

Studie zur Entwicklung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben in Deutschland im internationalen Vergleich

Ergebnisbericht

Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Mannheim, Juli 2022

Autoren:

Christian Rammer (Projektleitung)

Markus Trunschke

Kontakt und weitere Informationen:

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

Inhalt

Executive Summary	1
1 Einleitung	9
1.1 Fragestellung und Zielsetzung	9
1.2 Methodik und Gliederung der Studie	10
2 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben	12
2.1 FuE-Dynamik und FuE-Intensität	12
2.2 FuE-Ausgaben nach Durchführungs- und Finanzierungssektoren	24
2.3 Finanzierung von FuE im Wissenschaftssektor durch die Wirtschaft ..	32
2.4 Auslandsfinanzierte FuE-Ausgaben	35
2.5 Staatliche Finanzierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft	40
2.6 FuE-Ausgaben nach Phasen im FuE-Prozess	45
3 Analyse von FuE-Kapitalstöcken	50
3.1 Berechnung von FuE-Kapitalstöcken	50
3.2 FuE-Intensität auf Basis von FuE-Kapitalstöcken	51
3.3 FuE-Ausgaben in Relation zum FuE-Kapitalstock	55
3.4 FuE-Dynamik auf Basis von FuE-Kapitalstöcken	59
4 FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen und Größenklassen	63
4.1 FuE-starke Wirtschaftszweige	64
4.2 FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen	70
4.3 Sektorale Konzentration und Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft	74
4.4 FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Größenklassen	79
5 Analyse der sektoralen FuE-Dynamik der Wirtschaft	84
5.1 Trend-, Struktur- und Verhaltenskomponente der FuE- Ausgabendynamik	84
5.2 Komponenten der Veränderung der FuE-Intensität	90
5.3 Strukturbereinigte und strukturell zu erwartende FuE-Intensität	95
5.4 "Strukturmögliche" Höhe der FuE-Ausgaben Deutschlands	102

6	FuE-Ausgaben und Produktivitätsentwicklung	106
6.1	Ländervergleich.....	108
6.2	Branchenvergleich	115
6.3	Analyse auf Unternehmensebene	118
7	Wirtschafts- und innovationspolitische Schlussfolgerungen	126
8	Literatur.....	139
9	Anhang	143
9.1	Datenbasis.....	143
9.2	Zusätzliche Abbildungen	145

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern.....	13
Abbildung 2:	Veränderungsrate der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Teilperioden	14
Abbildung 3:	Beitrag einzelner Länder zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Teilperioden	16
Abbildung 4:	Entwicklung der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	17
Abbildung 5:	Entwicklung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	20
Abbildung 6:	Entwicklung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	22
Abbildung 7:	Veränderung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	23
Abbildung 8:	Entwicklung der FuE-Intensität der Sektoren Wirtschaft und Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	25
Abbildung 9:	Veränderung der FuE-Intensität von Wirtschaft und Wissenschaft zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	26
Abbildung 10:	Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	27
Abbildung 11:	Veränderung der Anteile der FuE-Durchführungssektoren zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	28
Abbildung 12:	Verteilung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	30
Abbildung 13:	Veränderung der Finanzierungsanteile von FuE-Finanzierungssektoren zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	31

Abbildung 14: Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	33
Abbildung 15: Veränderung von Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	34
Abbildung 16: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben 1991-2020 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	36
Abbildung 17: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	37
Abbildung 18: Aus dem Ausland finanzierte FuE-Ausgaben der Wirtschaft als Anteil am BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	38
Abbildung 19: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	39
Abbildung 20: Anteil der staatlich finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	41
Abbildung 21: Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wirtschaft durch den Staat 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern	42
Abbildung 22: Staatlich finanzierte FuE-Ausgaben der Wirtschaft als Anteil am BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	43
Abbildung 23: Veränderung von Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wirtschaft durch den Staat zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	44
Abbildung 24: Anteil der Grundlagenforschung an den gesamten FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	46
Abbildung 25: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	47

Abbildung 26: Verteilung der FuE-Ausgaben der Hochschulen nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	48
Abbildung 27: Verteilung der FuE-Ausgaben der staatlichen Forschungseinrichtungen nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	49
Abbildung 28: FuE-Kapitalstock in Relation zum BIP 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE-Abschreibungsraten	52
Abbildung 29: FuE-Intensität 2019 auf Basis Kapitalstock und Ausgaben in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	53
Abbildung 30: Entwicklung der FuE-Kapitalstock-Intensität 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	54
Abbildung 31: FuE-Investitionsrate 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE- Abschreibungsraten.....	56
Abbildung 32: FuE-Investitionsrate (Durchschnitt 2000-2009 und 2010- 2019) in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	57
Abbildung 33: Entwicklung der FuE-Investitionsrate 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	58
Abbildung 34: Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE-Abschreibungsraten.....	59
Abbildung 35: Entwicklung des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	60
Abbildung 36: Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Durchführungssektoren	62
Abbildung 37: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen 2017 in Deutschland und in den Vergleichsländern	65
Abbildung 38: Anteil Deutschlands an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in den Vergleichsländern (inkl. Deutschland) nach Wirtschaftszweigen 2009 und 2017.....	67

Abbildung 39: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland 2009 und 2017 (Basis: Bruttoproduktionswert)	72
Abbildung 40: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland und den Vergleichsländern 2017 (Basis: Bruttoproduktionswert).....	73
Abbildung 41: Gini-Koeffizient der sektoralen FuE-Ausgaben 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	75
Abbildung 42: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Deutschland 2009 und 2017	77
Abbildung 43: Korrelation zwischen der sektoralen FuE-Spezialisierung Deutschlands und der sektoralen FuE-Spezialisierung der einzelnen Vergleichsländer 2009 und 2017.....	79
Abbildung 44: Zusammensetzung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Beschäftigtengrößenklassen 2017/19.....	80
Abbildung 45: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach auf kleine/mittlere und große Unternehmen 2003-2019.....	81
Abbildung 46: Anteil der FuE-Ausgaben von KMU am BIP 2003-2019	83
Abbildung 47: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	86
Abbildung 48: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 nach Wirtschaftszweigen (Basis: 18 Vergleichsländer)	87
Abbildung 49: Beitrag der Strukturkomponente zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	89
Abbildung 50: Beitrag der Verhaltenskomponente zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	90
Abbildung 51: Faktoren den Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	92
Abbildung 52: Beitrag von Wachstums- und Intensitätsfaktor zur Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) der deutschen Wirtschaft 2009- 2017.....	94

Abbildung 53: Strukturbereinigte und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	96
Abbildung 54: Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	98
Abbildung 55: Strukturell zu erwartende und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	100
Abbildung 56: Differenz zwischen tatsächlicher und strukturell zu erwartender FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	101
Abbildung 57: Strukturmögliches Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017	103
Abbildung 58: Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017 nach Wirtschaftszweigen bei Erhöhung der FuE-Intensität auf die durchschnittliche FuE-Intensität in der Vergleichsgruppe (Basis Bruttoproduktionswert)	104
Abbildung 59: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (auf Basis Wechselkurse) 2019 in den 18 betrachteten Ländern	109
Abbildung 60: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (auf Basis Wechselkurse) 2019 in allen OECD-Ländern und ausgewählten assoziierten Ländern.....	111
Abbildung 61: Zusammenhang zwischen der Entwicklung der FuE-Intensität und der Entwicklung der Produktivität (Basis Wechselkurse) 1991-2019 in den 18 betrachteten Ländern	112
Abbildung 62: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität auf Ebene von Wirtschaftszweigen 2009 und 2017 in den 18 betrachteten Ländern.....	116
Abbildung 63: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2019-2020 in Deutschland und den Vergleichsländern	128

Abbildung 64: Entwicklung der FuE-Intensität im Sektor Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	146
Abbildung 65: Entwicklung der FuE-Intensität im Sektor Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	147
Abbildung 66: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den großen europäischen/nordamerikanischen Vergleichsländern	148
Abbildung 67: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den asiatisch-pazifischen Vergleichsländern	148
Abbildung 68: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den kleineren europäischen Vergleichsländern	149
Abbildung 69: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den großen europäischen/nordamerikanischen Vergleichsländern	150
Abbildung 70: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den asiatisch-pazifischen Vergleichsländern	150
Abbildung 71: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den kleineren europäischen Vergleichsländern	151
Abbildung 72: Anteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft, die von der Wirtschaft finanziert wurden, 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	152
Abbildung 73: Wirtschafts-Finanzierung von FuE in der Wissenschaft in Relation zu den internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	153
Abbildung 74: Wirtschafts-Finanzierung von FuE in der Wissenschaft in Relation zum BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	154
Abbildung 75: Anteil der FuE-Ausgaben der Wirtschaft, die vom Staat finanziert wurden, 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	155

Abbildung 76: Staatliche Finanzierung von FuE in der Wirtschaft in Relation zur gesamten FuE-Finanzierung des Staates 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	156
Abbildung 77: Umfang der staatlichen Finanzierung von FuE in der Wirtschaft in Relation zum BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	157
Abbildung 78: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland 2009 und 2017 (Basis: Bruttowertschöpfung)	158
Abbildung 79: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland und den Vergleichsländern 2017 (Basis: Bruttowertschöpfung)	159
Abbildung 80: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in China 2009 und 2017	160
Abbildung 81: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in den USA 2009 und 2017	161
Abbildung 82: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Japan 2009 und 2017	162
Abbildung 83: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Südkorea 2009 und 2017	163
Abbildung 84: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Frankreich 2009 und 2017	164
Abbildung 85: Faktoren der Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) der Wirtschaft 2009-2017 in den betrachteten Ländern	165
Abbildung 86: Strukturbereinigte und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	166
Abbildung 87: Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	167
Abbildung 88: Strukturell zu erwartende und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern	168

Abbildung 89: Differenz zwischen tatsächlicher und strukturell zu erwartender FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern.....	169
Abbildung 90: Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017 nach Wirtschaftszweigen bei Erhöhung der FuE-Intensität auf die durchschnittliche FuE-Intensität in der Vergleichsgruppe (Basis Bruttowertschöpfung).....	170
Abbildung 91: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (auf Basis Kaufkraftparitäten) 2019 in der Gruppe der Vergleichsländer	171
Abbildung 92: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (auf Basis Kaufkraftparitäten) 2019 in allen OECD-Ländern und ausgewählten assoziierten Ländern.....	172
Abbildung 93: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (Basis Kaufkraftparitäten) 1991-2019 in der Gruppe der Vergleichsländer	173
Abbildung 94: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität (Basis Wechselkurse) 1991-2019 in allen OECD-Ländern und ausgewählten assoziierten Ländern.....	174

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die fünf Wirtschaftszweige mit den höchsten absoluten FuE-Ausgaben je Land 2017	68
Tabelle 2:	Die fünf Länder mit den höchsten absoluten FuE- Ausgaben je Wirtschaftszweig 2017	70
Tabelle 3:	Einfluss der FuE-Intensität auf Produktivitätsmaße auf gesamtwirtschaftlicher Ebene (1991-2020) nach betrachteten Ländersets: Ergebnisse von OLS- Regressionen (Koeffizienten, t-Werte in Klammern)	114
Tabelle 4:	Einfluss der FuE-Intensität auf Produktivitätsmaße auf Branchenebene (1991-2019) in den 18 betrachteten Ländern: Ergebnisse von OLS-Regressionen (Koeffizienten, t-Werte in Klammern)	117
Tabelle 5:	Einfluss von FuE auf Produktivität auf Unternehmensebene (Deutschland, 2006-2018): Ergebnisse von Akerberg-Caves-Frazer- Produktivitätsschätzungen	120
Tabelle 6:	Einfluss von FuE auf Produktivität auf Unternehmensebene (Deutschland, 2006-2018): Ergebnisse von Akerberg-Caves-Frazer- Produktivitätsschätzungen (erweitertes Modell inkl. Software-/Datenbankausgaben)	122
Tabelle 7:	Verwendete Wirtschaftszweiggliederung für die Analyse der FuE-Ausgaben nach Wirtschaftszweigen	144

Executive Summary

Die Studie untersucht die Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland in den letzten drei Jahrzehnten differenziert nach Sektoren und Branchen. Durch einen Vergleich mit anderen hochentwickelten und forschungsstarken Industrieländern sowie mit China werden branchenspezifische Besonderheiten und Entwicklungspfade Deutschlands herausgearbeitet. Aus den Analyseergebnissen werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, wie die Position Deutschlands bei den FuE-Ausgaben gestärkt werden kann.

