmen der Datenaufbereitung zusammengeführt. Basis hierfür ist die eindeutige Betriebsnummer und das jeweilige Jahr. Der erzeugte Datensatz deckt den Zeitraum 2003 bis 2014 ab. Er umfasst etwa 2 Millionen Beschäftigte in rund 14.000 Betrieben pro Jahr.

A.3 Sektorale Daten

Für die Analysen ist es notwendig, eine Preisbereinigung der firmenindividuellen wirtschaftlichen Kennziffern vorzunehmen. Dazu werden aggregierten Informationen der amtlichen Statistik wie folgt genutzt: Zunächst werden die Preisindizes für alle monetären Variablen sowohl für die einstelligen als auch für die zweistelligen Wirtschaftszweige berechnet. Dazu werden die öffentlich verfügbaren nominalen Werte aus der VGR je Jahr und Wirtschaftszweig mit den entsprechenden verketteten Volumenwerten ins Verhältnis gesetzt. Die verketteten Volumenwerte der VGR werden in der Regel nicht veröffentlicht (nur deren Index zum Basisjahr 2010) und wurden dem DIW Berlin vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt.[53] Mit diesen werden die Preisindizes je Wirtschaftszweig und Jahr berechnet. Mit diesen Werten werden im Rahmen der Datenaufbereitung die firmenindividuellen nominalen Werte im Datensatz mit zu Werten zu konstanten Preisen umgerechnet. Unterstellt wird hierbei, dass es keine Unterschiede in der Preisbereinigung zwischen den Unternehmen eines Wirtschaftszweiges und eines Jahres gibt.

Nach diesem Verfahren werden die folgenden Kennziffern der Unternehmen deflationiert: Bruttowertschöpfung, Bruttoproduktionswert, Vorleistungen, Bruttoanlageinvestitionen (ohne immaterielle Güter), Investitionen in Software und Datenbanken, Investitionen in FuE und Investitionen in Lizenzen, Löhne und Gehälter etc. Für die Deflationierung der Bruttolöhne wurde der Reallohnindex genutzt.

Für die Berechnung des initialen physischen Kapitalstocks im Rahmen der *Perpetual Inventory Methode* (PIM) wird unter anderem die preisbereinigte Kapitalintensität benötigt (siehe Abschnitt 4.2). Die entsprechenden Daten (Bruttoanlagevermögen und Beschäftigte) für die zweistelligen Wirtschaftszweige werden der VGR entnommen und an den Firmendatensatz angefügt.

Die Abschreibungsraten für den physischen Kapitalstock je Jahr und zweistelliger Wirtschaftszweigklassifikation werden aus dem Quotienten von Bruttoanlagevermögen und Abschreibungen gebildet. Die zugrundeliegenden Daten entstammen der Berechnung des Inlandsprodukts in der VGR. Für die Abschreibung der Wissenskapitalelemente werden die von der OECD vorgeschlagenen und in der Literatur genutzten Werte angesetzt, was auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Studien erleichtert. Sie betragen 33 Prozent für Software und Datenbanken, 20 Prozent für Lizenzen, Patente, Markenrechte etc., 20 Prozent für FuE sowie 40 Prozent für Organisationskapital (OECD 2013a, S. 183).[54] Die Abschreibungsraten gelten für alle Wirtschaftszweige und Jahre.

[53] Wir danken den Beschäftigten des Statistischen Bundesamt für ihre wertvolle Unterstützung.

[54] Die in Adler et al. (2014) angegebenen Werte für die Nutzungsdauer von FuE in der gewerblichen Wirtschaft (10 Jahre im Allgemeinen mit wenigen Abweichungen in wenigen zweistelligen Wirtschaftszweigen) werden nicht verwendet, da die Studie geometrischen Reihen nutzt, während die Angaben in Adler et al. (2014) für lineare Abschreibungsreihen verwendet werden.

B. Methodische Anhang

B.1 Berechnung der Bruttorenditen von FuE

In der Literatur finden sich neben den Produktionselastizitäten von Wissenskapital bzw. FuE-Investitionen zuweilen auch Angaben zu den Bruttorenditen der entsprechenden Investitionen. Derartige Aussagen werden stets aus der durch Wissenskapital erweiterten Cobb-Douglas Produktionsfunktion abgeleitet. Für die Erläuterung des dabei genutzten Vorgehens sowie der damit einhergehenden starken Annahmen greifen wir zunächst noch einmal auch Gleichung (3) zurück und vernachlässigen die übrigen KBC-Elemente. Ferner verzichten wir an dieser Stelle auf die Sektorenindex j. In loglineare Form entspricht die Schätzgleichung somit

(10) $$y_{it} = \beta_L l_{it} + \beta_K k_{it} + \beta_R r_{it} + \varepsilon_{it},$$

wobei ε_{it} hier den i.i.d. Störterm repräsentiert. Durch Subtraktion der gesamten Gleichung mit sich selbst zum Zeitpunkt $t-1$ kann die Schätzgleichung in *levels* (Gleichung (10)) in eine Schätzgleichung in *first-differences* überführt werden:

(11) $$\Delta y_{it} = \beta_L \Delta l_{it} + \beta_K \Delta k_{it} + \beta_R \Delta r_{it} + \Delta\varepsilon_{it},$$

Diese Transformation hat den Vorteil, dass die zeitinvarianten fixen Effekte durch die Differenzenbildung eliminiert werden. Zugleich kann nun die Bruttorendite (gross *rate-of-return*) von FuE-Investitionen approximiert werden. Hierfür wird der folgende formale Zusammenhang genutzt:

(12) $$\beta_R = \frac{\partial Y_{it}}{\partial R_i}\frac{R_{it}}{Y_{it}} = \rho\frac{R_{it}}{Y_{it}},$$

wobei ρ das marginale Produkt des FuE-Kapitalstocks darstellt. Unter der Annahme, dass die Abschreibungsrate (δ) für den Kapitalstock gegen Null geht, was deutlich im Wiederspruch zur Konstruktion des FuE-Kapitalstocks (siehe Abschnitt 4.2) steht, dass es einen infiniten Planungshorizont gibt und dass die Zinskosten für diesen Zeitraum weitestgehend konstant sind, lässt Gleichung (12) wie folgt umformen:[55]

(13) $$\begin{aligned}\Delta y_{it} &= \beta_L \Delta l_{it} + \beta_K \Delta k_{it} + \rho\frac{R_{it}}{Y_{it}}\Delta r_{it} + \Delta\varepsilon_{it} \\ &= \beta_L \Delta l_{it} + \beta_K \Delta k_{it} + \rho\frac{RD_{it}}{Y_{it}} + \Delta\varepsilon_{it}\end{aligned},$$

wobei RD_{it} den FuE-Investitionen und RD_{it}/Y_{it} der FuE-Intensität entspricht. Nach derartigen Umformungen und unter Akzeptanz der zugrundeliegenden Annahmen kann die Bruttorendite – also insbesondere vor jeglicher Abschreibungsrate – mit Hilfe von Gleichung (13) geschätzt werden. Wird dieses Verfahren auf Firmendaten angewendet, spricht man zudem von der *private Bruttorendite*.

Kritisch an diesem Verfahren sind nicht nur die sehr strikten Annahmen bzgl. der Abschreibungsraten, der Zinsen und des Planungshorizontes von Unternehmen. Die Verwendung dieses Ansatzes im Rah-

[55] Die Schritte im Einzelnen:

$$\rho\frac{R_{it}}{Y_{it}}\Delta r_{it} = \rho\frac{R_{it}}{Y_{it}}\left(\frac{\Delta R_{it}}{R_{it}}\right) = \rho\left(\frac{\Delta R_{it}}{Y_{it}}\right) = \rho\frac{(R_{it}-R_{it-1})}{Y_{it}} = \rho\frac{(1-\delta)R_{it-1}+RD_{it}-R_{it-1}}{Y_{it}} = \rho\frac{RD_{it}-\delta R_{it-1}}{Y_{it}}$$

Unter der Annahme von $\delta = 0$:

$$\rho\frac{R_{it}}{Y_{it}}\Delta r_{it} = \rho\frac{RD_{it}}{Y_{it}}$$

men von Mikrodatenstudien „is clearly problematic, since much of their R&D investments are `replacement´ investments“ (Hall, Mairesse und Mohnen 2010, 5).

B.2 Verknüpfung von IAB- und AFiD-Daten

Die Verwendung der LIAB Daten ermöglicht eine sehr detaillierte Erfassung von Organisationskapital auf Betriebsebene. Diese detaillierten Daten werden unter anderem für die deskriptiven Auswertungen von Organisationskapital je Wirtschaftszweig und Jahr genutzt. Für die ökonometrische Analyse müssen die Informationen zu Investitionen in Organisationskapital auf die AFiD-Daten übertragen werden, da sie die Grundlage des schließlich verwendeten Gesamtdatensatzes bilden. Allerdings ist ein physisches verbinden der AFiD-Daten der statistischen Ämter mit den LIAB-Daten des Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung nicht möglich. Um die Informationen zu den Investitionen in Organisationskapital dennoch auf die AFiD-Daten zu übertragen, ist ein zweistufiges Verfahren gewählt worden, welches sich an das CDM-Modell von Crepon et al. (1998) zur Schätzung von Innovationsaktivitäten und ihrer Wirkung für die Produktivität von Unternehmen anlehnt und in der FuE-Forschung zu den sogenannten „Arbeitspferden“ zählt (siehe etwa Griffith, et al. 2006, Hall, Lotti und Mairesse 2009, Hall 2011, Baumann und Kritikos 2016). Nachfolgend wird zunächst die Idee skizziert, die den ersten Schritten im CDM-Modell zugrunde liegt. Anschließend wird dargelegt, wie dieser Ansatz im vorliegenden Fall genutzt werden kann.

In der ersten Stufe des CDM-Modells wird die Wahrscheinlichkeit dafür geschätzt, dass ein Unternehmen FuE Aktivitäten durchführt. Für alle Unternehmen, die einen gewissen Grenzwert überschreiten, wird angenommen, dass sie tatsächlich FuE-Investitionen tätigen, unabhängig davon ob die beobachtete Variable, also FuE-Investitionen, tatsächlich von Null verschieden sind. Für alle Unternehmen die diese Bedingung erfüllen wird anschließend die FuE-Intensität geschätzt. Dadurch werden auch die beobachteten FuE-Intensitäten, gemessen als FuE-Ausgaben im Verhältnis zur Beschäftigung, durch geschätzte Werte ersetzt.

Dieses Vorgehen wird im CDM-Modell zum einen gewählt, um ein potentielles Selektionsproblem zu lösen. Zum anderen wird damit dem bekannten Problem der Untererfassung von FuE-Aktivitäten und FuE-Investitionen in Erhebungen begegnet. Entscheidend für das vorliegende Problem der Übertragung der Informationen aus dem LIAB auf die AFiD-Daten ist jedoch die dahinterstehende Idee: Auf Basis von ökonometrischen Schätzungen wird die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, dass ein Unternehmen in ein bestimmtes Investitionsgut investiert. Zusätzlich wird auch die Investitionshöhe approximiert werden. Die eigentlichen Beobachtungen sind nur notwendig, um die Schätzungen für die Investitionswahrscheinlichkeit und das Investitionsvolumen möglichst genau zu kalibrieren.

Dieser Ansatz wird auf die vorliegende Aufgabenstellung der Verbindung von AFiD-Daten und den LIAB-Daten verwendet. Mit Hilfe von *probit*-Regressionen wird auf Basis der LIAB Daten die Wahrscheinlichkeit dafür geschätzt, dass ein Unternehmen Führungskräften beschäftigt. Diese Schätzungen werden separat für jeden Wirtschaftsabschnitt durchgeführt. Zudem werden nur Variablen verwendet, die sowohl im LIAB als auch in den FDZ Daten vorhanden sind. Mit den Schätzern aus dem LIAB und den identischen Variablen in den AFiD-Daten wird anschließend die Wahrscheinlichkeit dafür geschätzt, dass ein im AFiD-Datensatz beobachtetes Unternehmen Führungskräfte beschäftigt. Die Berechnungen auf Basis der AFiD-Daten werden so kalibriert, dass auf Ebene der 1-stelligen Wirtschaftszweige die gleichen Häufigkeiten beobachtet werden wie im LIAB-Datensatz, wo die Häufigkeiten als repräsentativ für den Wirtschaftszweig angesehen werden müssen.

In einem zweiten Schritt wird auf Basis der LIAB-Daten eine detaillierte bi-jährliche Korrespondenztabelle je zweistelligem Wirtschaftszweig und geografische Regionen erstellt, deren Zellen die Investitionsquote für Investitionen in Organisationskapital enthalten. Die Investitionsquote ergibt sich aus den Investitionen in Organisationskapital im Verhältnis zur Bruttolohnsumme der Unternehmen inner-

halb der durch das Jahre den Wirtschaftszweig und die Region definierten Zelle. Die spezifische Investitionsquote wird auf die Unternehmen in den AFiD-Daten angewandt, die in entsprechenden Zellen fallen (definiert durch Jahr, Wirtschaftszweig und Region) und die entsprechend der ökonometrischen Schätzungen aus dem ersten Schritt über Führungskräfte verfügen. Für die Übertragung der Informationen zu den FuE-Investitionen in den Dienstleistungssektoren ist ein identischen Vorgehen gewählt worden.