Hohe FuE-Dynamik ab 2006

Die Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland in den vergangenen drei Jahrzehnten war durch zwei Phasen geprägt. Von 1991 bis 2005 erhöhten sich die FuE-Kapazitäten in Deutschland nur langsam (+1,4 % pro Jahr) und blieben klar hinter der internationalen Entwicklung zurück. Ab 2006 entsprach das reale jährliche Wachstum der FuE-Ausgaben in Deutschland (2005-2019: +3,4 %) dagegen annähernd dem Durchschnitt der Vergleichsländer, der durch die enorm hohen Wachstumsraten von China (+13 %) stark nach oben gedrückt wird. Die FuE-Ausgaben stiegen seit 2007 deutlich rascher als das BIP, sodass die FuE-Intensität (FuE-Ausgaben je BIP) von 2,46 auf 3,17 % anstieg - stärker als im Durchschnitt der Vergleichsländer. Die steigenden FuE-Ausgaben in Deutschland haben zu einem stetig wachsenden FuE-Kapitalstock geführt. Im Zeitraum 2000 bis 2019 nahm er mit jahresdurchschnittlich rund 3 % zu. Das Wachstum des FuE-Kapitalstocks in Deutschland war ab ca. 2008 höher als in anderen großen Industrieländern wie den USA, Großbritannien und Frankreich. Dies gilt auch für die Relation von FuE-Kapitalstock zu BIP.

Neuausrichtung der Forschungspolitik

Die FuE-Intensivierung der deutschen Volkswirtschaft ab 2006 steht im Zusammenhang mit einer Neuausrichtung der Forschungspolitik. 2006 wurde die erste Hightech-Strategie der Bundesregierung vorgestellt, die klare Prioritäten für verstärkte Investitionen in Forschung und neue Technologien setzte. Im Jahr 2006 trat gleichzeitig der Pakt für Forschung und Innovation in Kraft, der eine

kontinuierliche Erhöhung der Finanzierung der außeruniversitären Forschungseinrichtungen vorsah. Die Exzellenzinitiative, die ebenfalls ab 2006 umgesetzt wurde, war die dritte große neue Maßnahme, die den Wechsel in Richtung höhere FuE-Ausgaben bestimmte. Entscheidend für die kontinuierliche Expansion der FuE-Kapazitäten in Deutschland war, dass diese neuen Initiativen längerfristig angelegt waren, d.h. über die Länge einer Legislaturperiode hinausgingen. Dadurch wurde auch der Wirtschaft eine klare Orientierung und somit Planungssicherheit gegeben.

Tiefer Einschnitt durch die Corona-Pandemie

In der durch die Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung ausgelösten Wirtschaftskrise 2020/21 wurde von dieser Politik allerdings abgewichen und auf spezifische und unmittelbar wirksame Maßnahmen zur Förderung gleichbleibend hoher FuE-Ausgaben in der Wirtschaft verzichtet. Die im Juni 2020 beschlossene Erhöhung der Forschungszulage dürfte keine kurzfristig stützende Wirkung entfaltet haben, da das Instrument für die Unternehmen neu und aufwendig zu beantragen war und ein Finanzierungsbeitrag erst mit großer zeitlicher Verzögerung eintritt. Als Ergebnis gingen die internen FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft im Jahr 2020 deutlich zurück (-7,8 % zu konstanten Preisen) und viel stärker als in irgendeinem anderen der Vergleichsländer. In China und den USA nahmen die FuE-Ausgaben der Wirtschaft dagegen auch 2020 kräftig zu. Auch viele andere Länder verzeichneten trotz der Pandemiesituation einen merklichen Anstieg der FuE-Ausgaben der Wirtschaft. Eine deutliche Abnahme gab es außer in Deutschland nur in Österreich und Japan.

EU 3%-Ziel als Stimulator

Deutschland war unter den Vergleichsländern nicht das einzige Land, das durch eine langfristig und auf Expansion orientierte Forschungspolitik die FuE-Ausgaben in den vergangenen zwei Jahrzehnten deutlich steigern konnte. Bereits vor Deutschland haben in Europa Österreich und Dänemark die Forschungspolitik auf eine Erhöhung der FuE-Intensität ausgerichtet. Belgien schwenkte zeitgleich mit Deutschland auf einen solchen Pfad um. Wesentlich unterstützt wurde diese Politik durch das Ziel der EU-Kommission, die FuE-Ausgaben in % des BIP bis 2010 europaweit auf 3 % zu erhöhen. Dadurch war eine wichtige externe

Legitimation für die Umschichtung von Budgetmitteln in Richtung Forschungsfinanzierung gegeben. Aber auch einige Länder außerhalb der EU - neben China insbesondere Südkorea und Israel sowie jüngst auch Norwegen - weisen deutlich steigende FuE-Ausgaben in Relation zum BIP auf.

Sehr stabile Strukturen

Ein besonderes Merkmal der Entwicklung in Deutschland ist die äußerst gleichmäßige Erhöhung der FuE-Ausgaben in allen drei Sektoren, in denen FuE durchgeführt wird, nämlich in der gewerblichen Wirtschaft, den Hochschulen und den staatlichen Forschungseinrichtungen. Die Anteile der drei Sektoren an den gesamten FuE-Ausgaben blieben in Deutschland in den vergangenen drei Jahrzehnten nahezu unverändert, d.h. die FuE-Ausgaben sind in jedem Sektor fast im Gleichschritt gewachsen. Diese strukturelle Stabilität gilt auch für Finanzierungsseite, d.h. die Anteile von Wirtschaft und Staat bei der Finanzierung von FuE.

Hoher Finanzierungsbeitrag der Wirtschaft für FuE in der Wissenschaft

Eine Besonderheit des deutschen Forschungssystems ist der hohe Anteil von Wirtschafts-Drittmitteln für die Finanzierung von FuE in Hochschulen und staatlichen Forschungseinrichtungen. Der Anteil dieser FuE-Finanzierung am BIP ist in Deutschland mehr als doppelt so hoch wie im Durchschnitt der Vergleichsländer und erhöhte sich in den vergangenen drei Jahrzehnten so stark wie in keinem Vergleichsland. Der Anteil der durch die Wirtschaft finanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft ist in Deutschland höher als in fast allen Vergleichsländern (nur China weist einen höheren Wert auf). Auch gemessen an den FuE-Ausgaben der Wirtschaft sind die Mittel, die an die Wissenschaft gehen, außergewöhnlich hoch. Dies weist auf eine sehr intensive Vernetzung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft bei der Durchführung von FuE-Aktivitäten hin. Diese intensive Vernetzung ist wesentlich im FuE-Fördersystem in Deutschland angelegt, da viele Maßnahmen auf die Förderung von FuE-Verbundprojekten ausgerichtet sind.

Niedriger und sinkender staatlicher Finanzierungsbeitrag zur Wirtschafts-FuE

Die Finanzierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft durch den Staat ist in Deutschland rückläufig und niedriger als im Durchschnitt der Vergleichsländer.

2019 wurden nur 3,2 % der FuE-Ausgaben der Wirtschaft durch den Staat finanziert (2000 lag diese Quote noch bei knapp 7 %). Dies liegt daran, dass sich der deutsche Staat immer mehr aus der direkten Finanzierung von Wirtschafts-FuE durch FuE-Aufträge oder durch Zuschussprogramme für FuE-Einzelprojekte zurückgezogen und sich stark auf die Förderung von Verbundforschung (sowie der FuE-Finanzierung in der Wissenschaft) fokussiert hat. Dadurch sank der Anteil der Wirtschaft an der gesamten FuE-Finanzierung des Staates von rund 20 % Anfang der 1990er Jahre auf rund 8 % Ende der 2010er Jahre.

Wirtschafts-FuE auf wenige Industriebranchen konzentriert

Die FuE-Ausgaben der Wirtschaft, die rund 70 % der gesamten FuE-Ausgaben Deutschlands ausmachen, sind auf relativ wenige Wirtschaftszweige im Bereich der Industrie konzentriert. Die fünf Branchen mit den höchsten FuE-Ausgaben in Deutschland sind der Automobilbau, die Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie, der Maschinenbau, die Pharmaindustrie und die Chemieindustrie. Damit ist Deutschland neben Japan und China das einzige Land innerhalb der Vergleichsländer, in dem die fünf größten FuE-Branchen alle aus der Industrie kommen. Herausragend ist die Rolle des deutschen Automobilbaus. Deutschland weist die zweithöchsten FuE-Ausgaben weltweit in dieser Branche auf (noch vor den USA und nur knapp hinter Japan). Mit einem Anteil von 37 % an den gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft konzentriert sich ein beträchtlicher Teil des FuE-Potenzials der Wirtschaft auf eine einzige Branche. Unter den Vergleichsländern weisen nur Israel und Südkorea eine höhere Konzentration der FuE-Ausgaben auf eine einzige Branche auf.

Dominanz von Großunternehmen

Die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft sind so stark auf die Gruppe der Großunternehmen konzentriert wie in kaum einem anderen Land. Einzig Japan weist einen höheren Anteil der Großunternehmen an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft auf. In den USA ist dieser Anteilswert etwas niedriger (für China liegen keine Angaben vor). Der Anteilswert hat sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten kaum verändert. Die FuE-Ausgaben der KMU in Deutschland sind im internationalen Vergleich dagegen sehr niedrig. In Relation zum BIP weist lediglich Japan einen niedrigeren Wert auf. In den USA und anderen größeren Ländern wie Großbritannien und Frankreich ist die volkswirtschaftliche

Bedeutung der FuE-Ausgaben der KMU merklich höher. Dass der Beitrag der KMU zu den FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft weiterhin gering ist, liegt keineswegs an einer wenig auf KMU abzielenden Förderpolitik. Im Gegenteil, der größte Teil der FuE-Fördermaßnahmen ist explizit auf KMU bzw. mittelständische Unternehmen ausgerichtet. Dass KMU dennoch kein größeres Gewicht zukommt, dürfte eher an den Nachteilen von KMU im Wettbewerb mit Großunternehmen um die für FuE-Aktivitäten wichtigen (und knappen) Ressourcen liegen. Dazu zählt der Zugang zu hochqualifiziertem Personal ebenso wie zu attraktiven Kooperationspartnern auf Seiten der Wissenschaft.

FuE-Dynamik durch Automobilbau bestimmt

Das Wachstum der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft in den vergangenen zehn Jahren war wesentlich durch die Wirtschaftsstruktur bestimmt. In Deutschland haben jene Wirtschaftszweige ein überdurchschnittliches Gewicht, die sich in den 2010er Jahren global durch ein hohes Wachstum der FuE-Ausgaben ausgezeichnet haben. Dazu zählen u.a. insbesondere der Automobilbau, aber auch einige weniger forschungsintensive Industriezweige (Metallindustrie, elektrotechnische Industrie) sowie die IKT-Dienstleistungen. Die Zunahme der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft in den 2010er Jahren wurde wesentlich durch das starke Wachstum von FuE-intensiven Wirtschaftszweigen getrieben, während die Erhöhung der FuE-Intensität in den einzelnen Wirtschaftszweigen eine geringe Rolle gespielt hat. Der Automobilbau war alleine für vier Fünftel des Anstiegs der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft verantwortlich.

Großes Potenzial für höhere FuE-Ausgaben

Insgesamt ist die FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft niedriger als es die Wirtschaftsstruktur erwarten ließe. Dies bedeutet, dass noch ein erhebliches Potenzial für eine höhere FuE-Intensität und damit höhere FuE-Ausgaben vorhanden ist. Würde jeder Wirtschaftszweig in Deutschland, der aktuell eine niedrigere FuE-Intensität als im Durchschnitt der Vergleichsländer (ohne China) aufweist, seine FuE-Intensität auf das durchschnittliche Niveau erhöhen, so könnten die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft um 25 bis 30 % höher liegen. Das größte Potenzial für höhere FuE-Ausgaben besteht in den IKT-Dienstleistungen, gefolgt von der Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie, der Medizintechnik, dem Maschinenbau, dem Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau sowie der

Pharmaindustrie. Wenngleich die relativ niedrige FuE-Intensität vieler Wirtschaftszweige nicht unbedingt ein FuE-Defizit anzeigen muss, sondern auf besonders effiziente FuE-Prozesse hinweisen kann, so ist dennoch unbestritten, dass die vorhandene Wirtschaftsstruktur in Deutschland eine deutliche Steigerung der FuE-Ausgaben zulassen würde. Für die Forschungspolitik bedeutet dies, dass Maßnahmen, die deutliche Anreize für zusätzliche FuE-Ausgaben setzen, wie z.B. eine steuerliche FuE-Förderung, die auf einen sehr niedrig angesetzten Deckel verzichtet, auf erhebliche Resonanz stoßen können.

Enger Zusammenhang zwischen FuE und Produktivität

Eine Wirtschafts- und Innovationspolitik, die auf eine Steigerung der FuE-Ausgaben setzt, verspricht mittel- bis langfristig positive Beiträge für die Produktivität und damit für den gesellschaftlichen Wohlstand. Allerdings ist der Zusammenhang nicht immer direkt. Die positive Produktivitätswirkung von FuE kann sich oft erst nach einem längeren Zeitraum einstellen. Auch muss sie nicht in den Wirtschaftsbereichen eintreten, in denen die FuE-Ausgaben getätigt wurden, sondern kann aufgrund von Wissens-Spillovers in anderen Branchen oder Regionen auftreten. Dies zeigt sich auch daran, dass der Zusammenhang zwischen FuE und Produktivität auf Länderebene umso stärker ist, je mehr Länder mit einem weniger hohen Entwicklungsniveau einbezogen werden. Auch sind die positiven Produktivitätseffekte von FuE auf Branchenebene tendenziell höher als auf Ebene der FuE betreibenden Unternehmen, was für Wissens-Spillovers von FuE betreibenden zu nicht FuE betreibenden Unternehmen spricht.

Empfehlungen für eine FuE-orientierte Wirtschafts- und Innovationspolitik

Aus den Ergebnissen der empirischen Analysen lassen sich verschiedene Schlussfolgerungen für die Wirtschafts- und Innovationspolitik ziehen:

- Die **Hightech-Strategie** der Bundesregierung hat gezeigt, dass sich mit einer konzertierten Initiative, die die politischen Prioritäten in Richtung Forschung und Innovation verschiebt und die eine langfristige Perspektive einnimmt, eine gesamtwirtschaftliche Wende hin zu höheren FuE-Aktivitäten erreichen lässt. **Diese Strategie sollte unbedingt fortgesetzt werden** - gerade auch in Zeiten, in denen aufgrund externer Ereignisse die Beibehaltung hoher Investitionen in FuE schwieriger wird.

- Die Expansion der FuE-Kapazitäten in Deutschland ab 2006 erfolgte im Gleichschritt von Wirtschaft und Wissenschaft. Dadurch wurden etablierte Strukturen des deutschen Innovationssystems erhalten und gestärkt, insbesondere was die engen Austauschbeziehungen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft betrifft. Diese **gleichmäßige Entwicklung von FuE in Wirtschaft und Wissenschaft sollte daher beibehalten werden**. Dies bedeutet, das Tempo der FuE-Expansion der Wirtschaft auch über entsprechende zusätzliche Mittel für Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen in die Wissenschaft zu übertragen.
- Trotz der hohen FuE-Intensität der deutschen Volkswirtschaft sind die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft angesichts der spezifischen Branchenstruktur (hoher Anteil von FuE-intensiven Wirtschaftszweigen) relativ niedrig. Im Vergleich zu anderen Industrieländern ist die FuE-Intensität der meisten Wirtschaftszweige in Deutschland unterdurchschnittlich. Gleichzeitig liegen die FuE-Ausgaben der KMU in Deutschland - gemessen an der Landesgröße - deutlich unter denen der meisten anderen Industrieländer. Hier existiert ein großes Potenzial für eine Erhöhung der FuE-Ausgaben. Um dieses zu mobilisieren, sind insbesondere FuE-Anreize für KMU und für die gesamte sektorale Breite der deutschen Wirtschaft wichtig. Um dies zu erreichen, sollte die Wirkung der steuerlichen FuE-Förderung (**Forschungszulage**) durch ein **vereinfachtes Antragsverfahren**, eine **Erhöhung des Deckels** und eine **Ausweitung der förderfähigen Kosten** auf alle Arten von FuE-Ausgaben verbessert werden.
- Gleichzeitig sollten weitere Instrumente genutzt werden, um zusätzliche Anreize für FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor - mit Schwerpunkt auf KMU und das gesamte Branchenspektrum - zu setzen. Hierzu ist das **Programm ZIM** sehr gut geeignet und sollte daher budgetär besser ausgestattet werden. Außerdem sollten Instrumente, die neben FuE auch Investitionen in die Umsetzung von FuE-Ergebnissen finanzieren, verstärkt herangezogen werden. Eine solche **FuE-Umsetzungsförderung** könnte an einer zuvor erhaltenen FuE-Förderung ansetzen. Auf Basis der erzielten FuE-Ergebnisse wäre von dem Unternehmen eine Umsetzungsstrategie und die hierfür notwendigen materiellen und immateriellen In-

vestitionen und das mit diesen Investitionen einhergehende Umsetzungsrisiko darzulegen. Die öffentliche Förderung könnte dann aus einem Mix aus Zuschüssen, eigenkapitalähnlichen Darlehen und zinsbegünstigten Krediten bestehen, dessen Höhe vom Risiko und den Wachstumsperspektiven des Umsetzungsprojekts abhängt.

- Im Bereich der **wissensintensiven Dienstleistungen** sind nicht so sehr FuE-Ausgaben ein entscheidender Produktivitätstreiber, sondern Investitionen in die **Digitalisierung**. Gleichzeitig ist eine Trennung zwischen FuE- und Digitalisierungsprojekten in dieser Branchengruppe schwierig, da die Neu- und Weiterentwicklung von Dienstleistungsangeboten und Prozessen fast immer neue Digitalisierungsansätze und digitale Lösungen erfordert. Von daher ist eine stärkere Integration von FuE- und Digitalisierungsprojekten bei der Förderung von Unternehmen in den wissensintensiven Dienstleistungen durch entsprechende Anpassungen bei den förderfähigen Aktivitäten und Kosten angezeigt. Generell legt die Bedeutung des Zusammenspiels von **FuE und anderen immateriellen Investitionen** als Produktivitätstreiber nahe, diese verschiedenen Formen der Investition in neues Wissen und Kompetenzen auch bei der Förderung zu berücksichtigen und sich von einer alleine auf FuE abzielenden Förderung wegzubewegen. Dies setzt allerdings Anpassungen bei der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung der EU (Verordnung 651/2014) voraus und ist somit nur auf europäischer Ebene und auf längere Sicht umsetzbar
- Eine Stärkung der FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft setzt allerdings voraus, dass ein entsprechendes Angebot an qualifiziertem Personal existiert. Der Fachkräftemangel ist derzeit das größte Hemmnis für investitionsbereite Unternehmen in Deutschland. Dies gilt nicht nur für die Arbeitskräftenachfrage generell, sondern in besonderem Maße für die Umsetzung von Innovationsvorhaben. Um das Fachkräfteangebot für FuE-Aktivitäten zu sichern, ist sowohl eine **Ausweitung der akademischen Ausbildung** sowie der **beruflichen Ausbildung** in für FuE-Aktivitäten relevanten Berufen (z.B. IT- und Laborberufe) als auch eine Migrationspolitik nötig, die die **Zuwanderung von qualifizierten Fachkräften** erleichtert.

1 Einleitung

1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) stellen einen zentralen Indikator zur Beurteilung der Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft dar. Durch FuE wird ein wesentlicher Teil des neuen Wissens und der neuen Technologien geschaffen, die entscheidend für gesamtwirtschaftliche Produktivitätsfortschritte und auf Innovationen beruhenden Wettbewerbsvorteilen sind. Die Relation zwischen FuE-Ausgaben und Bruttoinlandsprodukt ("FuE-Quote") ist eine der wichtigsten Orientierungsgrößen für die Innovationspolitik auf nationaler wie europäischer Ebene. In Deutschland hat die Bundesregierung für 2025 einen Zielwert von 3,5 % formuliert, auf EU-Ebene gilt 3,0 % als Zielgröße. Im Jahr 2019 lag die FuE-Quote in Deutschland bei 3,17 % und in der EU-27 bei 2,2 %.

Die FuE-Ausgaben werden im Wesentlichen von drei volkswirtschaftlichen Sektoren getätigt: der gewerblichen Wirtschaft, den Hochschulen und den öffentlichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Innerhalb der gewerblichen Wirtschaft verteilen sich die FuE-Ausgaben sehr ungleichmäßig zwischen einzelnen Branchen. So trug in Deutschland im Jahr 2019 das verarbeitende Gewerbe 85 % zu den gesamten internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft bei, während auf den volkswirtschaftlich erheblich bedeutenderen Dienstleistungssektor nur 15 % entfielen. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors zeigen sich ebenfalls erhebliche Unterschiede im FuE-Ausgabenniveau. Für die Analyse der Entwicklung der FuE-Ausgaben ist es somit entscheidend, diese Branchenunterschiede in den Blick zu nehmen.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, die Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland in den letzten drei Jahrzehnten (d.h. seit den 1990er Jahren) differenziert nach Sektoren und Branchen zu analysieren und der Entwicklung in anderen Ländern gegenüberzustellen. Letztlich soll die Position und Dynamik Deutschlands bei den FuE-Ausgaben im internationalen Kontext eingeordnet werden, etwa im Hinblick auf branchenspezifische Besonderheiten und Entwicklungspfade. Dabei werden die beobachteten Entwicklungen in Zusammenhang mit wirtschafts- und forschungspolitischen Entwicklungen gestellt. Aus den Analyseergebnissen werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, wie die Position Deutschlands bei den FuE-Ausgaben gestärkt werden kann.

1.2 Methodik und Gliederung der Studie

Zentrale Datengrundlage für die Analysen sind folgende Datenbanken der OECD:

- Die Datenbank **MSTI** (*Main Science and Technology Indicators*) der OECD enthält u.a. Angaben zu den FuE-Ausgaben nach Durchführungs- und Finanzierungssektoren auf Länderebene für alle Mitgliedstaaten der OECD und einzelne assoziierte Staaten.
- Die Datenbank **ANBERD** (*Analytical Business Enterprise Research and Development*) der OECD enthält Angaben zu den FuE-Ausgaben der Wirtschaft differenziert nach Wirtschaftszweigen für fast alle Mitgliedstaaten der OECD und einzelne assoziierte Staaten.
- Die Datenbank **RDS** (*Research and Development Statistics*) der OECD enthält für alle Mitgliedstaaten der OECD u.a. Angaben zu den FuE-Ausgaben der Wirtschaft differenziert nach Größenklassen und Finanzierungsquellen sowie zur Verteilung der FuE-Ausgaben nach Phasen im FuE-Prozess.
- Die Datenbank **STAN** (*Structural Analysis*) der OECD enthält für alle Mitgliedstaaten der OECD und einzelne assoziierte Staaten u.a. Angaben zu Produktionswert und Wertschöpfung nach Wirtschaftszweigen, die für die Berechnung von FuE-Intensitäten benötigt werden.

Die Analysen umfassen den Zeitraum 1991 bis 2019 bzw. dem aktuellsten verfügbaren Jahr. Auf die Einbeziehung des Jahres 2020 wurde weitgehend verzichtet, da sich in diesem Jahr aufgrund der Pandemiesituation in einigen Ländern, darunter auch Deutschland, eine Sonderentwicklung ergeben hat, die Strukturanalysen, welche im Zentrum dieser Studie stehen, tendenziell verzerren.

Als Vergleichsländer werden jene Länder herangezogen, die aufgrund der absoluten Höhe ihrer FuE-Ausgaben, der FuE-Intensität (FuE-Ausgaben in Relation zum BIP) oder der Dynamik der FuE-Ausgaben in den vergangenen zwei Jahrzehnten von besonderem Interesse sind. Es sind dies Australien, Belgien, China,

Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Israel, Japan, Kanada, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz, Südkorea, USA.

Da für China als Nicht-OECD-Land in den OECD-Datenbanken nicht im selben Umfang Angaben zu FuE-Ausgaben und Produktion vorliegen wie für OECD-Länder (insbesondere in Hinblick auf FuE-Ausgaben für einzelne Wirtschaftszweige), wird ergänzend auf Daten aus nationalen chinesischen Statistiken zurückgegriffen.