B.3 Alternative Spezifikationen für die Funktionen F() und G()

Die translog-Produktionsfunktion für Modell I lautet:

(14)
$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_r r_{it} + \beta_s s_{it} + \beta_z z_{it} + \beta_o o_{it} + \frac{1}{2}\beta_{ll} l_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{kk} k_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{rr} r_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{ss} s_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{zz} z_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{oo} o_{it}^2 + \beta_{lk} l_{it} k_{it} + \beta_{lr} l_{it} r_{it} + \beta_{ls} l_{it} s_{it} + \beta_{lz} l_{it} z_{it} + \beta_{lo} l_{it} o_{it} + \beta_{kr} k_{it} r_{it} + \beta_{ks} k_{it} s_{it} + \beta_{kz} k_{it} z_{it} + \beta_{ko} k_{it} o_{it} + \beta_{rs} r_{it} s_{it} + \beta_{rz} r_{it} z_{it} + \beta_{ro} r_{it} o_{it} + \beta_{sz} s_{it} z_{it} + \beta_{so} s_{it} o_{it} + \beta_{zo} z_{it} o_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Die Produktionsfunktion $f(\cdot)$ in der Basisspezifikation von Modell II lautet: (in logs):

(15)
$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Die Funktion $g(\cdot)$ in der Basisspezifikation von Modell II lautet (in logs):

(16)
$$\omega_{\mathrm{it}} = \gamma_0 + \gamma_r r_{it-1} + \gamma_s s_{it-1} + \gamma_z z_{it-1} + \gamma_o o_{it-1} + \epsilon_{\mathrm{it}}.$$

Die Produktionsfunktion $f(\cdot)$ in Testspezifikation A von Modell II lautet (in logs):

(17)
$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Die Funktion $g(\cdot)$ in Testspezifikation A von Modell II lautet (in logs):

(18)
$$\omega_{\mathrm{it}} = \gamma_0 + \gamma_r r_{it-1} + \gamma_s s_{it-1} + \gamma_z z_{it-1} + \gamma_o o_{it-1} + \frac{1}{2}\gamma_{rr} r_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{ss} s_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{zz} z_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{oo} o_{it-1}^2 + \gamma_{rs} r_{it-1} s_{it-1} + \gamma_{rz} r_{it-1} z_{it-1} + \gamma_{ro} r_{it-1} o_{it-1} + \gamma_{sz} s_{it-1} z_{it-1} + \gamma_{so} s_{it-1} o_{it-1} + \gamma_{zo} z_{it-1} o_{it-1} + \epsilon_{\mathrm{it}}.$$

Die Produktionsfunktion $f(\cdot)$ in Testspezifikation B von Modell II lautet (in logs):

(19)
$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{ll} l_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{kk} k_{it}^2 + \beta_{lk} l_{it} k_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Die Funktion $g(\cdot)$ in Testspezifikation B von Modell II lautet (in logs):

(20)
$$\omega_{\mathrm{it}} = \gamma_0 + \gamma_r r_{it-1} + \gamma_s s_{it-1} + \gamma_z z_{it-1} + \gamma_o o_{it-1} + \epsilon_{\mathrm{it}}.$$

Die Produktionsfunktion $f(\cdot)$ in Testspezifikation C von Modell II lautet (in logs):

(21) $$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \frac{1}{2}\beta_{ll} l_{it}^2 + \frac{1}{2}\beta_{kk} k_{it}^2 + \beta_{lk} l_{it} k_{it} + \varepsilon_{it}.$$

Die Funktion $g(\cdot)$ in Testspezifikation C für Modell II lautet (in logs):

(22) $$\omega_{it} = \gamma_0 + \gamma_r r_{it-1} + \gamma_s s_{it-1} + \gamma_z z_{it-1} + \gamma_o o_{it-1} + \frac{1}{2}\gamma_{rr} r_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{ss} s_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{zz} z_{it-1}^2 + \frac{1}{2}\gamma_{oo} o_{it-1}^2 + \gamma_{rs} r_{it-1} s_{it-1} + \gamma_{rz} r_{it-1} z_{it-1} + \gamma_{ro} r_{it-1} o_{it-1} + \gamma_{sz} s_{it-1} z_{it-1} + \gamma_{so} s_{it-1} o_{it-1} + \gamma_{zo} z_{it-1} o_{it-1} + \epsilon_{it}.$$

C. Wirtschaftszweige und Variablen

Übersicht C-1: Liste der Wirtschaftszweige

WZ 2008 Kode	Bezeichnung	Im Firmen-datensatz enthalten
A	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	
B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	x
B05	Kohlenbergbau	x
B06	Gewinnung von Erdöl und Erdgas	x
B07	Erzbergbau	x
B08	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	x
B09	Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen	x
C	Verarbeitendes Gewerbe	x
C10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	x
C11	Getränkeherstellung	x
C12	Tabakverarbeitung	x
C13	Herstellung von Textilien	x
C14	Herstellung von Bekleidung	x
C15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	x
C16	H.v. Holz-, Flecht-, Korb-u.Korkwaren (ohne Möbel)	x
C17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	x
C18	H.v. Druckerz., Vervielf.v.Ton-,Bild-,Datenträgern	x
C19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	x
C20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	x
C21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	x
C22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	x
C23	H.v.Glaswaren, Keramik, Verarb. v.Steinen u.Erden	x
C24	Metallerzeugung und -bearbeitung	x
C25	Herstellung von Metallerzeugnissen	x
C26	H.v. DV-Geräten, elektron. u. opt. Erzeugnissen	x
C27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	x
C28	Maschinenbau	x
C29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	x
C30	Sonstiger Fahrzeugbau	x
C31	Herstellung von Möbeln	x
C32	Herstellung von sonstigen Waren	x
C33	Reparatur u.Installation von Masch.u.Ausrüstungen	x
D	Energieversorgung	
E	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Bes. von Umweltver-schmutzungen	
F	Baugewerbe	
G	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	
H	Verkehr und Lagerei	x
H49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen	x
H50	Schifffahrt	x
H51	Luftfahrt	x
H52	Lagerei, sonstige Dienstleistungen für den Verkehr	x
H53	Post-, Kurier- und Expressdienste	x
I	Gastgewerbe	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

WZ 2008 Kode	Bezeichnung	Im Firmen-datensatz enthalten
J	Information und Kommunikation	x
J58	Verlagswesen	x
J59	Film, TV-Programme, Kinos, Tonstudios, Musikverlag	x
J60	Rundfunkveranstalter	x
J61	Telekommunikation	x
J62	Dienstleistungen der Informationstechnologie	x
J63	Informationsdienstleistungen	x
K	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	
L	Grundstücks- und Wohnungswesen	x
L68	Grundstücks- und Wohnungswesen	x
M	Erbringung von freiberufl.,wissenschaftl. u. techn Dienstleistungen	x
M69	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung	x
M70	Verwaltung u.Führung v.Untern., Untern.beratung	x
M71	Architektur-,Ing.büros,techn.,physik. Untersuchung	x
M72	Forschung und Entwicklung	x
M73	Werbung und Marktforschung	x
M74	Sonst. freiberufl.,wissenschaftl. u. techn.Tätigk.	x
M75	Veterinärwesen	x
N	Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	x
N77	Vermietung von beweglichen Sachen	x
N78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	x
N79	Reisebüros, -veranstalter u. sonst. Reservierungen	x
N80	Wach- und Sicherheitsdienste sowie Detekteien	x
N81	Gebäudebetreuung, Garten- und Landschaftsbau	x
N82	Wirtschaftl. Dienstleistungen für Unternehmen u.Privatpers. ang	x
O	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	
P	Erziehung und Unterricht	
Q	Gesundheits- und Sozialwesen	
R	Kunst, Unterhaltung und Erholung	
S	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	
S95	Reparatur von DV-Geräten und Gebrauchsgütern	x
T	Private Haushalte mit Hauspersonal; Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf ohne ausgeprägten Schwerpunkt	
U	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	

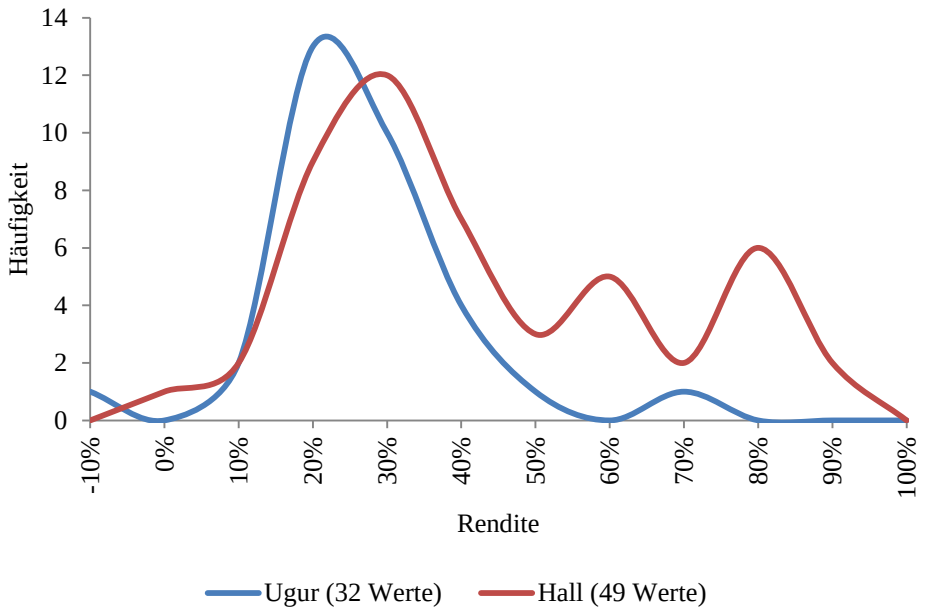
Quelle: Statistisches Bundesamt (2008)

Übersicht C-2: Variablen im finalen Datensatz

- Jahr
- WZ08, zweistellige Wirtschaftszweigklassifikation
- Rechtsform
- Bruttoproduktionswert, aktuelle Preise
- Umsatz, aktuelle Preise
- Bruttowertschöpfung, aktuelle Preise
- Material und Zwischenprodukte plus Energie, aktuelle Preise
- Lohnkosten, aktuelle Preise
- Sachanlagen, aktuelle Preise
- FuE-Investitionen, aktuelle Preise
- Software & Datenbank-Investitionen, aktuelle Preise
- Investitionen in Lizenzen, Patente usw., aktuelle Preise
- Investitionen in OC, aktuelle Preise
- materielle Investitionen, konstante Preise
- FuE-Investitionen, konstante Preise
- Software & Datenbank-Investitionen, konstante Preise
- Investitionen in Lizenzen & Patente usw., konstante Preise
- Investitionen in OC, konstante Preise
- Anzahl der Mitarbeiter
- Anzahl der Beschäftigten
- Anzahl der FuE-Beschäftigten
- Lohnkosten, konstante Preise
- Brutto-Produktionswert, konstante Preise
- Umsatz, konstante Preise
- Bruttowertschöpfung, konstante Preise
- Material und Zwischeneingänge plus Energie, konstante Preise
- Kapitalstock tangibles (nach Schmalwasser), konstante Preise
- Kapitalstock (OECD-Methode), konstante Preise
- FuE-Kapitalstock (OECD-Methode), konstante Preise
- Software-Kapitalstock (OECD-Methode), konstante Preise
- Kapitalstock-Lizenzen & Patente (OECD-Methode), konstante Preise
- Anzahl der Führungskräfte
- Anzahl der Arbeiter ohne FuE-Beschäftigte und Führungskräfte
- Bruttowertschöpfung, konstante Preise, inkl. FuE und OC Investitionen

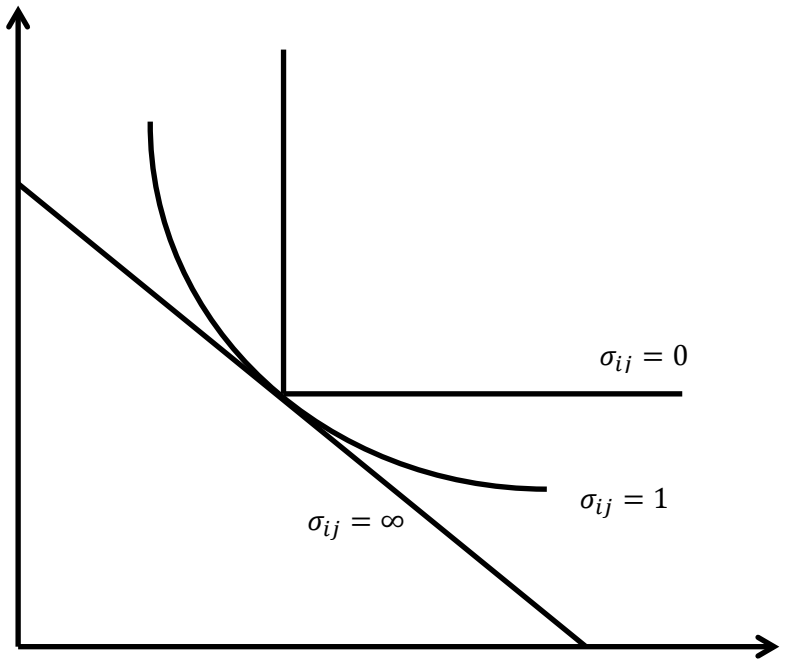
D. Abbildungen

Abbildung D-1: Bruttorenditen von FuE in den Übersichtsstudien von Ugur et al. (2016) und Hall et al. (2010)



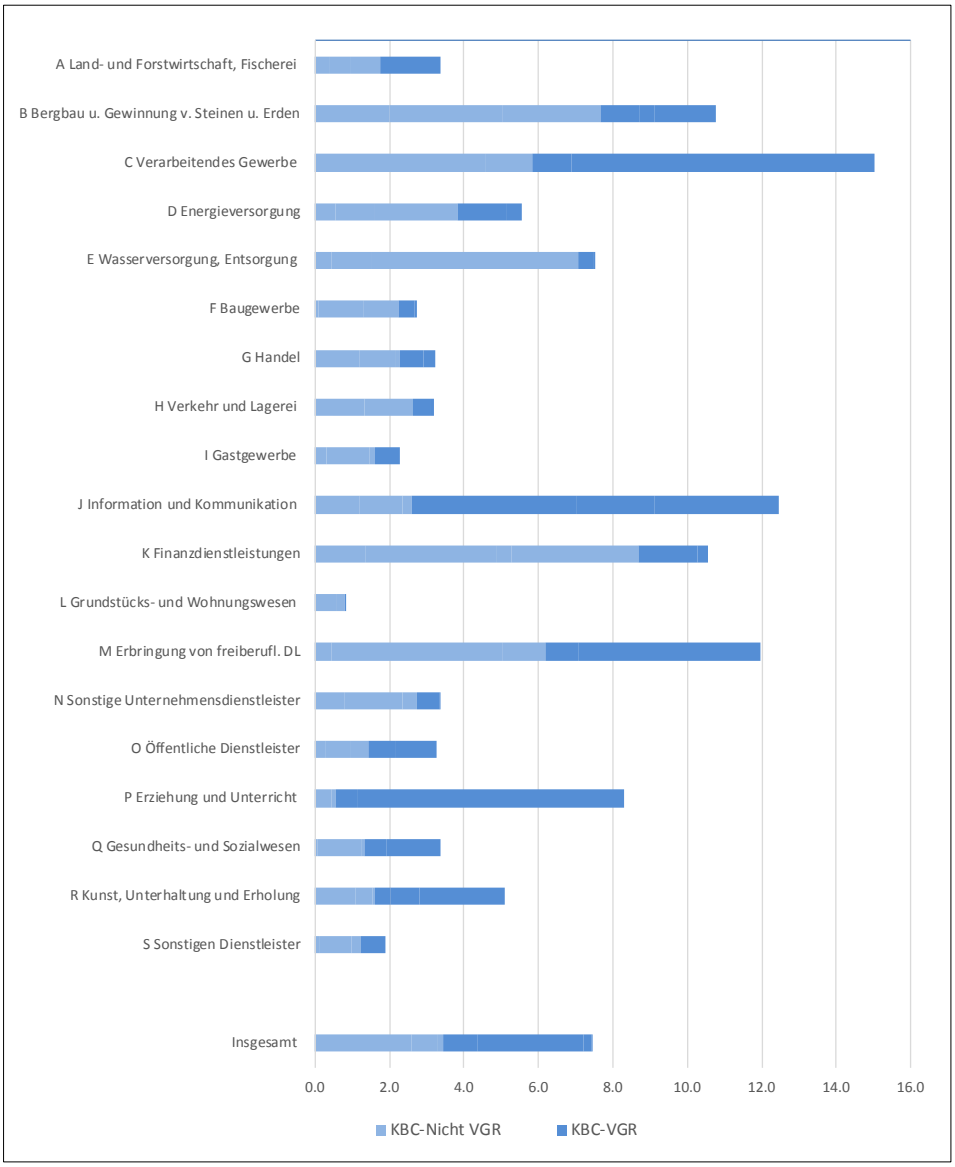
Nicht berücksichtigt ist eine Studie aus Ugur et al. (2016) mit einer Bruttorendite von 130 Prozent und vier Studien aus Hall et al. (2010) mit Bruttorenditen zwischen 110 Prozent und 180 Prozent.
Quelle: Ugur et al. (2016) und Hall et al. (2010); eigene Darstellung.