Die Studie umfasst sechs Abschnitte:

- Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben in Deutschland und Vergleichsländern nach Hauptsektoren und Phasen im FuE-Prozess
- Berechnung von FuE-Kapitalstöcken und Analyse der FuE-Ausgaben in Relation zu den FuE-Kapitalstöcken
- FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen in Deutschland und Vergleichsländern im Hinblick auf Intensität, Konzentration und Spezialisierung
- Dekomposition der Entwicklung der FuE-Ausgaben in Struktur- und Verhaltenseffekte für Deutschland und Vergleichsländer
- Zusammenhang von FuE-Ausgaben und Produktivität auf sektoraler und gesamtwirtschaftlicher Ebene in Deutschland und Vergleichsländern sowie auf Unternehmensebene in Deutschland
- Ableitung von wirtschafts- und innovationspolitischen Empfehlungen

2 Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben

Die Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben wird für den Zeitraum 1991 bis 2019 auf Basis der Angaben aus der OECD-Datenbank MSTI sowie der FuE-Statistik der OECD (RDS) untersucht. Die Definition von FuE ist in Box 1 dargestellt. Die FuE-Ausgaben stellen dabei die internen Ausgaben für FuE (Personal- und Sachaufwendungen sowie die Investitionen in Anlagegüter speziell für FuE) dar, enthalten jedoch nicht die Aufwendungen für externe FuE-Aufträge. Die FuE-Ausgaben liegen - den Gepflogenheiten der internationalen FuE-Statistik (vgl. OECD 2015) folgend - differenziert für vier Durchführungssektoren (Wirtschaft, Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen, gemeinnützige Einrichtungen¹) und vier Finanzierungssektoren (Wirtschaft, Staat, Hochschulen und gemeinnützige Einrichtungen, Ausland) vor. Für den Vergleich über die Zeit werden die FuE-Ausgaben der einzelnen Länder anhand des BIP-Deflators des jeweiligen Landes in Angaben zu konstanten Preisen umgewandelt. Für die Ermittlung der FuE-Ausgaben für die Summe der Vergleichsländer werden die FuE-Ausgaben in nationaler Währung anhand des Wechselkurses (Jahresdurchschnittskurs) in US-\$ umgerechnet.

Box 1: Definition von FuE

Forschung und Entwicklung (FuE) ist im Frascati Manual der OECD (2015: 28) wie folgt definiert: "FuE ist schöpferische und systematische Arbeit zur Erweiterung des Wissensstands – einschließlich des Wissens über die Menschheit, die Kultur und die Gesellschaft – und zur Entwicklung neuer Anwendungen auf Basis des vorhandenen Wissens." Damit eine Aktivität als FuE-Aktivität gilt, muss die Aktivität gleichzeitig neuartig, schöpferisch, ungewiss, systematisch und übertragbar bzw. reproduzierbar sein.

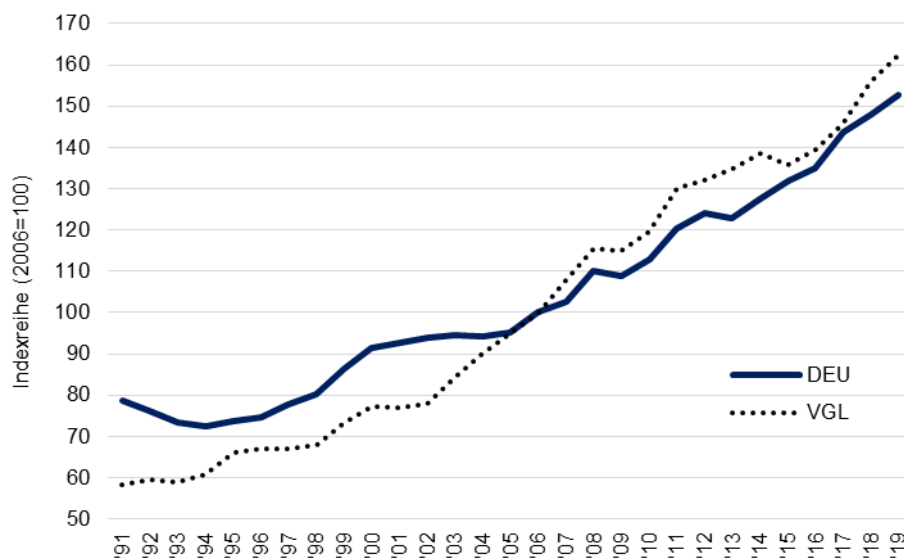
2.1 FuE-Dynamik und FuE-Intensität

Die gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben haben sich in Deutschland nach 2005 sehr dynamisch entwickelt und konnten mit der Dynamik in den Vergleichslän-

¹ In der FuE-Statistik für Deutschland sind die Durchführungssektoren staatliche Forschungseinrichtungen und gemeinnützige Einrichtungen nur zusammengefasst ausgewiesen.

dern annähernd mithalten (Abbildung 1). Zuvor nahmen die realen FuE-Ausgaben in Deutschland deutlich langsamer als im Durchschnitt der Vergleichsgruppe zu. Im Zeitraum 2005-2019 lag die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der realen FuE-Ausgaben in Deutschland bei 3,4 %, im Vergleich zu nur 1,4 % im Zeitraum 1991-2005. In den Vergleichsländern war die Dynamik in beiden Teilzeiträumen recht ähnlich: 1991-2005 wuchsen die realen FuE-Ausgaben mit einer Jahresrate von 3,6 %, im Zeitraum 2005-2019 mit einer Rate von 3,9 %.

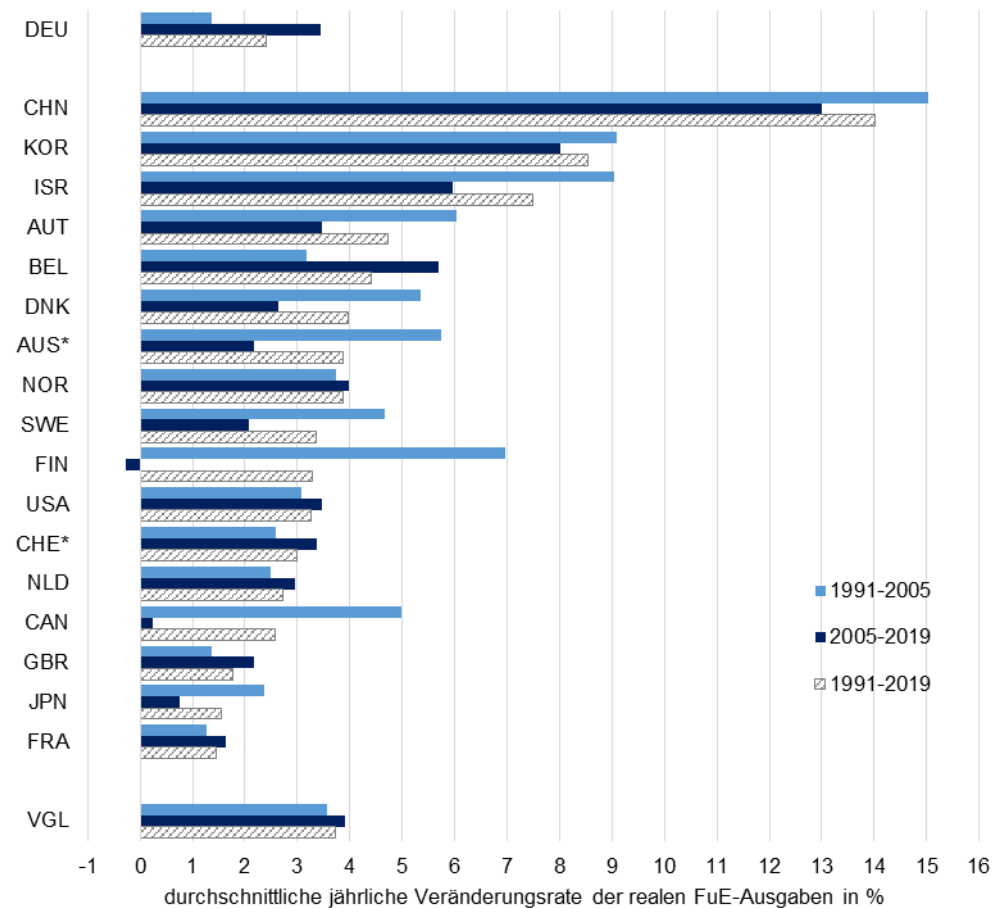
Abbildung 1: Entwicklung der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern



Reale FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators berechnet.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Die hohe Dynamik in den Vergleichsländern war wesentlich durch zwei Länder bestimmt: China und Südkorea. In China wuchsen die FuE-Ausgaben in der ersten Teilperiode jahresdurchschnittlich um 15,0 % und in der zweiten Teilperiode um 13,0 % (Abbildung 2). Südkorea weist Wachstumsraten von 9,1 % (1991-2005) und 8,0 % (2005-2019) auf. Ebenfalls überdurchschnittlich stark zugenommen haben die FuE-Ausgaben in Israel und Österreich (insbesondere in der ersten Teilperiode) sowie in Belgien (insbesondere in der zweiten Teilperiode).

Abbildung 2: Veränderungsrate der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Teilperioden



Reale FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators berechnet.

* 1992-2005 bzw. 2005-2017

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

In Deutschland kann die deutliche Steigerung der FuE-Dynamik ab 2006 mit einer Neuausrichtung der Forschungspolitik des Bundes in Zusammenhang gebracht werden. 2006 wurde die erste Hightech-Strategie veröffentlicht, die nicht nur neue inhaltliche Schwerpunkte der FuE-Förderung des Bundes setzte, sondern auch einen Mittelaufwuchs für viele Programme bedeutete. Gleichzeitig wurde die finanzielle Ausstattung der Hochschulen und Forschungsorganisationen im Rahmen der Exzellenzinitiative sowie des Paktes für Forschung und

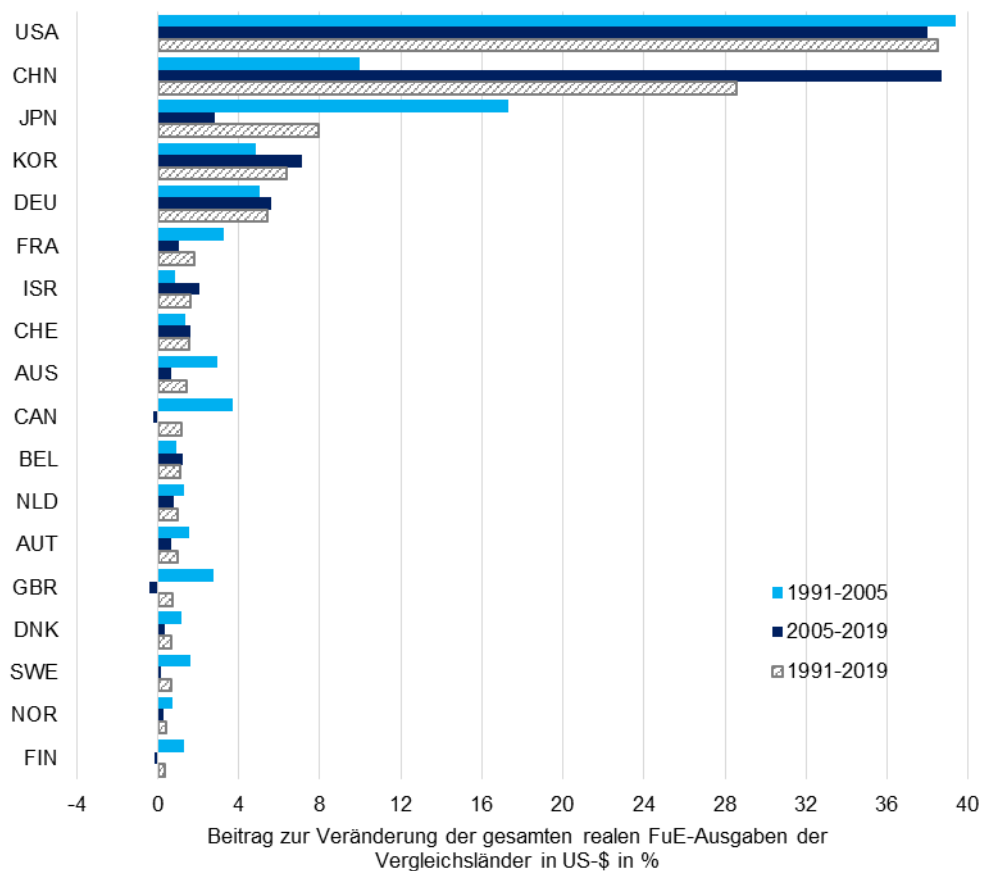
Innovation merklich erhöht (vgl. Polt et al. 2010). Ab 2009 kamen kurzfristig zusätzliche Mittel aus einem Konjunkturpaket hinzu, die den Rückgang der FuE-Ausgaben der Wirtschaft im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise abfederten. Seit 2011 stiegen die realen FuE-Ausgaben in Deutschland fast jedes Jahr deutlich an, einzig 2013 kam es zu einer kurzen "Atempause" aufgrund rückläufiger FuE-Ausgaben der Wirtschaft.