Abbildung D-2: Isoquantenverläufe für diverse Substitutionselastizitäten



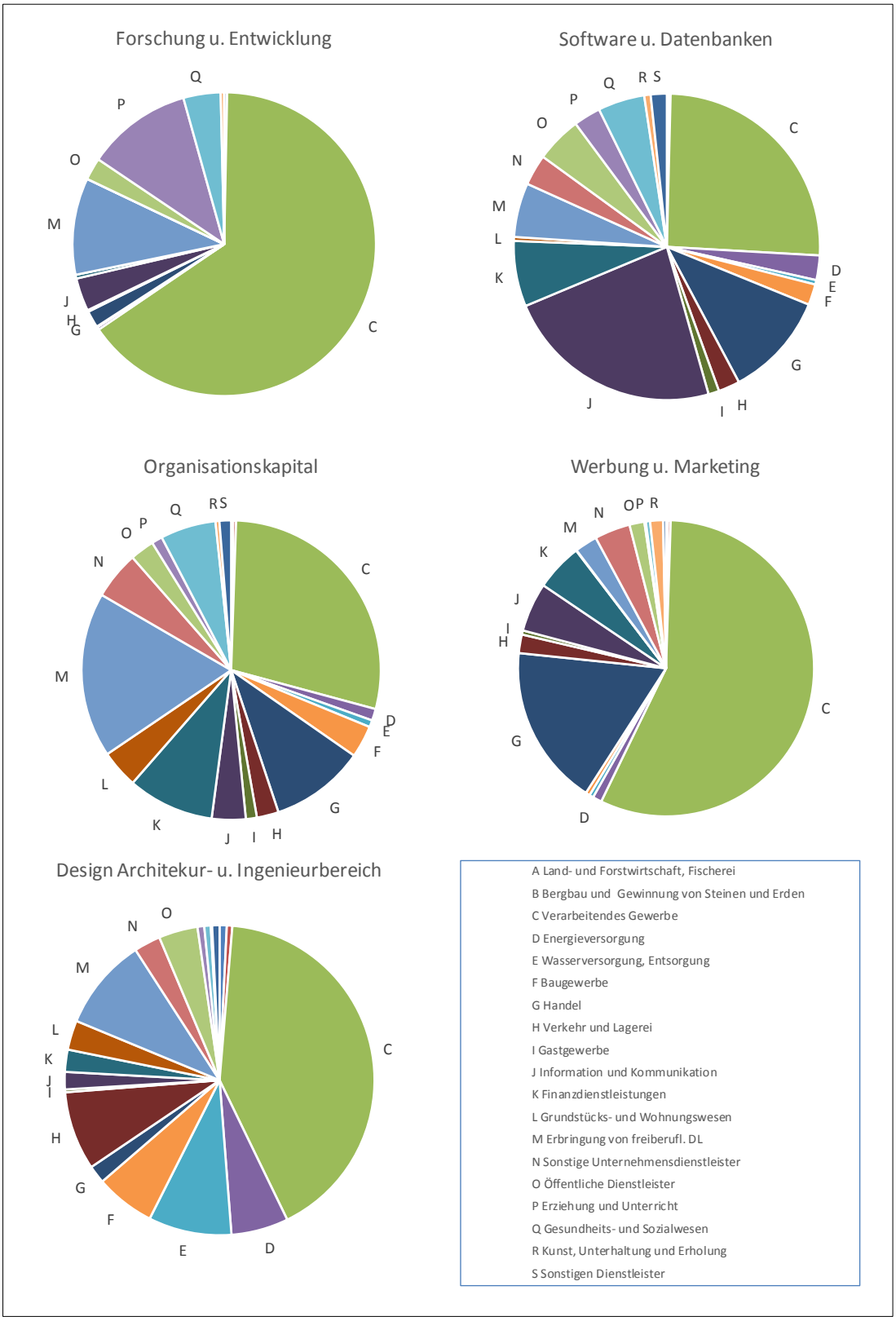
Quelle: Darstellung des DIW Berlin.

Abbildung D-3: Investitionen in Wissenskapital innerhalb und außerhalb der der VGR in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten in Deutschland 2015 (in Prozent)



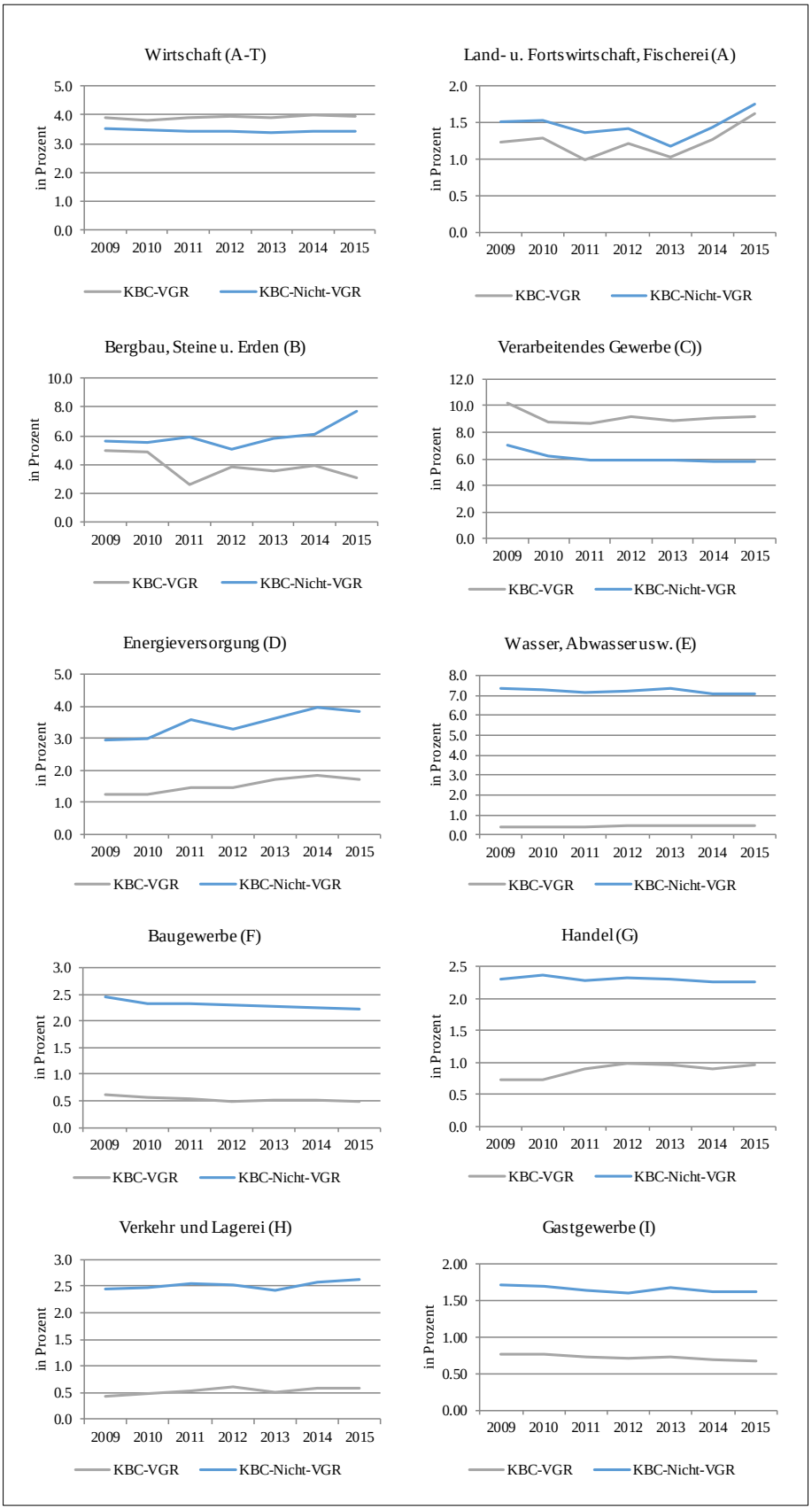
Quelle: DIW Berlin (2017).

Abbildung E-4: Verteilung der Investitionen in ausgewählte Elemente des KBC nach Wirtschaftsabschnitten 2015 (in Prozent)

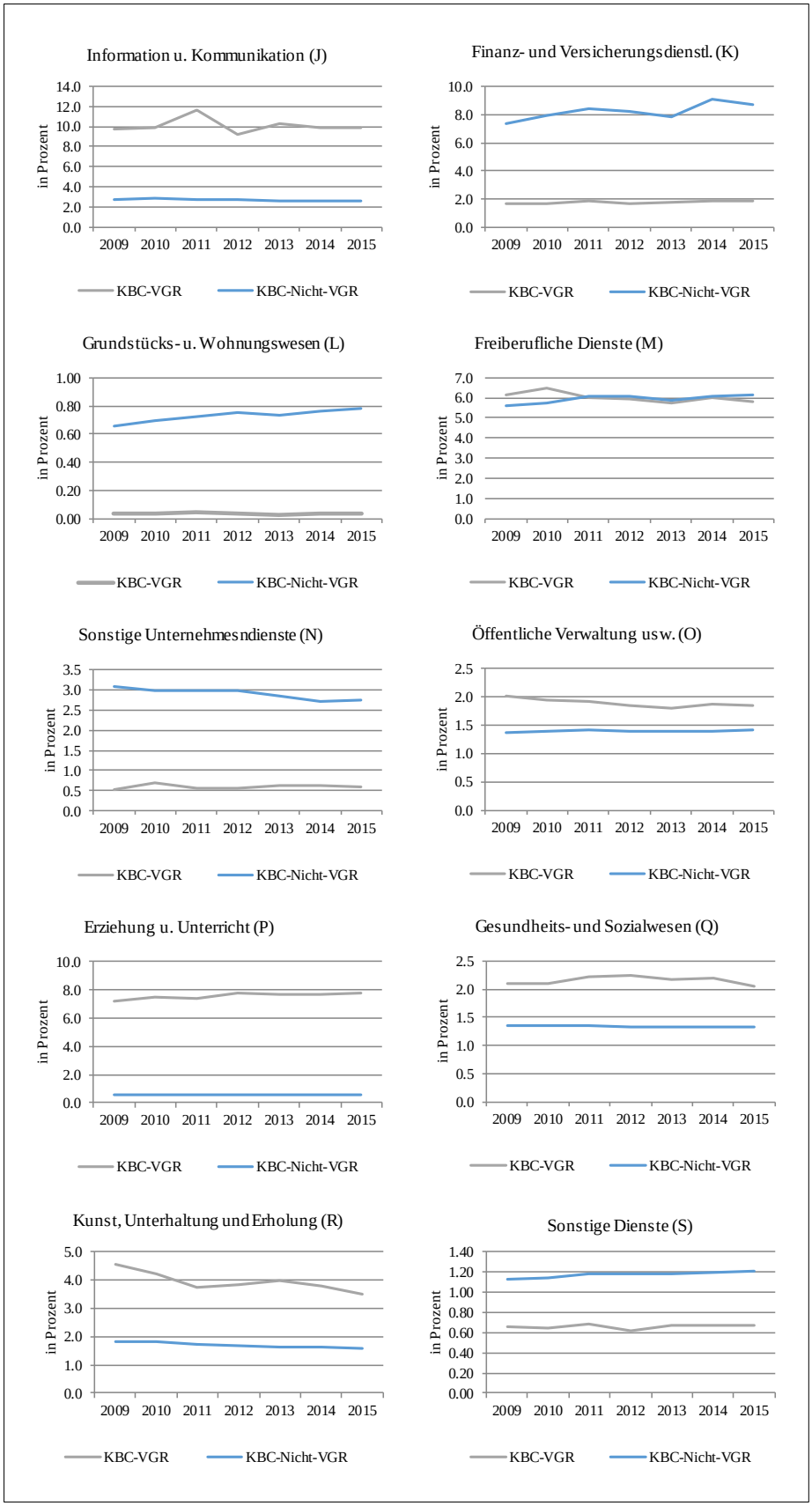


Quelle: DIW Berlin (2017).

Abbildung E-5: Investitionen in KBC in Relation zur Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsabschnitten 2009-2015 (in Prozent)



Fortsetzung nächste Seite



Quelle: Eurostat; DIW Berlin.

E. Tabellen

Tabelle E-1: Anzahl der Beobachtungen je Jahr und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschaftszweige		Jahre					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
Bergbau (B)	B05	10	8	8	8	10	8
	B06	7	7	8	6	6	5
	B08	678	635	606	573	551	555
	B09	12	12	11	11	10	11
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	4.666	4.761	4.705	4.695	4.657	4.721
	C11	644	618	608	598	546	539
	C12	25	24	25	24	24	22
	C13	899	853	813	766	729	740
	C14	586	527	481	446	410	385
	C15	200	187	176	167	163	156
	C16	1.465	1.385	1.325	1.278	1.180	1.201
	C17	880	860	840	834	828	828
	C18	1.806	1.697	1.626	1.596	1.559	1.552
	C19	45	46	47	44	43	44
	C20	1.158	1.155	1.153	1.165	1.179	1.191
	C21	265	267	267	269	260	257
	C22	2.806	2.751	2.720	2.689	2.712	2.763
	C23	2.030	1.896	1.825	1.729	1.686	1.661
	C24	967	939	925	932	925	947
	C25	6.469	6.437	6.348	6.346	6.399	6.653
	C26	1.616	1.607	1.614	1.585	1.578	1.604
	C27	2.007	1.940	1.905	1.881	1.889	1.922
	C28	5.578	5.471	5.354	5.327	5.290	5.409
	C29	1.086	1.079	1.087	1.071	1.068	1.078
	C30	240	225	223	223	218	239
	C31	1.164	1.081	1.029	1.004	985	985
	C32	1.594	1.572	1.546	1.483	1.453	1.472
	C33	1.036	1.100	1.135	1.190	1.247	1.358
Verkehr & Lagerei (H)	H49	10.354	10.781	11.127	11.380	11.694	12.603
	H50	1.435	1.487	1.647	1.702	1.804	1.497
	H51	310	323	328	326	351	276
	H52	5.294	5.354	5.617	5.690	5.969	4.668
	H53	1.431	1.490	1.605	1.688	1.825	1.207
Information & Kommunikat. (J)	J58	1.409	1.379	1.314	1.289	1.273	3.370
	J59	12	12	13	13	14	2.193
	J60	0	0	0	0	0	292
	J61	728	697	714	742	736	861
	J62	7.164	7.483	8.006	8.546	8.999	7.241
	J63	2.374	2.786	3.238	3.523	3.685	2.205
	L68	19.602	20.901	22.538	23.100	22.968	15.106
Freiber., wissen-schftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	9.185	9.849	10.689	11.279	11.852	13.603
	M70	6.924	7.435	8.342	8.915	9.674	6.747
	M71	8.141	8.444	8.921	9.377	9.885	12.273
	M72	1.391	1.428	1.490	1.537	1.648	1.142
	M73	4.263	4.367	4.594	4.734	5.015	4.788
	M74	2.298	2.338	2.332	2.408	2.510	6.911
	M75	0	0	0	0	0	2.884
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	6.090	5.936	5.877	5.739	5.768	4.834
	N78	1.625	1.644	1.686	1.773	1.878	2.564
	N79	2.286	2.310	2.409	2.477	2.562	2.298
	N80	1.119	1.053	1.031	1.018	999	1.388
	N81	3.426	3.635	3.853	4.018	4.216	9.591
	N82	1.996	2.009	2.064	2.082	2.243	6.295
	S95	551	537	524	517	500	3.887
	Sonstige	3.875	3.732	3.655	3.370	3.408	195
	Total	143.222	146.550	152.024	155.183	159.081	169.225

Fortsetzung nächste Seite

Wirtschaftszweige		Jahre					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05	6	6	5	6	6	5
	B06	5	5	5	5	5	5
	B08	535	539	533	526	507	496
	B09	12	14	16	17	16	16
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	4.761	4.789	4.838	4.981	4.893	4.846
	C11	514	504	495	497	480	484
	C12	21	21	22	22	22	22
	C13	706	673	666	681	667	660
	C14	329	301	280	298	275	263
	C15	140	132	131	130	124	119
	C16	1.190	1.135	1.130	1.163	1.147	1.122
	C17	816	801	796	813	794	785
	C18	1.500	1.430	1.384	1.373	1.327	1.259
	C19	42	44	47	50	49	49
	C20	1.185	1.187	1.189	1.261	1.250	1.253
	C21	242	246	250	277	274	271
	C22	2.747	2.693	2.709	2.826	2.826	2.829
	C23	1.623	1.584	1.591	1.629	1.618	1.599
	C24	932	913	924	978	947	921
	C25	6.762	6.653	6.626	7.029	7.076	7.123
	C26	1.600	1.586	1.608	1.741	1.723	1.702
	C27	1.910	1.867	1.882	2.011	1.990	1.977
	C28	5.296	5.186	5.219	5.487	5.445	5.413
	C29	1.078	1.056	1.040	1.056	1.049	1.037
	C30	244	251	252	278	276	271
	C31	974	969	963	995	984	960
	C32	1.428	1.431	1.440	1.482	1.484	1.489
	C33	1.408	1.416	1.444	1.561	1.598	1.576
Verkehr & Lagerei (H)	H49	13.126	13.261	14.111	14.306	14.523	0
	H50	1.692	1.662	1.506	1.498	1.572	0
	H51	291	296	266	280	286	0
	H52	4.828	4.941	4.129	4.170	4.264	0
	H53	1.529	1.709	1.401	1.768	2.086	0
Information & Kommunikat. (J)	J58	2.573	2.605	2.393	2.417	2.478	0
	J59	2.338	2.412	2.331	2.445	2.616	0
	J60	337	286	221	228	230	0
	J61	907	928	888	944	995	0
	J62	7.993	8.704	8.434	9.034	9.500	0
	J63	2.150	2.050	2.401	2.236	2.426	0
	L68	16.893	18.091	18.673	19.103	19.725	0
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	14.706	15.297	17.018	18.016	18.711	0
	M70	7.312	7.614	8.415	8.571	8.754	0
	M71	12.842	13.363	15.042	15.348	15.633	0
	M72	1.192	1.273	1.256	1.299	1.388	0
	M73	5.185	5.496	5.591	5.994	6.166	0
	M74	7.192	7.531	9.054	9.563	10.029	0
	M75	3.158	3.257	3.620	3.783	3.912	0
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	4.918	4.927	3.993	4.089	4.246	0
	N78	2.777	2.896	3.158	3.356	3.392	0
	N79	2.440	2.576	2.681	2.877	3.040	0
	N80	1.482	1.567	1.034	1.207	1.371	0
	N81	10.422	11.027	12.645	13.621	14.267	0
	N82	6.324	6.352	6.759	7.129	7.493	0
	S95	3.773	3.746	2.663	2.737	2.827	0
	Sonstige	8	3	0	3	2	0
	Total	176.394	181.302	187.168	195.195	200.784	38.552

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-2: Investitionen in Ausrüstungen und Bauten; in 1.000 Euro, je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschafts-zweige		Jahre 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05	424.207	462.578	431.831	x	x	x	x
	B06	x	x	x	x	x	x	x
	B08	513.119	448.775	340.199	371.314	359.087	335.100	407.117
	B09	52.943	74.435	34.144	56.689	62.622	64.875	16.347
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	3.227.969	3.314.978	3.346.185	3.617.135	3.806.838	3.881.705	4.192.240
	C11	1.067.051	831.200	844.498	966.961	991.593	967.356	1.196.660
	C12	148.799	227.028	193.739	211.735	191.391	239.200	182.115
	C13	354.848	266.835	253.034	362.119	336.249	322.662	350.374
	C14	138.567	98.989	93.851	110.870	121.889	103.702	86.775
	C15	136.470	102.540	129.090	129.774	99.173	144.521	215.345
	C16	702.845	467.465	505.496	510.328	523.676	512.959	560.753
	C17	1.860.064	1.115.238	1.201.643	1.342.497	1.379.237	1.338.526	1.327.247
	C18	941.526	727.715	694.157	712.667	586.406	562.861	621.554
	C19	1.160.653	992.489	885.205	569.870	763.694	737.437	953.262
	C20	5.434.416	4.834.186	4.335.322	4.880.877	4.763.796	5.361.468	5.169.583
	C21	1.595.621	1.588.675	1.460.120	1.338.437	1.449.268	1.588.714	1.957.464
	C22	2.795.665	2.085.208	2.218.434	2.645.749	2.803.386	2.599.830	2.942.643
	C23	1.958.121	1.584.594	1.494.376	1.708.135	1.763.373	1.724.725	1.718.440
	C24	3.656.661	2.713.378	2.273.265	2.752.706	2.929.786	2.911.876	2.695.519
	C25	4.459.895	2.961.804	2.954.738	3.947.350	4.004.470	3.868.181	4.037.389
	C26	2.980.488	1.775.622	2.844.470	4.175.302	3.316.789	2.537.287	2.179.935
	C27	2.955.378	2.506.918	2.529.888	3.171.324	3.339.589	2.987.715	2.801.320
	C28	8.301.874	5.513.048	4.648.156	5.704.683	6.293.488	6.224.731	6.591.572
	C29	12.170.364	9.275.413	10.442.472	12.459.639	13.602.812	13.811.644	13.599.392
	C30	854.178	767.582	671.307	786.155	898.977	1.037.993	1.023.265
	C31	442.115	350.896	383.084	500.379	516.140	447.269	356.350
	C32	964.662	800.504	913.543	1.022.872	1.031.555	1.125.507	1.231.302
	C33	525.415	494.658	417.472	534.223	439.292	437.094	473.774
Verkehr & Lagerei (H)	H49	6.816.260	7.480.604	8.888.596	8.351.997	6.924.882	7.081.474	
	H50	2.905.950	1.198.137	1.661.177	1.582.642	1.377.579	1.665.630	
	H51	1.186.446	1.167.573	1.646.795	1.622.254	1.671.578	1.457.954	
	H52	9.509.064	9.240.929	9.343.181	9.989.842	9.350.551	9.191.367	
	H53	339.158	415.691	545.506	502.876	512.063	664.729	
Information & Kommunikat. (J)	J58	718.634	501.479	569.127	506.987	490.991	497.129	
	J59	327.883	235.284	327.404	298.449	243.086	236.683	
	J60	310.442	351.733	318.018	328.870	366.828	305.698	
	J61	5.723.653	5.367.284	4.745.540	5.994.692	4.579.903	4.940.875	
	J62	2.218.678	2.792.356	3.146.616	3.025.496	2.865.076	3.229.588	
	J63	924.003	448.767	390.083	505.045	473.883	408.178	
	L68	44.165.622	32.433.378	27.699.638	23.242.515	21.295.665	23.500.735	
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	1.006.123	830.979	787.876	850.942	786.822	727.240	
	M70	3.092.110	1.866.109	2.022.891	2.499.793	2.412.558	2.637.555	
	M71	1.471.065	1.385.804	1.399.139	1.473.906	1.396.832	1.496.376	
	M72	1.210.200	1.463.393	1.484.479	1.853.386	1.592.522	1.542.598	
	M73	518.626	352.076	389.340	427.962	386.983	347.573	
	M74	367.784	317.397	369.586	358.043	486.245	402.380	
	M75	120.494	112.509	100.089	88.619	91.197	91.835	
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	10.814.552	7.823.052	6.277.124	7.617.941	7.797.957	7.355.814	
	N78	157.211	156.497	275.200	516.503	230.867	200.356	
	N79	193.786	229.189	183.907	214.356	222.607	145.199	
	N80	73.023	77.408	73.210	68.250	74.025	91.220	
	N81	918.336	890.852	949.876	1.040.239	1.025.226	1.137.408	
	N82	1.065.068	1.259.518	1.514.590	1.147.751	1.163.757	1.261.567	
	S95	72.228	65.409	67.285	92.151	55.066	59.757	
Summe		156.050.314	124.846.158	121.715.993	128.791.293	124.249.321	126.551.858	56.887.739

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-3: Investitionen in Software; in 1.000 Euro, je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschafts-zweige		Jahre						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05		6.772	x	x	x	x	x
	B06		x	x	x	x	x	x
	B08		2.340	2.030	3.220	2.455	2.464	2.230
	B09		268	799	311	720	3.302	3.468
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10		57.758	55.180	60.763	77.639	58.486	84.179
	C11		16.007	11.687	13.253	12.271	13.636	14.154
	C12		9.487	3.141	10.076	4.907	7.665	10.330
	C13		8.294	8.143	10.791	8.786	12.329	12.686
	C14		8.381	13.689	18.326	21.679	18.328	24.384
	C15		15.709	17.481	20.588	22.964	34.123	16.536
	C16		8.141	10.924	8.806	12.131	14.849	13.544
	C17		20.753	21.223	24.188	33.971	34.407	41.485
	C18		19.786	21.787	25.502	26.833	22.981	27.602
	C19		33.057	32.157	19.181	20.386	19.570	12.000
	C20		108.451	174.365	180.341	91.921	146.597	225.785
	C21		71.652	61.606	48.123	60.702	85.372	76.720
	C22		63.089	40.587	57.967	76.391	71.580	82.679
	C23		26.795	28.348	26.507	26.380	34.475	39.886
	C24		43.023	33.364	41.265	61.714	48.175	36.100
	C25		79.775	90.405	95.235	100.933	105.156	108.620
	C26		91.289	149.639	151.833	158.218	121.629	119.606
	C27		75.468	90.925	129.466	142.238	183.487	138.948
	C28		216.887	249.726	294.042	322.695	359.307	377.127
	C29		197.189	221.551	287.391	359.408	262.161	307.536
	C30		23.513	23.579	34.856	32.095	39.204	26.061
	C31		17.292	16.361	19.366	21.398	25.746	23.441
	C32		46.770	39.455	40.567	46.480	71.011	75.136
	C33		17.922	12.742	26.601	16.865	18.437	17.578
Verkehr & Lagerei (H)	H49	39.079	34.798	58.388	54.816	76.168	41.207	
	H50	8.857	3.879	5.741	6.415	7.009	7.317	
	H51	12.882	14.913	16.698	17.887	26.309	9.733	
	H52	153.570	141.882	121.326	173.999	155.764	155.794	
	H53	29.535	24.197	28.718	35.140	54.955	30.675	
Information & Kommunikat. (J)	J58	99.859	117.830	100.311	84.174	104.737	99.560	
	J59	12.374	12.073	8.486	17.794	13.976	23.786	
	J60	36.100	71.975	39.240	39.827	48.189	35.458	
	J61	850.212	1.019.463	506.258	3.007.406	380.119	1.059.628	
	J62	1.089.080	510.928	736.789	891.849	858.888	1.371.657	
	J63	112.535	197.448	96.110	157.793	149.330	158.140	
	L68	77.724	69.759	62.571	78.715	84.065	58.298	
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	40.349	42.449	33.714	29.007	35.557	31.425	
	M70	220.868	201.886	285.588	290.089	222.868	279.551	
	M71	119.233	107.929	103.072	110.317	123.555	117.796	
	M72	45.745	43.280	43.765	42.035	47.703	43.108	
	M73	52.852	29.608	31.571	38.127	31.881	35.387	
	M74	26.000	12.404	16.565	21.785	33.507	29.426	
	M75	706	685	625	929	553	619	
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	53.689	56.917	76.038	68.689	38.284	44.656	
	N78	14.751	10.171	9.866	45.638	20.217	154.587	
	N79	18.636	18.893	23.269	31.285	28.165	50.462	
	N80	2.724	3.541	1.839	2.314	1.489	2.261	
	N81	15.719	7.758	10.328	9.986	12.491	9.295	
	N82	151.599	145.101	266.209	141.397	166.649	135.444	
	S95	1.850	2.074	1.123	845	1.101	1.682	
Summe		3.286.526	4.187.709	4.115.103	7.046.824	4.485.713	5.801.428	1.917.819