Beim Vergleich der Wachstumsraten der realen FuE-Ausgaben zwischen Ländern ist zu beachten, dass die einzelnen Länder sehr unterschiedliche absolute Niveaus der FuE-Ausgaben aufweisen. Eine alternative Betrachtungsweise der Dynamik der FuE-Ausgaben zielt daher auf die absolute Veränderung der FuE-Ausgaben ab. Diese zeigt an, in welchem Umfang ein Land einen Beitrag zur Ausweitung der FuE-Kapazitäten leistet. Abbildung 3 zeigt den Beitrag der einzelnen Vergleichsländer zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben in den 18 hier betrachteten Ländern zwischen 1991 und 2019. Für die Berechnung dieses Beitrags wurden die FuE-Ausgaben aller Länder in US-\$ auf Basis des Wechselkurses umgerechnet. Hier zeigt sich, dass auf die USA im Zeitraum 1991-2019 der größte Teil des Zuwachses an FuE-Kapazitäten entfiel (38,5 %). Die unterdurchschnittliche Wachstumsrate der FuE-Ausgaben der USA in diesem Zeitraum von 3,3 % täuscht somit über die enorme absolute Erhöhung der FuE-Aktivitäten hinweg.

An zweiter Stelle liegt China, das für 28,6 % der Erhöhung der FuE-Ausgaben verantwortlich war. In der Periode 2005-2019 war Chinas Beitrag mit 38,7 % allerdings etwas höher als der der USA (38,0 %). In der ersten Teilperiode (1991-2005) trugen die USA dagegen viermal so viel zur Ausweitung der FuE-Kapazitäten bei als China (39,4 % gegenüber 10,0 %). In dieser Teilperiode war Japan das Land mit den zweithöchsten absoluten Zuwächsen an FuE-Ausgaben (17,3 %). Im Zeitraum 2005-2019 wuchsen die FuE-Ausgaben Japans allerdings nur noch wenig (jahresdurchschnittlich um 0,7 %), sodass der Beitrag Japans in dieser Periode auf 3,0 % fiel. Südkorea trug im gesamten Betrachtungszeitraum 7,9 % zur Zunahme der FuE-Ausgaben bei. Ab 2005 war Südkoreas Beitrag höher (7,1 %) als vor 2005 (4,8 %).

Deutschland liegt bei dieser Analyse der FuE-Dynamik an fünfter Stelle. Über die gesamte Betrachtungsperiode hinweg trug es 5,4 % zum Zuwachs an FuE-Ausgaben in den betrachteten Ländern bei. Im Zeitraum 2005-2019 lag dieser Anteilswert mit 5,6 % höher als vor 2005 (5,0 %).

Abbildung 3: Beitrag einzelner Länder zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Teilperioden

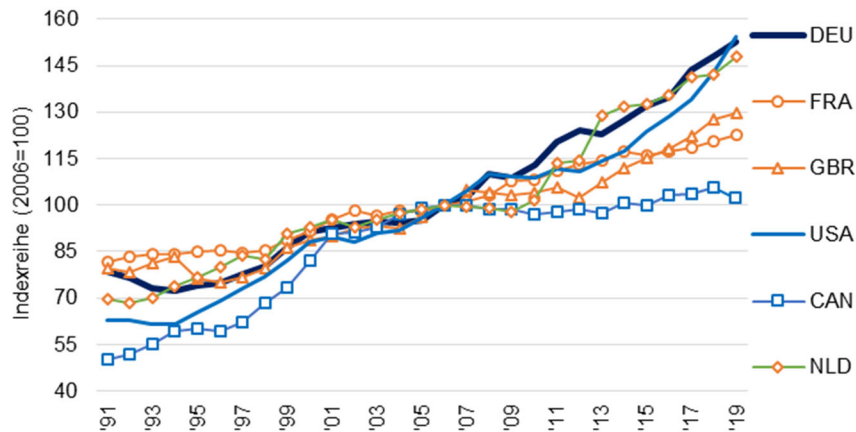


Reale FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators berechnet.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

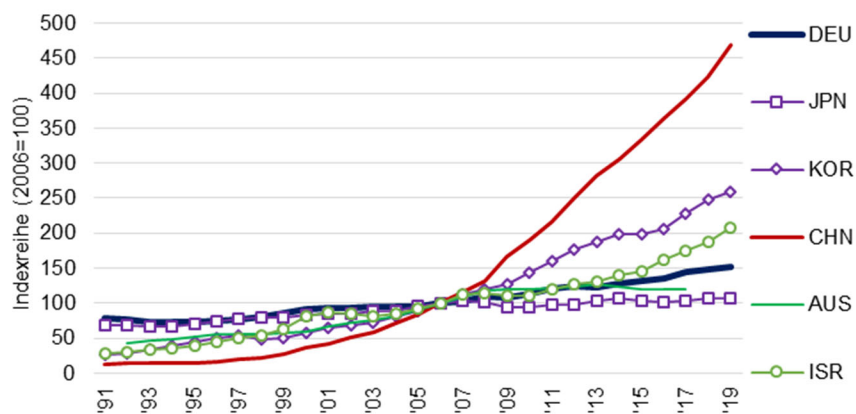
In Abbildung 4 ist die Entwicklung der realen FuE-Ausgaben in den einzelnen Vergleichsländern für den gesamten Zeitraum 1991-2019 dargestellt. Aus deutscher Sicht zeigt sich, dass die Dynamik ab 2006 hierzulande höher war als in allen anderen großen europäischen und nordamerikanischen Ländern.

Abbildung 4: Entwicklung der realen FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

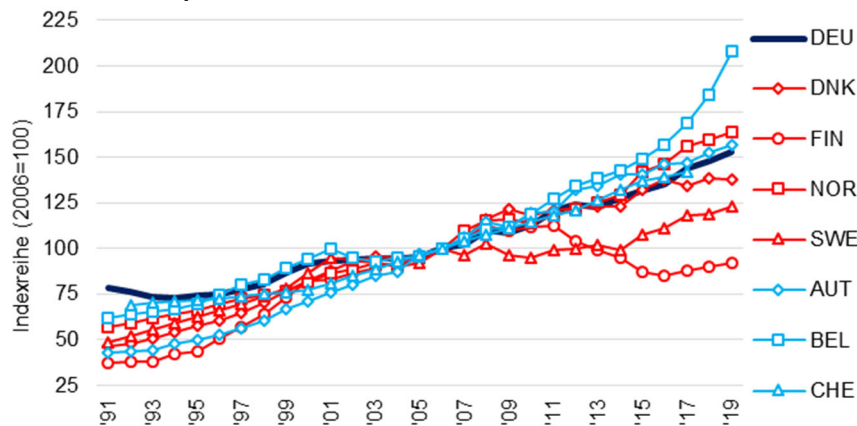
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder



Reale FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators berechnet.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Gegenüber den asiatischen und ozeanischen Vergleichsländern (Teil b. in Abbildung 4) macht sich die deutsche Dynamik jedoch bescheiden aus, da hier die enorme Expansion der FuE-Ausgaben Chinas sowie das sehr hohe Wachstum in Südkorea und Israel das Bild dominieren. Im Vergleich zu den kleineren europäischen Ländern (Teil c. in Abbildung 4) liegt Deutschland im Mittelfeld. Eine höhere FuE-Dynamik ab 2006 weisen Belgien, Norwegen, Österreich und die Schweiz auf, eine geringere die skandinavischen Länder Dänemark, Finnland und Schweden.

Betrachtet man die aktuelle Entwicklung seit 2015, so fällt unter den sehr großen Volkswirtschaften die hohe Dynamik der USA und unter den kleineren europäischen Ländern das rasche FuE-Wachstum in Belgien auf. Die Hintergründe dieser Dynamik werden in Box 2 diskutiert.

Box 2: Fallbeispiele USA und Belgien

Unter den hochentwickelten Industrieländern stechen am aktuellen Rand (d.h. ab Mitte der 2010er Jahre) Belgien und die USA mit einem besonders hohem Wachstum der FuE-Ausgaben hervor und verdienen daher einen genaueren Blick. Zwischen 2015 und 2019 nahmen die realen FuE-Ausgaben Belgiens um 41 % zu, in den USA betrug der Anstieg 25 % (zum Vergleich Deutschland: +17 %). Die gesamtwirtschaftliche FuE-Intensität Belgiens erhöhte sich dadurch von 2,4 auf 3,2 %, die der USA von 2,8 auf 3,2 %. In beiden Ländern ist das starke FuE-Wachstum der letzten Jahre durch den Unternehmenssektor bestimmt und stammt im Wesentlichen aus unternehmensinternen Finanzierungsquellen. In Belgien entfielen 83 % der Zunahme der realen FuE-Ausgaben auf den Wirtschaftssektor, in den USA waren es 80 %.

In den **USA** sind hierfür vor allem die IKT-Dienstleistungen verantwortlich, auf die 35 % des gesamten Anstiegs der realen FuE-Ausgaben zwischen 2015 und 2019 (von ca. 125 Mrd. US-\$) entfallen. Weitere Treiber in den USA waren die Pharmaindustrie (19 % Anteil am gesamten FuE-Zuwachs) und die Elektronik-Industrie (7 %). Der gesamte Hochschulsektor der USA trug demgegenüber 10 % zur Zunahme der realen FuE-Ausgaben zwischen 2015 und 2019 bei, die staatlichen Forschungseinrichtungen 7 %. Beide Anteilswerte am FuE-Wachstum liegen unter den Strukturanteilen der beiden Durchführungssektoren, d.h. sie expandierten unterdurchschnittlich. Finanzierungsseitig haben die inländischen Unternehmen (75 %) und das Ausland (16 %, d.h. vor allem ausländische Unternehmen) den größten Teil des FuE-Ausgabenwachstums gestemmt. Der US-amerikanische Staat trug lediglich 4 % bei, was erheblich unter seinem Strukturanteil an der FuE-Finanzierung in den USA von 25 % im Jahr 2015 liegt.

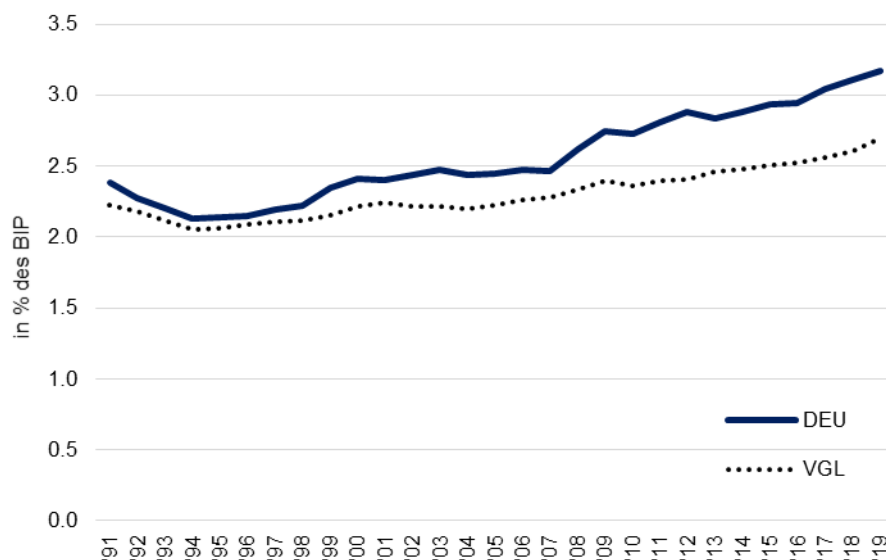
In **Belgien** waren drei Branchen maßgeblich für die FuE-Expansion verantwortlich: Pharma-industrie (31 % des gesamten realen Anstiegs der FuE-Ausgaben Belgiens), IKT-Dienstleis-tungen (21 %) und FuE-Dienstleistungen (12 %, u.a. im Biotechnologiebereich). Die Hoch-schulen trugen demgegenüber mit 8 % und die staatlichen Forschungseinrichtungen mit 7 % vergleichsweise wenig bei. Finanzierungsseitig zeigt sich dasselbe Bild wie in den USA. In-ländische Unternehmen steuerten 78 % zum FuE-Anstieg bei, das Ausland 10 % und der bel-gische Staat 6 % (der Rest entfällt auf sonstige Einrichtungen).