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-4: Investitionen in Lizenzen & Patente usw.; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschafts-zweige		Jahre 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05		47	x	x	x	x	x
	B06		x	x	x	x	x	x
	B08		1.231	1.734	2.419	3.952	930	x
	B09		x	3	x	x	x	x
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10		32.954	145.084	154.550	37.848	34.411	36.310
	C11		25.236	36.145	29.714	71.738	35.077	24.816
	C12		83	13	12	11	687	1.114
	C13		2.020	3.394	6.842	7.895	2.513	4.416
	C14		8.404	5.250	11.738	12.479	8.719	10.691
	C15		1.777	660	1.101	1.435	3.305	1.253
	C16		1.194	2.268	6.970	8.123	10.595	9.032
	C17		13.889	10.638	9.214	8.578	6.301	12.803
	C18		10.126	3.606	8.062	4.639	5.751	3.839
	C19		16.135	2.532	6.678	8.462	87.830	11.372
	C20		951.602	242.582	206.008	255.068	282.862	309.458
	C21		626.586	251.270	116.587	514.170	227.932	110.320
	C22		28.831	35.231	49.621	39.119	41.017	47.256
	C23		7.784	8.824	10.756	29.784	9.919	13.675
	C24		21.916	101.893	7.934	9.771	63.610	20.195
	C25		45.191	57.109	55.462	80.461	71.044	46.677
	C26		35.446	90.519	74.092	101.612	120.625	190.978
	C27		94.955	42.363	71.699	60.529	91.179	93.293
	C28		194.860	320.720	186.305	271.901	424.509	329.155
	C29		471.431	493.225	321.854	680.489	1.014.754	779.614
	C30		6.092	61.538	7.807	17.577	46.176	116.024
	C31		2.426	6.454	6.185	9.951	5.553	5.225
	C32		22.379	47.175	54.471	31.444	42.204	57.194
	C33		8.838	21.756	18.575	12.140	8.881	7.695
Verkehr & Lagerei (H)	H49	197.785	65.165	131.687	122.646	28.004	225.560	
	H50	3.809	9.687	2.085	587	5.137	341	
	H51	7.497	113.124	8.422	26.256	11.641	31.310	
	H52	62.310	59.687	97.621	64.397	98.281	42.623	
	H53	9.846	8.342	16.887	27.474	16.400	9.446	
Information & Kommunikat. (J)	J58	138.531	371.995	131.436	148.910	135.974	104.537	
	J59	68.476	38.358	147.542	197.886	191.209	226.511	
	J60	441.567	725.786	776.736	801.307	273.571	321.148	
	J61	1.118.821	1.723.530	3.921.338	814.682	2.118.561	398.977	
	J62	489.101	562.133	321.460	330.025	273.189	276.569	
	J63	280.377	56.844	53.526	86.547	125.395	88.148	
	L68	131.758	839.623	54.580	61.239	90.882	55.242	
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	123.463	118.387	107.419	123.904	105.003	60.990	
	M70	158.900	167.028	438.650	251.342	230.130	208.860	
	M71	153.218	40.483	43.052	49.913	92.190	39.406	
	M72	101.856	57.194	43.563	21.597	30.759	32.880	
	M73	105.202	44.120	21.532	60.677	24.680	29.140	
	M74	6.059	13.450	9.348	8.795	6.523	30.076	
	M75	3.048	3.159	2.168	1.346	664	1.161	
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	157.303	302.937	372.678	42.957	99.159	45.129	
	N78	12.615	4.768	145.268	9.619	259.280	11.528	
	N79	17.085	21.633	15.566	13.983	21.025	51.025	
	N80	9.209	5.013	3.927	2.331	3.175	4.810	
	N81	4.660	15.992	23.719	10.584	5.960	8.043	
	N82	74.685	83.268	79.645	57.296	68.279	60.629	
	S95	476	1.512	254	1.653	303	455	
Summe		3.877.657	8.084.648	8.962.099	4.762.608	6.594.550	5.010.926	2.242.403

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-5: Investitionen in Forschung und Entwicklung; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschafts-zweige		Jahre 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05	x	x	x	x	0	x	x
	B06	x	x	x	x	x	x	x
	B08	13.580	13.980	0	0	0	0	x
	B09	60	60	50	60	2.538	1.659	1.704
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	213.775	215.763	228.298	254.423	262.645	283.558	262.383
	C11	6.159	4.556	5.244	3.588	12.211	12.892	15.830
	C12	62.330	68.598	28.226	20.689	22.233	23.742	23.742
	C13	73.349	61.526	66.061	72.033	82.227	81.731	84.979
	C14	24.685	16.495	24.748	30.366	33.662	31.366	24.722
	C15	12.802	11.338	10.822	12.581	15.650	14.354	10.365
	C16	34.516	32.273	32.086	30.778	22.379	23.150	25.895
	C17	85.671	83.042	85.473	96.094	94.933	96.399	103.283
	C18	48.398	128.493	158.884	72.398	36.345	42.260	44.214
	C19	24.751	25.722	29.798	29.507	29.128	34.977	33.674
	C20	3.789.779	3.774.480	3.805.516	4.103.001	4.206.715	4.339.377	4.179.126
	C21	3.153.883	3.063.887	3.402.140	3.334.273	3.501.670	2.921.727	2.797.426
	C22	876.106	824.562	883.430	930.960	933.273	909.435	1.025.285
	C23	280.891	274.317	256.419	287.628	325.751	335.451	275.966
	C24	421.867	366.795	358.655	300.708	325.653	339.652	360.329
	C25	789.695	735.606	821.519	886.343	941.173	994.397	990.036
	C26	4.433.342	3.932.367	3.928.770	4.354.326	4.521.326	4.564.151	4.970.813
	C27	5.340.290	5.080.715	5.033.755	5.700.596	5.972.028	6.059.954	6.099.196
	C28	8.094.235	7.675.984	8.022.820	8.529.413	9.451.673	9.698.129	10.475.063
	C29	16.876.258	15.198.620	15.895.678	17.939.657	19.910.579	22.193.390	23.502.619
	C30	2.247.013	2.328.747	2.313.143	2.675.777	2.650.461	2.620.941	2.593.811
	C31	190.701	186.492	173.981	192.004	226.068	246.618	305.341
	C32	693.551	648.759	827.124	944.983	1.016.465	1.001.509	1.088.459
	C33	1.116.033	564.482	519.536	445.930	173.635	291.695	264.989
Verkehr & Lagerei (H)	H49		10.258		9.998		5.578	
	H50		669		563		273	
	H51		1.231		1.150		619	
	H52		14.109		12.622		6.580	
	H53		4.562		4.124		2.323	
Information & Kommunikat. (J)	J58		106.357		61.618		13.853	
	J59		32.460		18.917		4.129	
	J60		38.430		23.172		5.643	
	J61		61.897		32.138		7.094	
	J62		1.854.445		3.211.278		1.472.334	
	J63		42.047		22.591		4.961	
	L68		0		0		0	
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69		95.013		142.078		46.168	
	M70		356.759		476.736		514.431	
	M71		1.363.351		985.585		870.292	
	M72		7.107.091		6.300.690		4.991.776	
	M73		28.604		42.226		13.614	
	M74		10.870		17.878		6.132	
	M75		5.130		8.352		2.789	
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77		5.889		13.219		10.677	
	N78		47.469		166.438		112.251	
	N79		5.923		14.035		11.199	
	N80		10.583		25.829		20.243	
	N81		45.536		116.962		94.353	
	N82		20.106		51.811		42.782	
	S95		11.359		9.823		17.703	
Summe		48.903.717	56.597.806	46.912.178	63.017.947	54.770.421	65.440.313	59.559.250

Die Investitionen in FuE in den Dienstleistungssektoren werden mittels der FuE-Beschäftigten und deren Löhne approximiert. Die Daten zu FuE Personal werden im LIAB nur alle zwei Jahre erhoben.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-6: Investitionen in Organisationskapital; in 1.000 Euro je Jahre und zweistelligem Wirtschaftszweig

Wirtschafts-zweige		Jahre 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bergbau (B)	B05	11.438	12.055	15.876	32.133	41.092	37.752	40.552
	B06	1.172	1.114	1.665	3.644	5.043	5.273	5.664
	B08	15.355	14.664	20.746	45.801	64.714	66.517	71.450
	B09	5.717	6.351	9.423	20.999	29.885	27.243	29.263
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	99.645	96.689	84.240	172.902	262.654	270.987	236.282
	C11	11.836	20.139	20.885	61.586	56.801	55.130	57.248
	C12	1.719	2.957	3.153	9.347	8.891	8.128	8.440
	C13	30.181	33.586	39.325	58.146	63.732	55.685	64.518
	C14	15.564	2.750	3.824	8.628	16.551	11.564	24.285
	C15	6.341	1.001	1.501	3.451	6.833	5.183	10.884
	C16	85.244	88.082	68.930	57.302	133.779	143.696	149.211
	C17	74.847	28.473	32.655	83.655	65.909	76.909	90.593
	C18	43.010	67.850	59.891	103.936	106.013	106.749	77.792
	C19	115.265	20.466	15.125	27.487	34.946	29.424	40.091
	C20	95.458	221.858	166.614	316.610	399.350	373.265	508.573
	C21	19.808	43.358	32.518	51.003	75.310	112.686	68.900
	C22	101.158	83.286	82.922	161.821	211.656	180.523	218.574
	C23	68.282	71.953	62.871	101.027	123.371	186.570	150.363
	C24	120.909	131.221	132.568	189.256	339.454	323.088	245.640
	C25	224.056	203.584	205.320	391.528	489.864	461.320	492.807
	C26	138.207	196.883	121.905	315.794	497.696	426.516	427.987
	C27	336.501	152.710	197.200	313.823	311.019	305.282	375.379
	C28	296.685	299.794	278.349	632.627	878.080	1.030.064	1.003.761
	C29	270.378	337.575	323.615	598.984	615.332	988.322	931.211
	C30	117.827	33.531	38.715	71.386	105.861	138.038	91.565
	C31	79.745	119.180	93.676	83.016	93.710	81.121	94.383
	C32	101.147	48.561	60.733	128.878	161.825	120.336	123.681
	C33	195.986	42.400	45.534	59.468	83.802	72.331	92.217
Verkehr & Lagerei (H)	H49	91.593	89.574	97.567	166.244	215.909	198.015	179.377
	H50	5.135	4.704	5.612	8.564	12.302	10.949	13.980
	H51	10.621	8.658	10.769	17.500	26.703	24.824	31.697
	H52	153.880	230.543	223.534	443.400	449.381	498.684	464.632
	H53	11.399	6.340	7.693	17.594	29.201	29.653	31.730
Information & Kommunikat. (J)	J58	31.837	68.537	66.212	147.463	212.829	237.336	189.347
	J59	20.475	8.446	16.858	12.316	22.559	30.178	14.392
	J60	x	9.999	20.369	15.086	28.039	41.244	19.670
	J61	30.025	16.105	29.264	20.923	38.844	51.844	24.725
	J62	356.624	482.200	431.874	493.955	549.357	475.275	548.101
	J63	x	25.399	15.050	36.619	28.423	25.050	51.828
	L68	246.349	147.632	135.185	251.095	227.750	284.202	282.795
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	231.286	83.554	95.860	71.814	76.819	71.555	84.497
	M70	309.882	178.580	238.176	340.869	578.527	610.006	603.431
	M71	261.573	561.274	570.175	595.947	763.966	680.371	685.330
	M72	283.275	210.544	228.001	257.684	386.679	225.216	294.175
	M73	x	49.238	50.606	75.770	117.297	125.136	134.765
	M74	x	12.252	27.820	42.360	57.574	60.489	54.238
	M75	x	215	2.911	2.699	2.339	1.641	1.165
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	36.555	31.940	20.447	38.474	60.477	66.653	31.749
	N78	x	57.004	67.855	49.156	73.399	111.754	140.324
	N79	80.856	37.533	52.868	48.556	58.854	71.609	72.607
	N80	0	21.667	28.724	27.172	51.359	61.241	67.705
	N81	287.783	286.312	286.562	196.935	272.378	241.840	216.687
	N82	181.616	32.025	56.309	85.196	118.366	153.406	132.845
	S95	x	26.497	10.659	12.108	13.968	9.194	11.181
Summe		5.314.245	5.068.842	5.016.738	7.579.737	9.756.472	10.097.066	10.114.287

Quellen: LIAB; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-7: durchschnittlicher Anteil der KMU am Investitionsvolumen je Wirtschaftszweig, 2009-2013

Wirtschafts-zweige		Anteil der KMUs am Investitionsvolumen in			
		FuE	Software	Lizenzen& Patente	Organisa-tionskapital
Bergbau (B)	B05	x	x	x	35%
	B06	x	x	x	35%
	B08	19%	53%	x	35%
	B09	x	x	x	35%
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	17%	30%	22%	62%
	C11	48%		35%	85%
	C12	1%	4%	22%	85%
	C13	47%	57%	74%	85%
	C14	58%	27%	43%	60%
	C15	33%	5%	50%	60%
	C16	27%	52%	33%	65%
	C17	19%	34%	43%	72%
	C18	7%	63%	61%	82%
	C19	31%	4%	8%	24%
	C20	6%	11%	8%	24%
	C21	2%	7%	7%	24%
	C22	7%	36%	30%	62%
	C23	22%	34%	43%	67%
	C24	6%	25%	10%	31%
	C25	13%	45%	33%	66%
	C26	12%	23%	23%	39%
	C27	4%	20%	23%	39%
	C28	5%	23%	18%	47%
	C29	0%	3%	4%	9%
	C30	1%	7%	22%	15%
	C31	8%	35%	40%	88%
	C32	13%	29%	22%	65%
	C33	11%	40%	29%	92%
Verkehr & Lagerei (H)	H49	x	39%	67%	62%
	H50	x	51%	86%	62%
	H51	x	4%	1%	62%
	H52	x	24%	32%	63%
	H53	x	8%	30%	63%
Information & Kommunik. (J)	J58	x	54%	45%	72%
	J59	x	52%	98%	37%
	J60	x	8%	37%	37%
	J61	x	4%	13%	37%
	J62	x	43%	33%	78%
	J63	x	69%	71%	89%
	L68	x	75%	80%	77%
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	x	61%	87%	98%
	M70	x	64%	71%	59%
	M71	x	72%	73%	81%
	M72	x	41%	85%	71%
	M73	x	82%	78%	95%
	M74	x	63%	88%	95%
	M75	x	x	x	95%
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	x	80%	62%	85%
	N78	x	18%	13%	80%
	N79	x	40%	52%	88%
	N80	x	43%	50%	90%
	N81	x	42%	46%	91%
	N82	x	52%	63%	79%
	S95	x	81%	95%	21%

Quellen: LIAB, AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-8: durchschnittlicher Anteil investierender Unternehmen an allen Unternehmen nach einstelligen Wirtschaftszweigen, 2009 bis 2013

	Bergbau (B)	Verarbeitendes Gewerbe (C')	Verkehr & Lagerei (H)	Information Kommunikation (J)	Grundstücks-& Wohnungswesen (L)	Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	Sonstige wirtschaftl. Dienstleistungen (N)	Reparatur DV-Geräte & Gebrauchsgüter (S95)
FuE	16%	34%	2%	28%	-	13%	4%	3%
Software	22%	37%	10%	24%	6%	14%	9%	4%
Lizenzen & Patente	8%	10%	3%	8%	2%	4%	3%	1%
Organisations-kapital	51&	51%	28%	51%	31%	35%	40%	38%