Die hohe FuE-Dynamik im belgischen Unternehmenssektor ging mit der Ausweitung der staatlichen FuE-Förderung einher. In **Belgien** beruht die FuE-Förderung von Unternehmen auf einen Mix aus direkter Förderung und steuerlicher Förderung. Der Umfang der direkten Förderung in Relation zum BIP ging seit 2015 tendenziell zurück. Der Umfang der steuerli-cher FuE-Förderung stieg parallel zu den höheren FuE-Ausgaben der Unternehmen deutlich an. Dies kann im Zusammenhang mit einer Ausweitung der Lohnsteuerzulage für Personal-kosten von FuE-Personal gesehen werden. Während diese Förderung zunächst auf promo-viertes FuE-Personal eingeschränkt war, wurde sie 2013 auf FuE-Personal mit Masterab-schluss und 2018 auf FuE-Personal mit Bachelorabschluss ausgeweitet (vgl. OECD 2021b). Ein weiterer Faktor für die hohe FuE-Dynamik in Belgien ist in branchenspezifische Son-derentwicklungen zu suchen. In Belgien (insbesondere Flandern) hat sich in den vergange-nen zwei Jahrzehnten ein Pharma-Cluster herausgebildet, der günstige Bedingungen für FuE durch eine hervorragende Wissensinfrastruktur (u.a. VIB, KU Leuven) und eine enge Koope-ration von Wirtschaft und Kliniken im Bereich klinischer Studien bietet. Dies dürfte sich po-sitiv auf die FuE-Ausgaben der belgischen Pharmaindustrie ausgewirkt haben, die auch für Pharmaunternehmen aus anderen Ländern ein attraktiver Standort ist (z.B. Amgen, Johnson & Johnson, GlaxoSmithKline, Pfizer, MSD, Novartis, Sanofi).

In den **USA** gab es 2016 eine kleine Änderung in der steuerlichen FuE-Förderung, die sich allerdings nur auf KMU mit Verlusten ausgewirkt hat. Die Generosität der FuE-Förderung nahm erst 2018 im Zuge einer Reform der Unternehmenssteuer etwas zu (vgl. OECD 2021b). Insgesamt hat sich der Beitrag der steuerlichen Förderung zur FuE-Finanzierung in Unter-nehmen in den USA seit 2015 (und schon zuvor) erhöht und den rückläufigen Beitrag aus der direkten staatlichen FuE-Förderung, der seit 2009 anhält, kompensiert. Für die Erklä-rung des starken Anstiegs der FuE-Ausgaben der Wirtschaft sind diese Politikänderungen allerdings deutlich zu gering. In den USA sind die großen Unternehmen in der Digitalwirt-schaft die entscheidenden Treiber für die hohe FuE-Dynamik. So haben die vier größten Unternehmen in dieser Branche (Alphabet, Microsoft, Apple, Facebook) ihre weltweiten FuE-Ausgaben von zusammen 25,2 Mrd. € im Jahr 2015 auf 69,7 Mrd. € im Jahr 2020 erheb-lich gesteigert. Der Zuwachs von 44,5 Mrd. € dieser vier Unternehmen entspricht alleine fast der Hälfte der Zunahme der FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors in den USA seit 2015.

Die FuE-Intensität ist ein Indikator, der die FuE-Ausgaben eines Landes in Relation zu seiner Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt - BIP) stellt. Dieser Indikator zeigt somit an, ob die Dynamik der FuE-Ausgaben stärker oder schwächer als die gesamtwirtschaftliche Dynamik ist. Der Trend in Deutschland und den Vergleichsländern ist dabei eindeutig (Abbildung 5): Seit 1995 nimmt die FuE-Intensität fast stetig zu. In Deutschland stieg sie von 2,1 % (1994) auf 3,2 % (2019). Eine besonders starke Zunahme zeigt sich ab 2008. Für die Vergleichsländer ergibt sich eine etwas schwächere Zunahme von 2,0 % (1994) auf 2,7 % (2019). Hier ist - im Gegensatz zu Deutschland - keine Zunahme des ansteigenden Trends zu beobachten. Der starke Anstieg der FuE-Intensität in Deutschland in den vergangenen zehn Jahren zeigt deutlich die Prioritätsverschiebung sowohl im Bereich der öffentlichen Ausgaben als auch der privatwirtschaftlichen Investitionen in Richtung FuE.

Abbildung 5: Entwicklung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern



FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

In Abbildung 6 ist die Entwicklung der FuE-Intensität in den einzelnen Vergleichsländern für den gesamten Zeitraum 1991-2019 dargestellt. Im Vergleich zu den großen europäischen und nordamerikanischen Ländern weist Deutschland aktuell - gleichauf mit den USA - die höchste FuE-Intensität auf. Von 2011

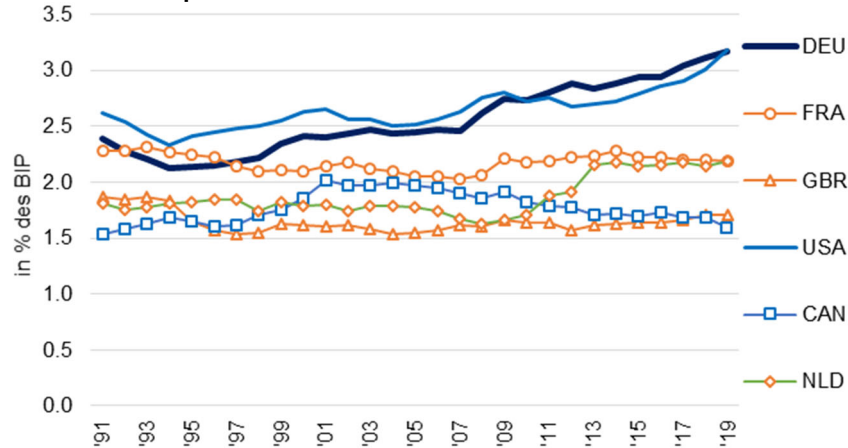
bis 2018 lag die FuE-Intensität Deutschlands über der der USA. Der Abstand zu den europäischen Ländern Frankreich, Großbritannien und den Niederlanden sowie zu Kanada hat sich seit 2014 vergrößert, da die FuE-Intensität in Deutschland weiter zunahm, während sie in den genannten Ländern stagnierte oder sogar rückläufig war.

Gegenüber den asiatischen und pazifischen Vergleichsländern ist die FuE-Intensität Deutschlands dagegen weder besonders hoch noch besonders dynamisch. Hier stechen Israel und Südkorea hervor. In Israel nahm die FuE-Intensität vom fast demselben Wert wie Deutschland Anfang der 1990er Jahre auf 5,1 % im Jahr 2019 zu. Südkorea steigerte die FuE-Intensität von deutlich unter dem deutschen Niveau auf 4,6 % im Jahr 2019. Japan wies den gesamten Zeitraum über eine höhere FuE-Intensität als Deutschland auf, wenngleich sich die beiden Werte allmählich angenähert haben und im Jahr 2019 fast gleich hoch waren (3,17 % in Deutschland, 3,21 % in Japan). Die FuE-Intensität Chinas lag auch 2019 mit 2,2 % noch deutlich unter der Deutschlands, der Abstand zwischen den beiden Quoten hat sich ab 2014 kaum noch verringert. Australien ist das einzige Land aus dieser Vergleichsgruppe, das einen rückläufigen Trend der FuE-Intensität aufweist. Nach einem starken Anstieg bis 2009 (bis nahe an das damalige deutsche Niveau) ist seither ein merklicher Rückgang zu beobachten.

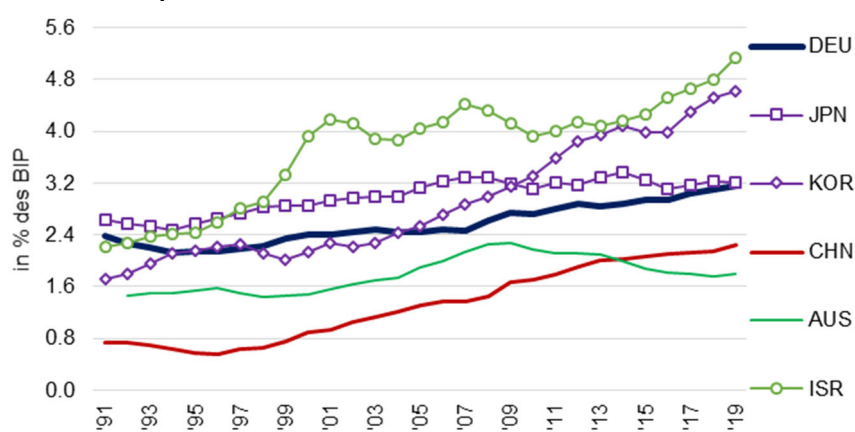
Für die Gruppe der kleineren europäischen Länder zeigt sich ein interessanter Konvergenztrend der FuE-Intensität. Lagen Anfang der 2000er Jahre die FuE-Intensitäten in dieser Gruppe in einer Bandbreite zwischen 3,9 % (Schweden) und 1,5 % (Norwegen), so sind die Unterschiede im Jahr 2019 erheblich geringer (zwischen 3,4 % in Schweden und 2,2 % in Norwegen). Deutschland vergleicht sich sowohl vom Niveau wie von der Dynamik her gut mit dieser Gruppe. Bemerkenswert ist, dass die beiden skandinavischen Länder Schweden und Finnland ihr sehr hohes Niveau aus den 2010er Jahren nicht halten konnten. Dahinter stehen deutlich Rückgänge der FuE-Ausgaben von einzelnen großen Unternehmen aus der IKT-Wirtschaft (Nokia, Ericsson). Im Gegenzug haben drei Länder in dieser Gruppe ihre FuE-Intensität erheblich gesteigert, nämlich Österreich (+1,7 %-Punkte seit 1991), Belgien (+1,6 %-Punkte) und Dänemark (+1,3 %-Punkte).

Abbildung 6: Entwicklung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

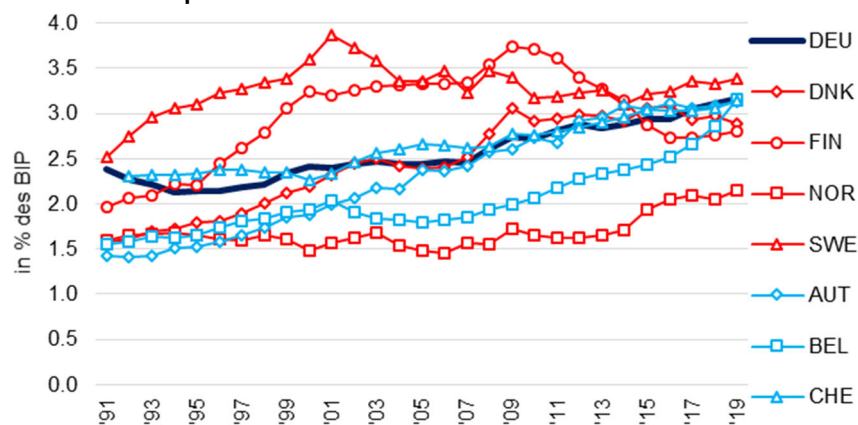
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder



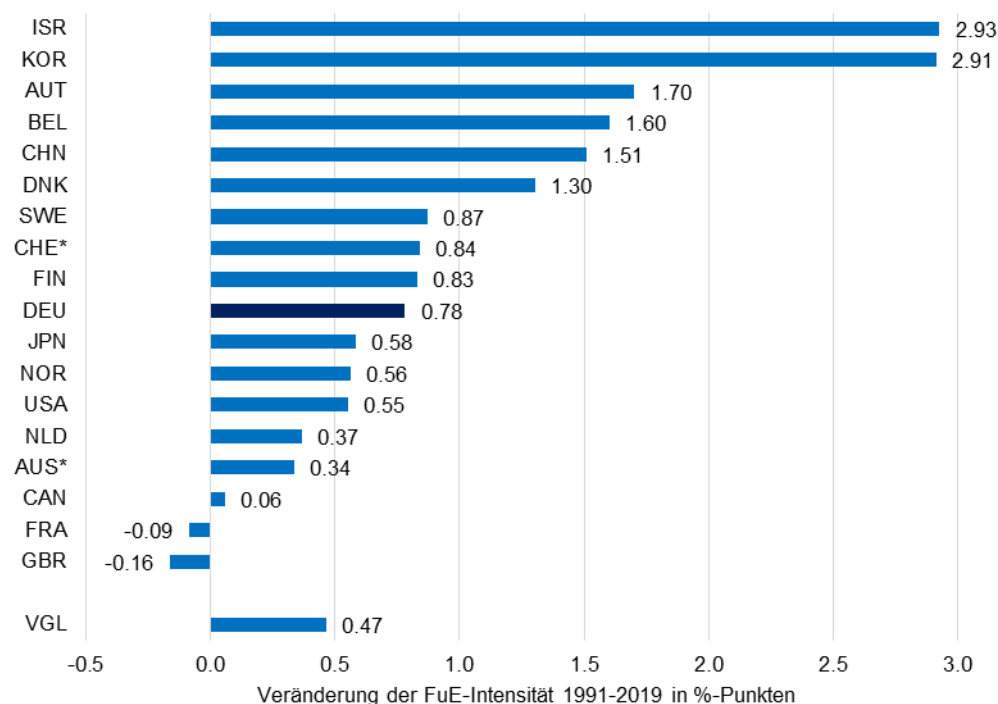
FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Ein wesentlicher Treiber für diese Entwicklung war die Zielsetzung der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2002, die FuE-Intensität der EU bis 2010 auf 3,0 % zu erhöhen. Einzelne Mitgliedstaaten haben diesen Zielwert als nationales Ziel übernommen und entsprechende zusätzliche staatliche Ausgaben initiiert sowie zusätzliche Anreize für Unternehmen geschaffen, mehr in FuE zu investieren.