Quellen: LIAB, AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-9: durchschnittlichen Arbeitsproduktivität zwischen investierenden und nicht-investierenden Unternehmen, 2009-2013

	nicht-investierende Unternehmen	investierende Unternehmen	relativer Unterschied	absolute Unterschied
Bergbau (B)	69.194	70.468	2%	1.274
Verarbeitendes Gewerbe (C)	50.158	87.629	43%	37.472
Verkehr & Lagerei (H)	39.452	53.513	26%	14.061
Information & Kommunikation (J)	64.969	109.691	41%	44.722
Grundstücks-& Wohnungswesen (L)	123.779	175.307	29%	51.528
Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	48.937	62.311	21%	13.374
Sonstige wirtschaftl. Dienstleistungen (N)	25.160	39.123	36%	13.963
Reparatur DV-Geräte & Gebrauchsgüter (S95)	32.059	44.612	28%	12.552

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-10: Produktionselastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013, ACF mit erster Stufe nach De Loecker und Warzynski (2012)

Wirtschaftszweige		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)	B08	0,008	0,056	0,006	0,008	0,006	0,796**	533
	B09	1,236***	-0,032	-0,024	0,03	0,084**	-0,133	58
Verarbeitendes Gewerbe (C)	C10	0,57***	0,461***	0,015***	0,009	0,011**	0,058***	8.537
	C11	0,566***	0,462***	0,021	-0,006	0,012	0,056*	1.064
	C13	0,828***	0,244***	0,014*	-0,007	0,009	0,012	1.564
	C14	0,706***	0,311*	0,010	0,037	-0,01	0,029	914
	C15	0,650***	0,633**	0,006	-0,011	0,000	-0,001	423
	C16	0,821***	0,246***	-0,001	-0,006	-0,002	0,013*	1.679
	C17	0,340	0,309***	0,001	0,002	0,001	0,351	1.885
	C18	0,821***	0,190***	0,020*	0,014*	0,005	0,018	1.369
	C20	0,624***	0,402***	0,017***	0,001	0,002	0,018	3.882
	C21	0,729***	0,299***	0,021***	-0,046***	0,019***	0,149	847
	C22	0,710***	0,327***	0,016***	-0,008	-0,008***	0,027***	3.722
	C23	0,648***	0,297***	0,020**	0,014	0,003	0,050**	3.295
	C24	0,757***	0,324***	0,012*	-0,025	0,011	0,028*	2.988
	C25	0,778***	0,244***	0,010***	0,002	-0,001	0,028***	8.632
	C26	0,843***	0,137***	0,030***	0,011**	-0,003	0,027***	3.212
	C27	0,779***	0,202***	0,021***	0,008**	-0,003	0,022*	4.230
	C28	0,860***	0,185***	0,016***	-0,007***	0,007***	0,012***	9.480
	C29	0,505***	0,445***	0,030***	-0,060*	0,015*	0,061***	2.602
	C30	0,892***	0,262	0,028	-0,054	-0,004	0,038	956
	C31	0,568***	0,167***	0,006	-0,004	0,002	0,295***	1.478
	C32	0,722***	0,326***	0,026***	-0,005	0,003	0,017***	2.506
	C33	0,970***	0,125***	0,017***	-0,002	0,004	0,022***	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,573***	0,388***	0,002	0,035***	0,006***	0,028***	86.446
	H50	0,239***	0,367***	-0,068	0,104***	-0,004	0,012	10.542
	H51	0,955***	0,336***	-0,070**	-0,010	-0,011	-0,019	2.147
	H52	0,569***	0,214***	0,012***	0,044***	0,016***	0,042***	35.454
	H53	0,546***	0,259***	0,009	0,109***	0,047***	0,004	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,555***	0,519***	0,000	-0,026***	0,005	0,042***	12.709
	J59	0,442***	0,309***	-0,012	0,055***	0,063***	0,092***	8.322
	J60	0,359	-1,229	1,304	-0,544	0,394	1,261	1.020
	J61	0,407***	0,396***	-0,015	0,062***	0,039***	0,073***	5.479
	J62	0,807***	0,176***	0,001***	0,025***	0,006***	0,038***	56.293
	J63	0,695***	0,123***	0,002	0,074***	0,025***	0,038***	15.865
	L68	0,250***	0,394***		0,138***	0,056***	0,018***	100.367
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,859***	0,266***	-0,006*	0,034***	0,008***	0,007***	93.491
	M70	0,527***	0,150***	0,098***	0,034***	0,032***	0,02***	50.327
	M71	0,679***	0,213***	0,031***	0,039***	0,017***	0,02***	78.710
	M72	0,735***	0,098***		0,042***	0,019***	0,055***	9.698
	M73	0,534***	0,246***	0,065***	0,044***	0,028***	0,035***	33.510
	M74	0,607***	0,236***	0,018***	0,071***	0,018***	0,028***	35.507
	M75	0,705***	0,258***	0,003	0,033***	0,008	-0,005	12.874
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,260***	0,459***	0,047***	0,103***	0,042***	0,027***	31.467
	N78	0,725***	0,140***	0,013**	0,010***	0,003	0,032***	17.555
	N79	0,714***	0,109***	0,025***	0,045***	0,023***	0,067***	16.744
	N80	0,546***	0,264***	-0,004	0,040***	0,015**	0,096***	7.724
	N81	0,598***	0,221***	0,013***	0,035***	0,013***	0,025***	53.456
	N82	0,577***	0,216***	0,012***	0,063***	0,024***	0,057***	29.543
	S95	0,857***	0,196***	0,040***	0,028***	0,010***	0,000	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-11: Elastizitäten für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013, ACF mit erster Stufe nach De Loecker und Warzynski (2012)

Wirtschaftszweige		Inputs in Produktionsfunktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisationskapital (O)	N
Bergbau (B)‡	B08	0,455*	0,115	0,023***	0,002	-0,002	0,371***	533
	B09	1,157***	-0,012	-0,010	0,015	0,050	-0,041	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,601***	0,437***	0,016***	0,011***	0,008***	0,002***	8.537
	C11	0,605***	0,443***	0,020***	0,009***	0,007***	-0,007**	1.064
	C13	0,828***	0,232***	0,012***	0,012***	0,004**	0,010***	1.564
	C14	0,754***	0,328	0,009***	0,017***	0,020***	0,004	914
	C15	0,657***	0,616*	0,016***	0,003	0,002	-0,014***	423
	C16	0,818***	0,241***	0,003**	0,008***	-0,007***	0,002	1.679
	C17	0,558***	0,377***	0,005***	0,005***	0,000	0,117***	1.885
	C18	0,834***	0,195***	0,008***	0,014***	-0,001	-0,004***	1.369
	C20	0,628***	0,396***	0,009***	0,008***	0,000	0,030***	3.882
	C21	0,826***	0,250**	0,014***	-0,011***	0,014***	0,057***	847
	C22	0,726***	0,304***	0,014***	0,010***	-0,001***	0,004***	3.722
	C23	0,653***	0,269***	0,015***	0,010***	0,006***	0,017***	3.295
	C24	0,765***	0,291***	0,003***	0,003***	0,005***	-0,001	2.988
	C25	0,790***	0,233***	0,010***	0,008***	0,002***	0,005***	8.632
	C26	0,851***	0,119***	0,026***	0,019***	0,000	0,035***	3.212
	C27	0,803***	0,185***	0,019***	0,015***	0,001	0,024***	4.230
	C28	0,863***	0,177***	0,012***	0,008***	0,006***	0,015***	9.480
	C29	0,540***	0,307***	0,026***	0,019***	0,012***	0,036***	2.602
	C30	0,916***	0,232	0,007***	-0,004*	0,002	0,001	956
	C31	0,659***	0,116*	0,007***	0,004***	0,001	0,277***	1.478
	C32	0,735***	0,302***	0,022***	0,011***	0,004***	0,004***	2.506
	C33	0,981***	0,118***	0,010***	0,008***	0,001	0,001*	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,577***	0,390***	0,005***	0,032***	0,003***	0,019***	86.446
	H50	0,241***	0,346***	-0,004	0,042***	-0,002	0,055***	10.542
	H51	0,950***	0,337***	-0,024***	0,001	-0,028***	-0,007**	2.147
	H52	0,581***	0,209***	0,011***	0,041***	0,016***	0,037***	35.454
	H53	0,549***	0,256***	-0,015***	0,094***	0,033***	-0,025***	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,554***	0,508***	0,006***	0,001	0,018***	0,004***	12.709
	J59	0,468***	0,277***	0,004*	0,048***	0,051***	0,05***	8.322
	J60	0,645	-1,74	0,033*	0,333***	0,155***	0,263***	1.020
	J61	0,433***	0,381***	0,007***	0,054***	0,029***	0,062***	5.479
	J62	0,822***	0,170***	0,008***	0,025***	0,004***	0,028***	56.293
	J63	0,701***	0,115***	0,005***	0,066***	0,025***	0,042***	15.865
	L68	0,247***	0,389***		0,107***	0,049***	0,007***	100.367
Freiber., wissenschftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,862***	0,265***	-0,005***	0,026***	0,004***	0,002***	93.491
	M70	0,551***	0,192***	0,050***	0,042***	0,022***	0,025***	50.327
	M71	0,695***	0,225***	0,026***	0,034***	0,013***	0,015***	78.710
	M72	0,750***	0,084***		0,041***	0,016***	0,044***	9.698
	M73	0,531***	0,247***	0,055***	0,039***	0,017***	0,017***	33.510
	M74	0,612***	0,233***	0,016***	0,062***	0,012***	0,022***	35.507
	M75	0,703***	0,260***	0,026***	0,022***	0,001	0,016***	12.874
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,272***	0,447***	0,038***	0,091***	0,041***	0,023***	31.467
	N78	0,732***	0,136***	0,014***	0,012***	0,007***	0,021***	17.555
	N79	0,726***	0,106***	0,020***	0,044***	0,022***	0,064***	16.744
	N80	0,561***	0,248***	0,006*	0,037***	0,011***	0,068***	7.724
	N81	0,598***	0,21***	0,010***	0,028***	0,010***	0,013***	53.456
	N82	0,591***	0,209***	0,009***	0,054***	0,022***	0,036***	29.543
	S95	0,857***	0,190***	0,036***	0,025***	0,009***	-0,006***	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-12: Produktionselastizitäten von KMU für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell I, 2003 bis 2013

Wirtschafts-zweige		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)‡	B08†	0,913***	0,379***	0,019*	0,006	0,006	-0,354	475
	B09	0,905*	0,038	0,037	-0,042	0,1***	0,119	43
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,427***	0,514***	0,012*	0,019	0,014**	0,088***	6.648
	C11	0,421**	0,468*	0,055	0,001	0,001	0,119	917
	C13	0,847***	0,254***	0,019**	-0,008	0,006	0,018	1.393
	C14†	0,712***	0,191	0,002	0,049	0,002	0,034	805
	C15	0,647***	0,539**	0,009	0,006	0,019	0,014	383
	C16	0,775***	0,211***	0,003	0,003	0,001	0,017**	1.443
	C17†	0,327**	0,277***	0,003	0,003	0	0,419**	1.391
	C18	0,733***	0,185***	0,021*	0,013	0,008	0,023*	1.191
	C20	0,499***	0,298**	0,043*	0,049	-0,001	0,069*	2.911
	C21†	0,719***	0,255*	0,014*	-0,028	0,017	0,123	501
	C22	0,636***	0,343***	0,018***	0,001	-0,004	0,036***	2.831
	C23	0,639***	0,343***	0,014*	0,002	0,008	0,061***	2.559
	C24	0,728***	0,321***	0,007*	-0,006	0,004	0,02***	2.140
	C25	0,746***	0,229***	0,012***	0,007*	-0,001	0,04***	7.189
	C26	0,779***	0,114***	0,03***	0,033***	-0,008	0,044***	2.415
	C27	0,637***	-0,024	0,035***	0,048***	-0,019**	0,072***	3.175
	C28	0,84***	0,152***	0,016***	0,005	0,005	0,048***	6.771
	C29	0,397***	0,499***	0,063	-0,066	0,021	0,096***	1.617
	C30	1,013***	0,108	0,015*	-0,003	-0,01	0,012	664
	C31	0,148	0,155***	-0,009	-0,004	0,004	0,844***	1.212
	C32	0,72***	0,352***	0,037***	-0,003	-0,007	0,05*	2.109
	C33	0,945***	0,085***	0,008**	0,001	0,008*	0,028***	2.276
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,547***	0,398***	-0,005	0,033***	0,005***	0,026***	84.795
	H50	0,167***	0,367***	-0,312	0,087***	-0,021	0,011	10.454
	H51	0,882***	0,371***	-0,127***	0,018	0,001	-0,041*	2.001
	H52	0,545***	0,266***	0,009***	0,03***	0,009***	0,058***	33.220
	H53	0,579***	0,228***	0,018	0,084***	0,038***	-0,022***	8.445
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,514***	0,359***	0,013	0,039***	0,006	0,058***	11.622
	J59	0,371***	0,356***	-0,007	0,047***	0,068***	0,124***	8.236
	J60†	0,502***	0,611*	0,045	-0,14	0,086*	0,138***	953
	J61	0,31***	0,52***	-0,021	0,045*	0,022	0,088***	5.169
	J62	0,63***	0,258***	0,006***	0,019***	0,001	0,089***	54.914
	J63	0,641***	0,141***	0,01***	0,064***	0,016***	0,022***	15.437
	L68	0,195***	0,39***		0,109***	0,052***	0,026***	99.905
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,82***	0,263***	-0,003	0,031***	0,008***	0,000	92.924
	M70†	0,459***	0,121***	0,116***	0,041***	0,035***	0,015**	49.338
	M71†	0,663***	0,208***	0,035***	0,04***	0,018***	0,019***	77.917
	M72	0,629***	0,183***		0,044***	0,015**	0,053***	9.223
	M73	0,519***	0,227***	0,084***	0,029***	0,016***	0,042***	32.984
	M74	0,571***	0,25***	0,016***	0,058***	0,013***	0,023***	35.424
	M75	0,684***	0,233***	0,051*	0,029***	0,006	-0,004	12.868
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,208***	0,487***	0,04***	0,094***	0,04***	0,012**	31.176
	N78	0,698***	0,135***	0,002	0,011***	0,002	0,025***	14.248
	N79	0,653***	0,169***	0,005	0,028***	0,026***	0,089***	16.530
	N80†	0,447***	0,272***	-0,042	0,046**	0,004	0,089***	6.647
	N81	0,558***	0,231***	-0,007	0,035***	0,01***	0,029***	48.486
	N82	0,556***	0,217***	0,007*	0,057***	0,024***	0,046***	28.042
	S95	0,759***	0,205***	0,022***	0,02***	-0,001	0,019***	12.328