Betrachtet man den gesamten Zeitraum 1991 bis 2019, so weisen Israel und Südkorea die mit Abstand höchste Steigerung der FuE-Intensität auf (Abbildung 7). Dahinter folgen die beiden europäischen Länder Österreich und Belgien. Erst dann folgt China, das seine FuE-Intensität um rund 1,5 %-Punkte gesteigert hat, was nur rund die Hälfte des Werts von Israel und Südkorea ist. Deutschland reiht sich mit einem Anstieg von 0,78 %-Punkten ins Mittelfeld der Vergleichsländer ein. Hinter Deutschland liegen Japan (+0,58 %-Punkte) und die USA (+0,55 %-Punkte).

Abbildung 7: Veränderung der FuE-Intensität 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

* 1992-2019.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Drei Vergleichsländer haben ihre FuE-Intensität seit 1991 nur sehr gering erhöht (Kanada) oder sogar reduziert (Frankreich, Großbritannien). In den beiden europäischen Ländern lag dies u.a. an geringeren FuE-Ausgaben für militärische Zwecke, die von einem hohen Niveau aus nach dem Ende des Kalten Kriegs zurückgefahren wurden.

2.2 FuE-Ausgaben nach Durchführungs- und Finanzierungssektoren

FuE wird primär in den Unternehmen der Wirtschaft und in Wissenschaftseinrichtungen (Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen) durchgeführt. Differenziert nach diesen beiden Sektoren zeigt sich für Deutschland eine zunehmende FuE-Intensität sowohl für die Wirtschaft als auch für die Wissenschaft. Für die Wirtschaft weisen auch die Vergleichsländer einen klar ansteigenden Trend der FuE-Intensität auf (Abbildung 8). Der Abstand zwischen dem deutschen Wert und dem Wert der Vergleichsländer blieb mit ca. 0,2 %-Punkten recht konstant, wenngleich er sich am aktuellen Rand auf 0,3 %-Punkte erhöht hat.

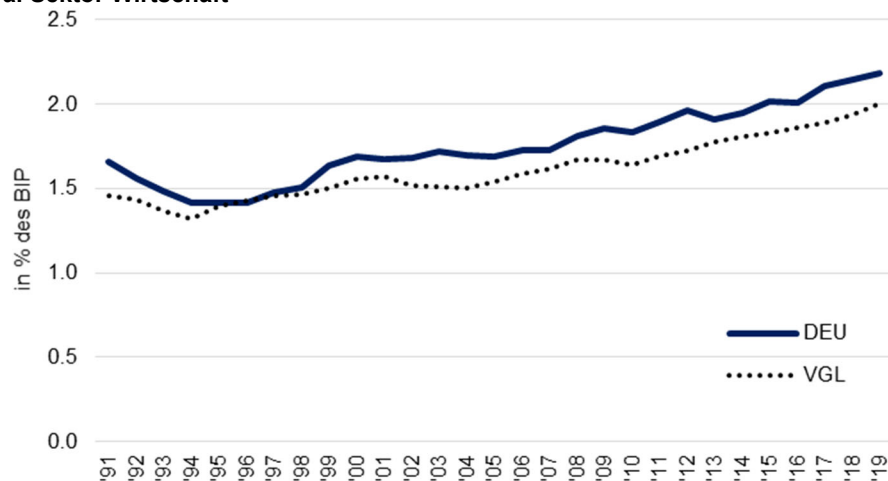
Für die Wissenschaft weicht die Entwicklung in Deutschland nach 2009 von der in der Summe der Vergleichsländer ab. Nachdem während der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/09 sowohl in Deutschland als auch in den Vergleichsländern die FuE-Intensität der Wissenschaft stark anstieg (vor allem aufgrund des rückläufigen BIP), kam es danach in den Vergleichsländern in Summe zu einem Rückgang der FuE-Intensität im Wissenschaftssektor. Im Jahr 2019 lag diese für die Gesamtheit der Vergleichsländer mit 0,64 % wieder auf dem Niveau der frühen 1990er Jahre, nachdem 2010 mit 0,67 % ein Höchstwert erreicht wurde. Die Differenz zum deutschen Wert erhöhte sich von 0,11 %-Punkten im Jahr 2004 auf 0,35 %-Punkte im Jahr 2019.

Die Entwicklung der FuE-Intensität der Wirtschaft und der Wissenschaft in den einzelnen Vergleichsländern ist in Abbildung 64 (Wirtschaft) und Abbildung 65 (Wissenschaft) im Anhang dargestellt. Die geringe Dynamik der FuE-Intensität der Wissenschaft in der Gruppe der Vergleichsländer ist wesentlich bestimmt durch die USA, Frankreich, Großbritannien und die Niederlanden. In den drei europäischen Ländern ging die FuE-Intensität zwischen 1991 und 2019 merklich zurück, in den USA blieb sie nahezu unverändert (Abbildung 9). Eine rückläufige Entwicklung zeigt sich außerdem für Israel. Während in Deutschland die FuE-

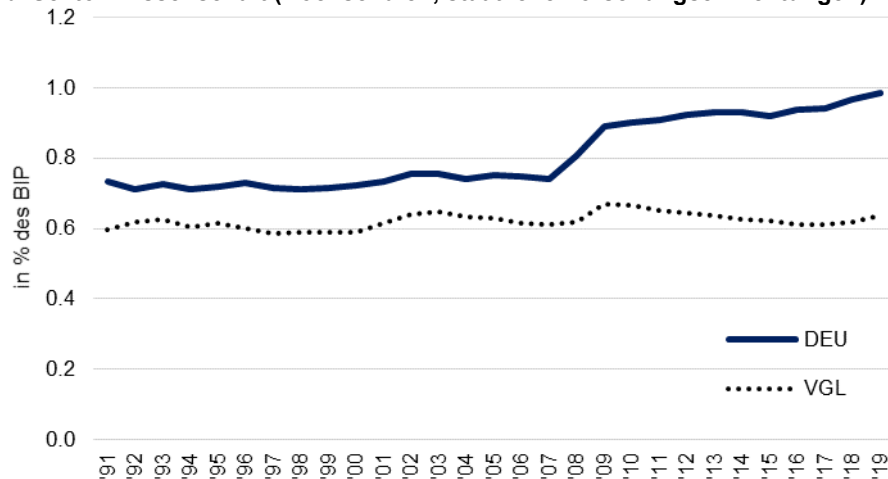
Intensität von Wirtschaft und Wissenschaft tendenziell im Gleichschritt stieg (wobei der doppelt so hohe Anstieg der FuE-Intensität der Wirtschaft auch die doppelt so hohen FuE-Ausgaben je BIP dieses Sektors widerspiegelt), weisen viele Länder sehr gegensätzliche Trends auf. Eine gleichmäßige Erhöhung der FuE-Intensität von Wirtschaft und Wissenschaft zeigt sich außer in Deutschland auch noch in der Schweiz, in Dänemark, in Kanada und in Norwegen.

Abbildung 8: Entwicklung der FuE-Intensität der Sektoren Wirtschaft und Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern

a. Sektor Wirtschaft



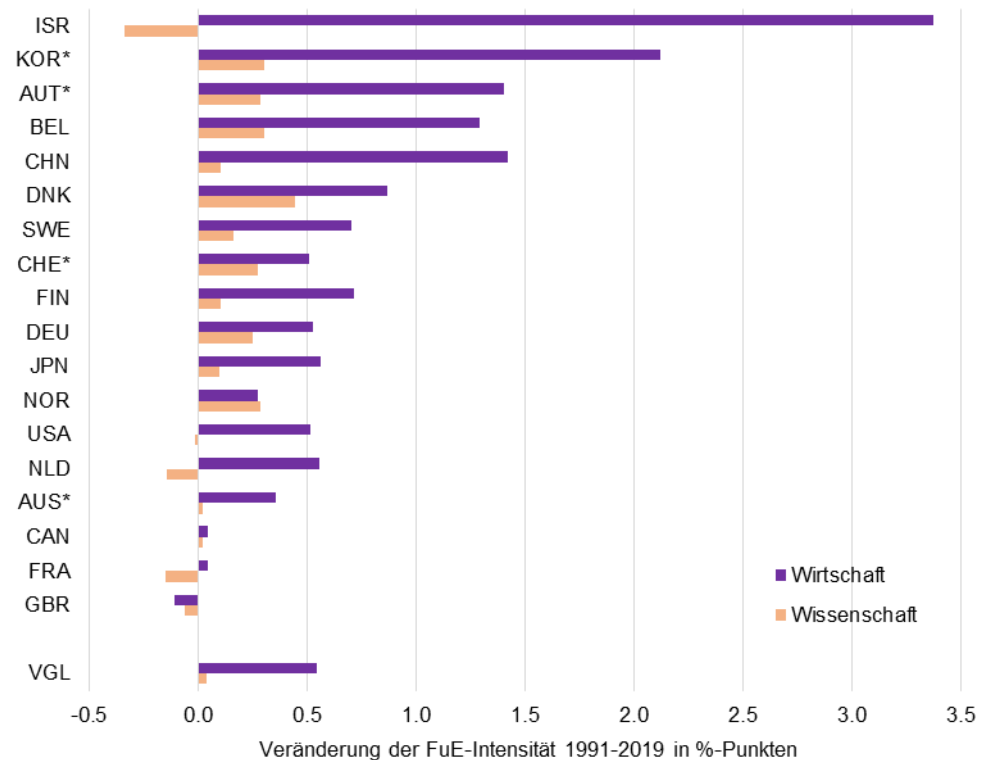
b. Sektor Wissenschaft (Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen)



FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 9: Veränderung der FuE-Intensität von Wirtschaft und Wissenschaft zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP. Reihenfolge der Länder entsprechend der Veränderung der FuE-Intensität von Wirtschaft und Wissenschaft insgesamt.