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
† Alternativer Schätzansatzes wegen insignifikanter Koeffizienten für Arbeit und/oder Kapital (siehe Fußnote 28).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-13: Elastizitäten von KMU für zweistellige Wirtschaftszweige, Modell II, 2003 bis 2013

Wirtschaftszweige		Inputs in Produktionsfunktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisationskapital (O)	N
Bergbau (B)‡	B08	0,455***	0,210*	0,017***	-0,003	0,003	0,380***	475
	B09	1,007*	0,032	0,001	-0,008	0,070	0,086	43
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,552***	0,498***	0,011***	0,010***	0,008***	0,005***	6.648
	C11	0,496***	0,381***	0,053***	0,020***	0,002	0,003	917
	C13	0,843***	0,235***	0,014***	0,012***	0,000	0,008***	1.393
	C14	0,88***	-0,058	0,010***	0,022***	0,026***	0,032***	805
	C15	0,639***	0,544***	0,030***	0,005	0,012**	-0,002	383
	C16	0,78***	0,207***	0,007***	0,008***	-0,006***	0,005***	1.443
	C17	0,429***	0,336***	0,007***	0,009***	0,002	0,223***	1.391
	C18	0,764***	0,192***	0,006***	0,017***	-0,007***	0,000	1.191
	C20	0,589***	0,307***	0,008***	0,013***	0,002	0,057***	2.911
	C21†	0,775***	0,248*	0,005*	0,005	0,013***	0,041***	501
	C22	0,664***	0,316***	0,013***	0,012***	0,000	0,006***	2.831
	C23	0,645***	0,297***	0,015***	0,005***	0,005***	0,012***	2.559
	C24	0,757***	0,308***	0,005***	0,004***	0,004***	-0,001**	2.140
	C25	0,797***	0,225***	0,008***	0,008***	0,001*	0,006***	7.189
	C26	0,843***	0,068*	0,022***	0,028***	-0,002	0,035***	2.415
	C27	0,721***	-0,003	0,024***	0,031***	-0,001	0,053***	3.175
	C28	0,857***	0,117***	0,010***	0,016***	0,003***	0,026***	6.771
	C29†	0,587***	0,274*	0,013***	0,017***	0,018***	0,017***	1.617
	C30†	0,993***	0,194	0,009***	0,000	-0,010***	-0,001	664
	C31†	0,689***	0,118**	0,009***	0,004***	0,002	0,244***	1.212
	C32	0,802***	0,265***	0,019***	0,012***	-0,001	0,003***	2.109
	C33	0,971***	0,076***	0,006***	0,008***	0,004***	0,007***	2.276
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,551***	0,401***	0,010***	0,033***	0,003***	0,021***	84.795
	H50	0,174***	0,383***	-0,088***	0,048***	-0,006*	0,069***	10.454
	H51	0,882***	0,370***	-0,053***	0,027***	-0,001	-0,001	2.001
	H52	0,561***	0,252***	0,007***	0,033***	0,013***	0,045***	33.220
	H53	0,568***	0,238***	0,028***	0,089***	0,027***	-0,013***	8.445
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,524***	0,364***	0,011***	0,023***	0,022***	0,036***	11.622
	J59	0,402***	0,321***	0,006***	0,046***	0,050***	0,084***	8.236
	J60	0,555***	0,564**	0,018***	0,005	0,041***	0,024***	953
	J61	0,346***	0,507***	0,011***	0,049***	0,022***	0,067***	5.169
	J62	0,663***	0,241***	0,008***	0,029***	0,005***	0,067***	54.914
	J63	0,647***	0,152***	0,015***	0,059***	0,023***	0,034***	15.437
	L68	0,196***	0,389***		0,098***	0,048***	0,025***	99.905
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,824***	0,262***	0,002***	0,029***	0,007***	0,000	92.924
	M70	0,478***	0,158***	0,067***	0,053***	0,025***	0,026***	49.338
	M71	0,613***	0,249***	0,030***	0,038***	0,014***	0,028***	77.917
	M72	0,660***	0,168***		0,045***	0,019***	0,045***	9.223
	M73	0,542***	0,259***	0,069***	0,030***	0,015***	0,025***	32.984
	M74	0,584***	0,242***	0,019***	0,057***	0,012***	0,017***	35.424
	M75	0,678***	0,237***	0,030***	0,024***	0,004***	0,032***	12.868
Sonstige wirtschaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,217***	0,485***	0,031***	0,089***	0,041***	0,013***	31.176
	N78	0,700***	0,132***	0,013***	0,012***	0,007***	0,022***	14.248
	N79	0,682***	0,161***	0,002	0,038***	0,024***	0,076***	16.530
	N80	0,475***	0,272***	-0,004	0,043***	0,007***	0,081***	6.647
	N81	0,559***	0,215***	0,004***	0,032***	0,009***	0,017***	48.486
	N82	0,573***	0,211***	0,010***	0,051***	0,022***	0,034***	28.042
	S95	0,759***	0,195***	0,023***	0,023***	0,006***	0,015***	12.328

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
† Alternativer Schätzansatzes wegen insignifikanter Koeffizienten für Arbeit und/oder Kapital (siehe Fußnote 28).
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-14: Deskription der Produktionselastizitäten aus Schätzungen auf Basis von KMU und aus Schätzungen auf Basis des gesamten Datensatzes, Modell I, 2003-2013

		FuE		Software		Patente & Lizenzen		Organisations-kapital	
		Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU
Alle Koeffizienten	Mean	0,015	0,011	0,018	0,023	0,013	0,013	0,071	0,062
	Median	0,016	0,013	0,017	0,02	0,008	0,008	0,038	0,041
	Std.	0,039	0,062	0,041	0,042	0,019	0,023	0,176	0,143
	N	48	48	50	50	50	50	50	50
Signifikante Produktions-elastizitäten	Mean	0,017	0,017	0,038	0,045	0,024	0,028	0,09	0,08
	Median	0,018	0,016	0,033	0,039	0,018	0,016	0,048	0,046
	Std.	0,028	0,034	0,032	0,026	0,022	0,03	0,203	0,147
	N	26	26	28	25	22	19	35	37

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-15: Deskription Elastizitäten aus Schätzungen auf Basis von KMU und aus Schätzungen auf Basis des gesamten Datensatzes, Modell II, 2003-2013

		FuE		Software		Patente & Lizenzen		Organisations-kapital	
		Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU	Gesamt-datensatz	KMU
Alle Koeffizienten	Mean	0,013	0,012	0,026	0,027	0,011	0,012	0,056	0,043
	Median	0,011	0,010	0,020	0,023	0,006	0,007	0,025	0,026
	Std.	0,016	0,023	0,024	0,023	0,016	0,017	0,137	0,068
	N	48	48	50	50	50	50	50	50
Signifikante Produktions-elastizitäten	Mean	0,014	0,013	0,028	0,031	0,013	0,014	0,058	0,048
	Median	0,012	0,011	0,024	0,027	0,011	0,012	0,026	0,028
	Std.	0,016	0,024	0,024	0,023	0,016	0,015	0,140	0,071
	N	44	45	46	45	38	38	48	43

Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-16: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation A für Modell II, 2003-2013

Wirtschafts-zweige		Inputs in Produktions-funktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)‡	B08	0,528***	0,268*	0,0214**	-0,008**	-0,0065**	0,282**	533
	B09	0,165	-0,043	-0,6399**	0,1859**	2,6435**	0,6468**	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,593***	0,506***	-0,0094**	0,007**	-0,0002	-0,0168**	8.537
	C11	0,563***	0,388**	0,0197**	0,004**	-0,0017	0,0937**	1.064
	C13	1,069	-1,68	0,0225**	0,0454**	-0,0394**	0,852**	1.564
	C14	0,921***	0,587	-0,0062**	-0,0061**	0,0255**	-0,0541**	914
	C15	0,724***	0,577*	0,027**	-0,0108**	-0,0014	-0,0113**	423
	C16	0,943***	0,244***	0,0197**	0,0048**	-0,0119**	-0,0175**	1.679
	C17	0,541***	0,388***	-0,0017**	0,0115**	0,0026**	0,122**	1.885
	C18	0,751***	0,179***	-0,0138**	0,0152**	-0,0069**	0,0597**	1.369
	C20	0,677	-1,426	0,0162**	0,0193**	0,0003	1,4342**	3.882
	C21	0,85***	0,089	0,0158**	-0,0149**	0,0151**	0,1372**	847
	C22	0,75***	0,28***	0,009**	0,0083**	-0,0021**	0,0281**	3.722
	C23	0,781***	0,327***	0,0083**	-0,0027**	-0,0003**	-0,0025**	3.295
	C24	0,777***	0,296***	0,0027**	0,0046**	0,0079**	-0,0083**	2.988
	C25	0,796***	0,218***	-0,0009**	0,0036**	-0,0038**	0,0233**	8.632
	C26	0,854***	0,041	0,0582**	0,0109**	-0,002**	0,1106**	3.212
	C27	0,851***	0,069	0,0204**	0,0124**	-0,0005**	0,1175**	4.230
	C28	0,887***	0,088***	0,0121**	0,0117**	0,0017**	0,0911**	9.480
	C29	0,571***	0,181	0,0213**	0,0166**	0,0066**	0,1324**	2.602
	C30	0,948***	0,032	0,015**	0,0101**	0,003**	0,0485**	956
	C31	0,677***	-0,057	-0,0006	0,0146**	0,0092**	0,3771**	1.478
	C32	0,839***	0,352***	0,0117**	0,004**	0,0023**	-0,0182**	2.506
	C33	0,926***	0,093***	0,0044**	0,0092**	0,0085**	0,0357**	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,547***	0,391***	0,0439**	0,0314**	0,0064**	-0,0002	86.446
	H50	0,175***	0,356***	-0,3659**	0,0441**	-0,034**	-0,0113**	10.542
	H51	0,829***	0,299***	-0,0571**	0,0309**	0,0181**	-0,0445**	2.147
	H52	0,554***	0,233***	-0,027**	0,0301**	0,0134**	0,0807**	35.454
	H53	0,524***	0,224***	0,094**	0,0332**	0,0004	-0,0414**	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,451***	0,311***	-0,0925**	0,0139**	0,0171**	0,0914**	12.709
	J59	0,382***	0,203***	-0,0637**	0,0453**	0,0077**	0,1119**	8.322
	J60	0,562***	-0,021	-0,0621**	0,0107**	0,0232**	0,1029**	1.020
	J61	0,339***	0,392***	-0,0662**	0,0503**	0,0209**	0,1092**	5.479
	J62	0,562***	0,092***	-0,0341**	0,0345**	0,0071**	0,1715**	56.293
	J63	0,577***	0,100***	-0,0181**	0,050**	0,006**	0,0249**	15.865
	L68	0,174***	0,357***		0,0641**	0,0679**	-0,0611**	100.367
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,826***	0,259***	-0,0343**	0,0348**	0,0333**	-0,0361**	93.491
	M70	0,394***	0,13***	0,1752**	0,042**	0,0329**	0,0202**	50.327
	M71	0,462***	0,12***	0,1847**	0,0339**	0,0156**	0,0557**	78.710
	M72	0,596***	0,046**		0,0318**	0,021**	0,1983**	9.698
	M73	0,434***	0,172***	0,1063**	0,0355**	0,0056**	0,0294**	33.510
	M74	0,567***	0,232***	-0,0591**	0,0593**	0,0082**	-0,0281**	35.507
	M75	0,677***	0,237***	0,102**	0,0381**	0,0309**	0,1978**	12.874
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,208***	0,457***	-0,0356**	0,0236**	0,0253**	0,0039**	31.467
	N78	0,665***	0,088***	0,0039**	0,0076**	0,0095**	0,1239**	17.555
	N79	0,583***	0,078***	-0,0068**	0,0444**	0,0345**	0,2072**	16.744
	N80	0,401***	0,098***	-0,0989**	0,0331**	-0,0028**	0,3343**	7.724
	N81	0,537***	0,186***	-0,0597**	0,0127**	-0,0048**	0,0272**	53.456
	N82	0,508***	0,182***	-0,0344**	0,0443**	0,0095**	0,0738**	29.543
	S95	0,709***	0,176***	-0,0438**	0,0243**	0,0258**	-0,004**	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Die Signifikanz der mittleren Elastizitäten für KBC-Elemente sind nur für das 5 Prozentniveau getestet.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-17: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation B für Modell II, 2003-2013

Wirtschafts-zweige		Inputs in Produktions-funktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)‡	B08	0,540**	0,2789**	0,015***	-0,007***	-0,001	0,238***	533
	B09	0,221**	-0,1146**	0,010	0,008	0,037	1,001***	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,5588**	0,5063**	0,013***	0,007***	0,005***	4,93	8.537
	C11	0,5443**	0,434**	0,028***	0,015***	0,002	-0,002	1.064
	C13	0,8312**	0,1944**	0,012***	0,015***	0,004**	0,016***	1.564
	C14	0,8267**	0,1939**	0,008**	0,028***	0,032***	0,014***	914
	C15	0,7697**	0,4726**	0,028***	0,001	0,016***	-0,01***	423
	C16	0,8382**	0,2132**	0,001	0,008***	-0,01***	0,004***	1.679
	C17	0,5073**	0,3485**	0,005***	0,009***	0,000	0,167***	1.885
	C18	0,7832**	0,2104**	0,008***	0,014***	-0,002	0,001	1.369
	C20	0,583**	0,3132**	0,009***	0,012***	0,000	0,065***	3.882
	C21	0,9804**	1,5624**	-0,039***	-0,113***	-0,017	-0,479***	847
	C22	0,7121**	0,263**	0,015***	0,013***	-0,001*	0,011***	3.722
	C23	0,6162**	0,3173**	0,014***	0,007***	0,003***	0,017***	3.295
	C24	0,7694**	0,3063**	0,003***	0,003***	0,004***	-0,006***	2.988
	C25	0,7747**	0,2346**	0,009***	0,007***	0,003***	0,01***	8.632
	C26	0,9432**	0,0413**	0,024***	0,02***	-0,002	0,035***	3.212
	C27	0,7457**	0,0416**	0,023***	0,027***	0,001	0,078***	4.230
	C28	0,4758**	-0,3146**	0,075***	0,066***	0,046***	0,213***	9.480
	C29	0,5064**	0,389**	0,027***	0,022***	0,017***	0,026***	2.602
	C30	0,9499**	-1,029**	0,119***	0,098***	-0,007	0,166***	956
	C31	0,5707**	0,0267**	0,01***	0,007***	0,006***	0,439***	1.478
	C32	0,7954**	0,276**	0,023***	0,014***	0,003***	0,001	2.506
	C33	0,968**	0,1048**	0,01***	0,008***	0,001	0,004***	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,5627**	0,3995**	-0,002***	0,029***	0,000	0,021***	86.446
	H50	0,2125**	0,308**	-0,117***	0,038***	-0,019***	0,001	10.542
	H51	0,9435**	0,3312**	-0,021***	0,011**	-0,055***	-0,044***	2.147
	H52	0,5869**	0,2631**	0,008***	0,029***	0,011***	0,041***	35.454
	H53	0,5388**	0,2628**	-0,011***	0,088***	0,033***	-0,011***	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,4687**	0,4034**	0,009***	0,022***	0,024***	0,039***	12.709
	J59	0,4182**	0,3105**	0,003	0,046***	0,05***	0,084***	8.322
	J60	0,8147**	0,076**	0,018***	0,024***	0,046***	0,04***	1.020
	J61	0,4916**	0,4182**	0,005***	0,037***	0,019***	0,059***	5.479
	J62	0,6904**	0,2045**	0,008***	0,027***	0,003***	0,07***	56.293
	J63	0,6433**	0,1591**	0,013***	0,06***	0,024***	0,035***	15.865
	L68	0,1022**	0,5143**		0,075***	0,034***	0,015***	100.367
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,8568**	0,2321**	-0,01***	0,028***	0,005***	-0,003***	93.491
	M70	0,5158**	0,1213**	0,070***	0,049***	0,023***	0,023***	50.327
	M71	0,6092**	0,2291**	0,038***	0,037***	0,01***	0,026***	78.710
	M72	0,6785**	0,1846**		0,037***	0,017***	0,045***	9.698
	M73	0,5255**	0,2396**	0,07***	0,037***	0,019***	0,028***	33.510
	M74	0,5707**	0,2312**	0,016***	0,058***	0,011***	0,018***	35.507
	M75	0,6805**	0,229**	0,007*	0,021***	0,003***	0,002	12.874
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,2031**	0,4932**	0,032***	0,08***	0,03***	0,006***	31.467
	N78	0,7043**	0,1331**	0,011***	0,014***	0,008***	0,028***	17.555
	N79	0,6814**	0,142**	0,005***	0,036***	0,022***	0,081***	16.744
	N80	0,5476**	0,2663**	-0,006*	0,028***	0,001	0,086***	7.724
	N81	0,5625**	0,2207**	0,009***	0,028***	0,009***	0,015***	53.456
	N82	0,5662**	0,2151**	0,008***	0,051***	0,02***	0,035***	29.543
	S95	0,7185**	0,192**	0,019***	0,019***	0,005***	0,017***	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Die Signifikanz der mittleren Elastizitäten für Arbeit und Kapital sind nur für das 5 Prozentniveau getestet.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-18: Mittlere Elastizitäten der Testspezifikation C für Modell II, 2003-2013

Wirtschafts-zweige		Inputs in Produktions-funktion		Erklärende Faktoren für TFP				
		Arbeit (L)	Kapital (L)	FuE (R)	Software (S)	Lizenzen & Patente (Z)	Organisations-kapital (O)	N
Berg-bau (B)‡	B08	0,5326**	0,2463**	0,0221**	-0,0067**	-0,0054**	0,2895**	533
	B09	0,5326**	-0,1443**	-0,6523**	0,1615	2,6655**	0,6218**	58
Verarbeitendes Gewerbe (C) ‡	C10	0,5737**	0,5227**	-0,0074**	0,0059**	0,0003**	-0,0246**	8.537
	C11	0,5088**	0,4291**	0,0049**	0,0099**	0,0061**	0,0034**	1.064
	C13	0,9704**	-1,2507**	0,0152**	0,0352**	-0,053**	0,7532**	1.564
	C14	0,9054**	0,6362**	-0,0038**	-0,0081**	0,027**	-0,0608**	914
	C15	0,8289**	0,4767**	0,0273**	-0,0137**	-0,0031	-0,0044	423
	C16	0,8946**	-0,2051**	-0,081**	0,0318**	-0,0321**	0,2744**	1.679
	C17	0,5445**	0,3803**	-0,0008	0,0126**	0,003**	0,1025**	1.885
	C18	0,735**	0,1907**	-0,0045**	0,0151**	-0,0044**	0,051**	1.369
	C20	0,6267**	-1,6374**	0,0298**	0,0257**	-0,0043**	1,7164**	3.882
	C21	0,8552**	-0,0015	0,0165**	-0,0143**	0,0142**	0,2137**	847
	C22	0,6957**	-0,3096**	0,0064**	0,0301**	-0,0197**	0,3586**	3.722
	C23	0,5964**	-0,3531**	-0,001	0,0143**	-0,0081**	0,626**	3.295
	C24	0,7725**	0,3069**	0,0017**	0,0043**	0,007**	-0,0051**	2.988
	C25	0,789**	0,2403**	-0,0001	0,003**	-0,004**	0,0187**	8.632
	C26	0,8535**	0,0188**	0,0589**	0,0112**	-0,0016**	0,1206**	3.212
	C27	1,1103**	0,6247**	0,036**	-0,012**	-0,0206**	-0,1534**	4.230
	C28	0,8871**	0,1009**	0,0112**	0,0116**	0,002**	0,0809**	9.480
	C29	0,5138**	0,3589**	0,0207**	0,0176**	0,0015**	0,1002**	2.602
	C30	0,9439**	0,0064**	0,0196**	0,0108**	0,0019**	0,0676**	956
	C31	0,6376**	0,0131**	-0,0029**	0,0119**	0,0081**	0,3625**	1.478
	C32	0,8361**	-0,135**	-0,0071	0,0393**	-0,0338**	0,1915**	2.506
	C33	0,9231**	0,1045**	0,0046**	0,0092**	0,0087**	0,039**	2.671
Verkehr & Lagerei (H)	H49	0,5546**	0,3949**	0,0411**	0,0333**	0,0097**	-0,0021**	86.446
	H50	0,2083**	0,3069**	-0,0998**	0,0584**	0,0111**	0,1425**	10.542
	H51	0,8788**	0,2681**	-0,0618**	0,0296**	0,0119**	-0,0414**	2.147
	H52	0,5587**	0,2338**	-0,0406**	0,0287**	0,013**	0,0863**	35.454
	H53	0,5284**	0,1897**	0,1285**	0,02**	-0,002**	-0,0839**	9.669
Information & Kommunikat. (J)	J58	0,4402**	0,2869**	-0,0883**	0,006**	0,0121**	0,1185**	12.709
	J59	0,3946**	0,1967**	-0,0863**	0,041**	0,0049**	0,1116**	8.322
	J60	0,4507**	-0,1292**	-0,1204**	0,0238**	0,0077**	0,1457**	1.020
	J61	0,4451**	0,342**	-0,0892**	0,0443**	0,0262**	0,0912**	5.479
	J62	0,5573**	0,0767**	-0,0356**	0,0353**	0,0082**	0,1736**	56.293
	J63	0,5792**	0,1062**	-0,0194**	0,0462**	0,0035**	0,0235**	15.865
	L68	0,0895**	0,496**		0,0793**	0,0764**	-0,0438**	100.367
Freiber., wissensch-ftl. & techn. Dienstl. (M)	M69	0,8594**	0,2309**	-0,0041**	0,0387**	0,0338**	-0,039**	93.491
	M70	0,4432**	0,0701**	0,1832**	0,0351**	0,0245**	0,0192**	50.327
	M71	0,4701**	0,1068**	0,1858**	0,0362**	0,0176**	0,0525**	78.710
	M72	0,6012**	0,0613**		0,0313**	0,02**	0,189**	9.698
	M73	0,4695**	0,151**	0,1115**	0,0272**	-0,0019**	0,0298**	33.510
	M74	0,5579**	0,2227**	-0,0471**	0,0636**	0,0095**	-0,0192**	35.507
	M75	0,6795**	0,2309**	0,1019**	0,0389**	0,0258**	0,2512**	12.874
Sonstige wirt-schaftl. Dienstlg. (N)	N77	0,1872**	0,4754**	-0,0404**	0,0417**	0,0427**	0,0074**	31.467
	N78	0,6368**	0,0715**	0,0161**	0,0027**	-0,0001	0,1512**	17.555
	N79	0,5878**	0,0673**	-0,0255**	0,0431**	0,0331**	0,2143**	16.744
	N80	0,4105**	0,0854**	-0,1132**	0,0291**	-0,0049**	0,3389**	7.724
	N81	0,5215**	0,1954**	-0,0618**	0,0084**	-0,0097**	0,0311**	53.456
	N82	0,5101**	0,1689**	-0,051**	0,04**	0,006**	0,0837**	29.543
	S95	0,6926**	0,1786**	-0,0386**	0,0247**	0,0235**	-0,0017**	12.366

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Jahres-, Rechtsform- und Regionsdummies werden in der ersten Stufe der Schätzungen berücksichtigt.
‡ Schätzungen für den Zeitraum 2010-2014 wegen fehlender Daten für Software (S) sowie Lizenzen & Patente (Z).
Die Signifikanz der mittleren Elastizitäten aller Variablen sind nur für das 5 Prozentniveau getestet.
Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-19: Deskription für alle Elastizitäten aus Schätzungen der Basis- und der Testspezifikationen, Modell II, 2003-2013

Variablen		Alle Koeffizienten			
		Mittelwert	Median	Std.	N
Arbeit	Basisspezifik.	0,645	0,659	0,188	50
	Testspezifik. A	0,625	0,588	0,216	50
	Testspezifik. B	0,634	0,613	0,198	50
	Testspezifik. C	0,625	0,583	0,213	50
Kapital	Basisspezifik.	0,256	0,247	0,123	50
	Testspezifik. A	0,148	0,194	0,382	50
	Testspezifik. B	0,241	0,233	0,302	50
	Testspezifik. C	0,114	0,184	0,388	50
FuE	Basisspezifik.	0,013	0,011	0,016	48
	Testspezifik. A	-0,017	0,001	0,121	48
	Testspezifik. B	0,013	0,010	0,032	48
	Testspezifik. C	-0,015	-0,002	0,115	48
Software	Basisspezifik.	0,026	0,020	0,024	50
	Testspezifik. A	0,025	0,018	0,030	50
	Testspezifik. B	0,026	0,023	0,031	50
	Testspezifik. C	0,026	0,026	0,028	50
Patente & Lizenzen	Basisspezifik.	0,011	0,006	0,015	50
	Testspezifik. A	0,061	0,007	0,373	50
	Testspezifik. B	0,010	0,005	0,018	50
	Testspezifik. C	0,059	0,006	0,377	50
Organisationskapital	Basisspezifik.	0,056	0,025	0,137	50
	Testspezifik. A	0,124	0,058	0,252	50
	Testspezifik. B	0,055	0,022	0,174	50
	Testspezifik. C	0,155	0,085	0,289	50

Bei den Elastizitäten der Testspezifikationen handelt es sich zum Teil um mittlere Elastizitäten. Quellen: AFiD-Panel Industrieunternehmen, AFiD-Panel Dienstleistungen; Berechnungen des DIW Berlin.

Tabelle E-20: Laufende Ausgaben für Innovationen im Wirtschaftsabschnitt Finanzdienstleistungen (K) in Deutschland 2009 - 2015

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ausgaben (in Mrd. Euro)	2,87	3,50	3,30	3,57	3,21	4,43	3,77

Quelle: ZEW (2017): Innovationen – Branchenreport Finanzdienstleistungen.

Tabelle E-21: Anteil der in der VGR erfassten Investitionen in Wissenskapital in Deutschland 2009 – 2015

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
				In Prozent			
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei (A)	45,0	45,7	42,5	46,3	46,7	46,8	48,0
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B)	46,9	46,9	30,9	42,8	37,7	38,9	28,8
Verarbeitendes Gewerbe (C)	59,1	58,6	59,5	60,8	60,0	61,0	61,1
Energieversorgung (D)	29,7	29,9	28,9	30,8	31,8	31,8	31,0
Wasserversorgung, Entsorgung (E)	5,4	5,5	5,3	6,4	5,8	6,0	5,8
Baugewerbe(F)	20,0	19,5	18,8	17,8	18,7	18,4	17,9
Handel (G)	24,0	23,7	28,2	30,0	29,8	28,5	30,0
Verkehr und Lagerei (H)	15,1	15,9	17,7	19,2	17,1	18,8	18,3
Gastgewerbe (I)	30,9	31,1	30,8	30,6	30,3	30,1	29,4
Information und Kommunikation (J)	77,7	77,2	81,0	77,4	79,6	78,9	79,0
Finanzdienstleistungen (K)	19,1	17,4	18,5	17,0	18,4	17,0	17,6
Grundstücks- und Wohnungswesen (L)	5,3	4,7	5,6	5,1	4,0	4,3	4,3
Erbringung von freiberufl. Dienstl. (M)	52,2	53,0	49,6	49,7	49,4	49,9	48,4
Sonstige Unternehmensdienstleister (N)	14,6	18,6	15,5	15,7	17,9	18,6	17,7
Öffentliche Dienstleister (O)	59,6	58,5	57,5	57,0	56,6	57,2	56,5
Erziehung und Unterricht (P)	92,9	93,0	93,0	93,3	93,4	93,3	93,4
Gesundheits- und Sozialwesen (Q)	61,0	60,9	62,4	62,7	62,0	62,2	60,8
Kunst, Unterhaltung und Erholung (R)	71,4	70,1	68,2	69,3	71,0	70,0	68,7
Sonstigen Dienstleister (S)	36,7	36,1	36,6	34,4	36,2	36,2	35,7
Insgesamt	52,6	52,1	53,1	53,3	53,4	53,6	53,6

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin (2017).

Tabelle E-22: Vergleich der Schätzungen für Investitionen in Wissenskapital in Deutschland des DIW Berlin und von INTAN-Invest

	2009	2010
DIW-Schätzung	In Mio. Euro	
Insgesamt	163.808	169.015
Forschung u. Entwicklung	60.404	61.926
Software u. Datenbanken	20.766	21.174
Künstl. Urheberrechte u. Such-bohrungen	4.992	5.016
Werbung	27.433	27.824
Organisationskapital	32.650	33.980
Design Architektur- u. Ing. -bereich	14.692	15.595
Finanzinnovationen	2.870	3.500
INTAN-Invest		
Insgesamt	137.538	142.285
Forschung u. Entwicklung	43.216	44.843
Software u. Datenbanken	18.535	19.145
Künstl. Urheberrechte u. Such-bohrungen	4.923	4.995
Werbung	15.295	16.441
Organisationskapital	34.601	33.971
Design Architektur- u. Ing. -bereich	18.966	19.658
Finanzinnovationen	2.002	2.002
	DIW in Relation zu INTAN in %	
Insgesamt	103,9	103,4
Forschung u. Entwicklung	115,0	113,1
Software u. Datenbanken	94,7	93,4
Künstl. Urheberrechte u. Such-bohrungen	101,4	100,4
Werbung	174,7	164,8
Organisationskapital	80,0	100,0
Design Architektur- u. Ing. -bereich	70,3	72,0
Finanzinnovationen	143,3	174,8

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin (2017).