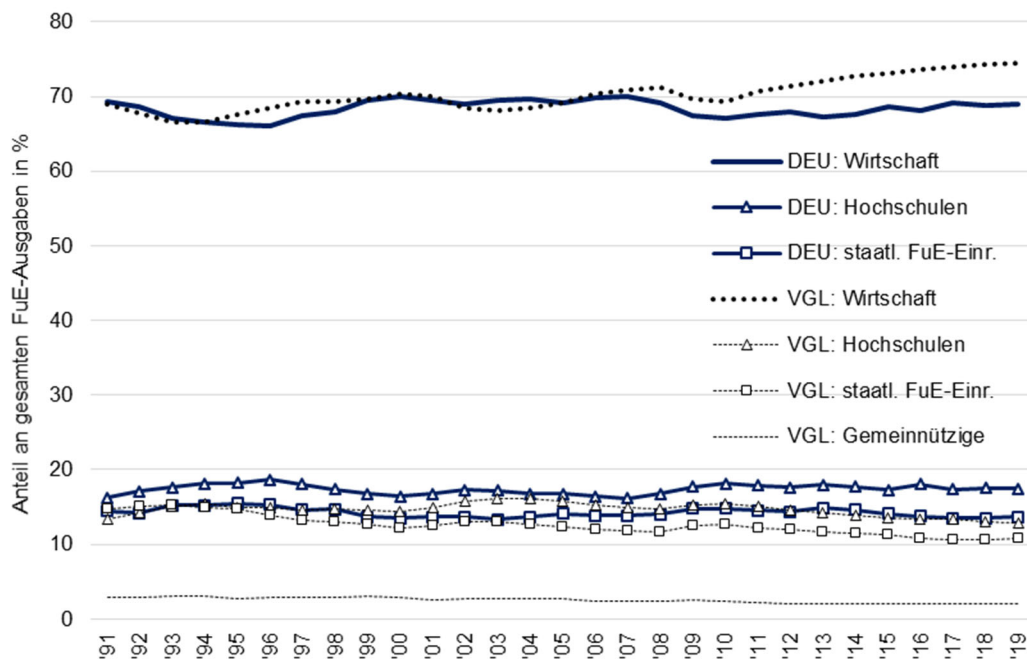
* AUS: 1992-2019 (Wissenschaft), AUT: 1993-2019; CHE: 1992-2019; KOR: 1995-2019.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Die gleichmäßige FuE-Ausgabendynamik in Wirtschaft und Wissenschaft in Deutschland spiegelt sich in relativ konstanten Anteilen der einzelnen **Durchführungssektoren** an den gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben. In Deutschland lag der Anteil der Wirtschaft im Jahr 1991 und im Jahr 2019 jeweils bei 69 % (Abbildung 10). Dazwischen war ein leichter Rückgang in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre auf 66 % und ein geringfügiger Anstieg in den 2000er Jahren auf 70 % zu beobachten. Für die beiden Durchführungssektoren auf Wissenschaftsseite zeigt sich eine entsprechend gegenläufige Entwicklung. Der Anteil der Hochschulen lag 1991 bei 16 %, stieg zwischenzeitlich auf 19 % (1996), sank bis 2006 wieder auf 16 % und lag 2019 bei 17 %. Der Beitrag der staatlichen Forschungseinrichtungen zu den gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben betrug in

fast allen Jahren etwa 14 %. Der niedrigste Wert wurde 2003 mit rund 13 % erreicht, der höchste (rund 15 %) Ende der 1990er Jahre sowie Anfang der 2010er Jahre.

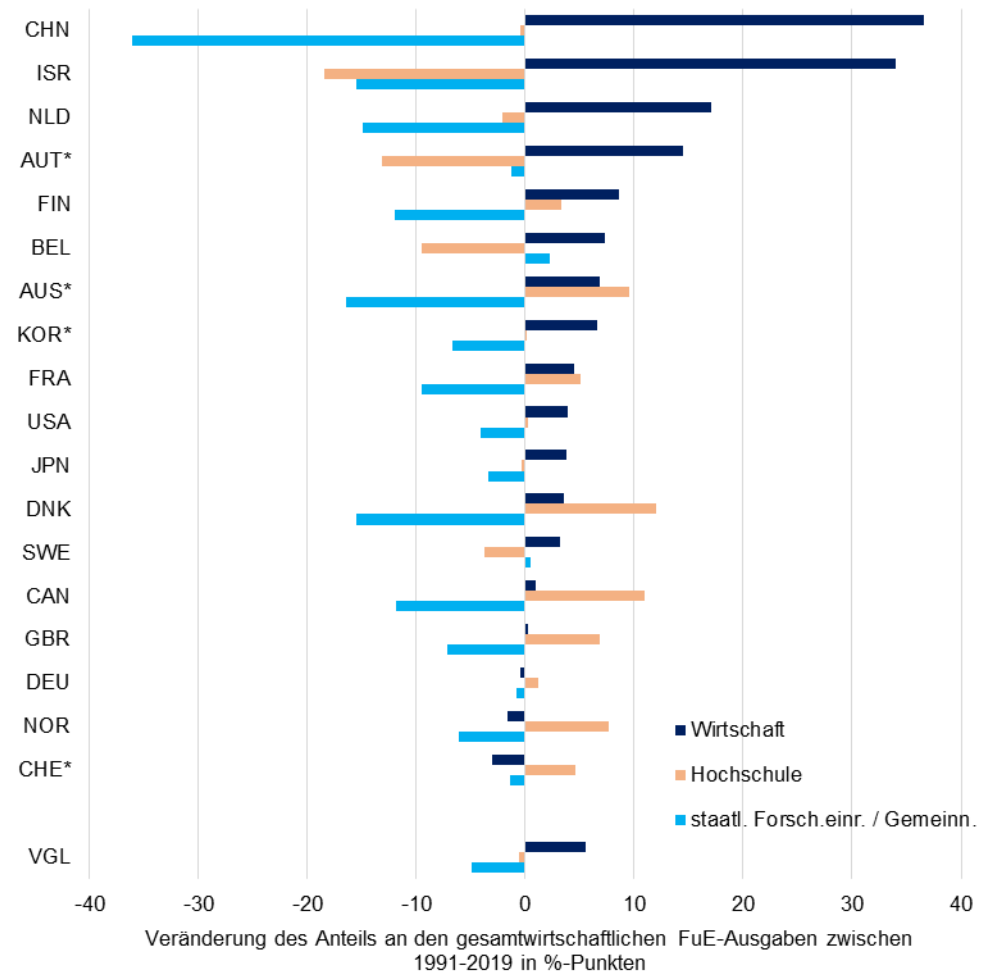
**Abbildung 10: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren
1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern**



Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

In den Vergleichsländern zeigt sich insofern eine andere Entwicklung, als der Anteil der Wirtschaft anstieg (von 69 % im Jahr 1991 auf 74 % im Jahr 2019), während der Anteil der staatlichen Forschungseinrichtungen von 15 auf 11 % zurückging. Der Anteil der Hochschulen blieb zwischen 1991 und 2019 bei 13 % unverändert, wenngleich es bis Anfang der 2000er Jahre zu einem Anstieg auf 16 % gekommen war. Der vierte Durchführungssektor, die gemeinnützigen Einrichtungen, spielen mit einem Anteil von 2-3 % in den Vergleichsländern nur eine untergeordnete Rolle. Die Anteile der Durchführungssektoren in den einzelnen betrachteten Ländern im Zeitablauf sind in Abbildung 66, Abbildung 67 und Abbildung 68 im Anhang dargestellt.

Abbildung 11: Veränderung der Anteile der FuE-Durchführungssektoren zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUS und CHE: 1992-2019; AUT: 1993-2019; KOR: 1995-2019.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Über den gesamten Zeitraum hinweg weisen fast alle Länder einen merklichen Anstieg des Wirtschaftsanteils auf, während in ebenfalls fast allen Ländern der Anteil der staatlichen Forschungseinrichtungen (inkl. gemeinnützige Einrichtungen) zurückging (Abbildung 11). Im Ländervergleich weist Deutschland mit Abstand die höchste Stabilität der Anteilswerte der FuE-Durchführungssektoren auf. Ebenfalls nur geringe Verschiebungen, wenngleich merklich höhere als in Deutschland, zeigen Japan, die USA, die Schweiz und Schweden. Die stärksten

Verschiebungen zugunsten der Wirtschaft gab es in China und Israel. Aber auch in den Niederlanden, Österreich, Finnland und Belgien erhöhten sich die Anteilswerte der Wirtschaft deutlich.

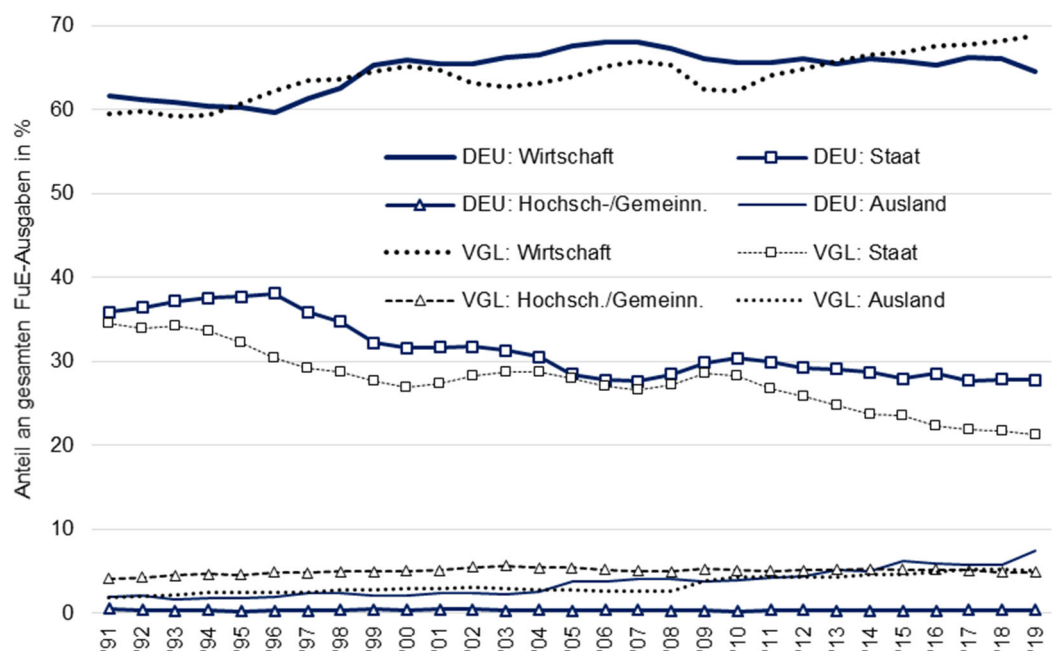
Die **Finanzierung von FuE** wird in der internationalen FuE-Statistik nach vier Sektoren getrennt: Wirtschaft, Staat, Hochschulen und gemeinnützige Einrichtungen sowie Ausland. Die Wirtschaft finanziert dabei ganz überwiegend die von ihr selbst durchgeführten FuE-Aktivitäten, vergibt aber auch FuE-Aufträge an Wissenschaftseinrichtungen. Der Staat finanziert einen großen Teil der FuE-Aktivitäten an Hochschulen und staatlichen Forschungseinrichtungen. Hochschulen und gemeinnützige Einrichtungen treten in einigen Ländern insbesondere als Finanzierungssektoren für FuE an Hochschulen auf, wozu u.a. Beiträge von Stiftungen sowie FuE-Aktivitäten, die aus Studiengebühren finanziert werden, zählen. Die Auslandsfinanzierung von FuE umfasst größtenteils FuE-Aktivitäten der Wirtschaft, die von ausländischen Unternehmen finanziert wurde, darunter insbesondere grenzüberschreitende FuE-Finanzierungen innerhalb von Unternehmensgruppen (Konzernen). Ein zweiter wichtiger Teil der Auslandsfinanzierung ist in Europa die Finanzierung über die Europäische Kommission und andere supranationale Stellen (u.a. Forschungsrahmenprogramm der EU, Europäisches Raumfahrtprogramm). Diese Mittel gehen sowohl an die Wissenschaft als auch an die Wirtschaft.

Der Anteil der FuE-Finanzierung durch die Wirtschaft nahm im Zeitablauf sowohl in Deutschland wie in den Vergleichsländern zu (Abbildung 12). In Deutschland stieg er von einem Tiefstwert von 60 % im Jahr 1996 auf über 68 % im Jahr 2006 und ging danach tendenziell wieder zurück. 2019 wurden 64 % der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben in Deutschland von der (inländischen) Wirtschaft finanziert. In den Vergleichsländer war der Anstieg stärker (1991: 59 %, 2019: 69 %) und spiegelt die Verschiebung der FuE-Aktivitäten in Richtung Wirtschaft wider.

Der Anteil des Staates sank in Deutschland vom Höchstwert im Jahr 1996 (38 %) auf einen Tiefstwert von 28 % (2006 und 2007) und stieg danach kurzfristig deutlich an (2010: 30 %), was wesentlich an den konjunkturstützenden Maßnahmen in den Jahren 2009 und 2010 liegt, die u.a. zur Ausweitung von staatlicher FuE-Finanzierung geführt haben. Seither ist ein allmählicher Rückgang zu

beobachten (2019: 28 %). Für die Vergleichsländer zeigt sich eine ähnliche Entwicklung bei einer insgesamt stärkeren Abnahme des staatlichen Finanzierungsanteils (1991: 35 %, 2019: 22 %).

Abbildung 12: Verteilung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern



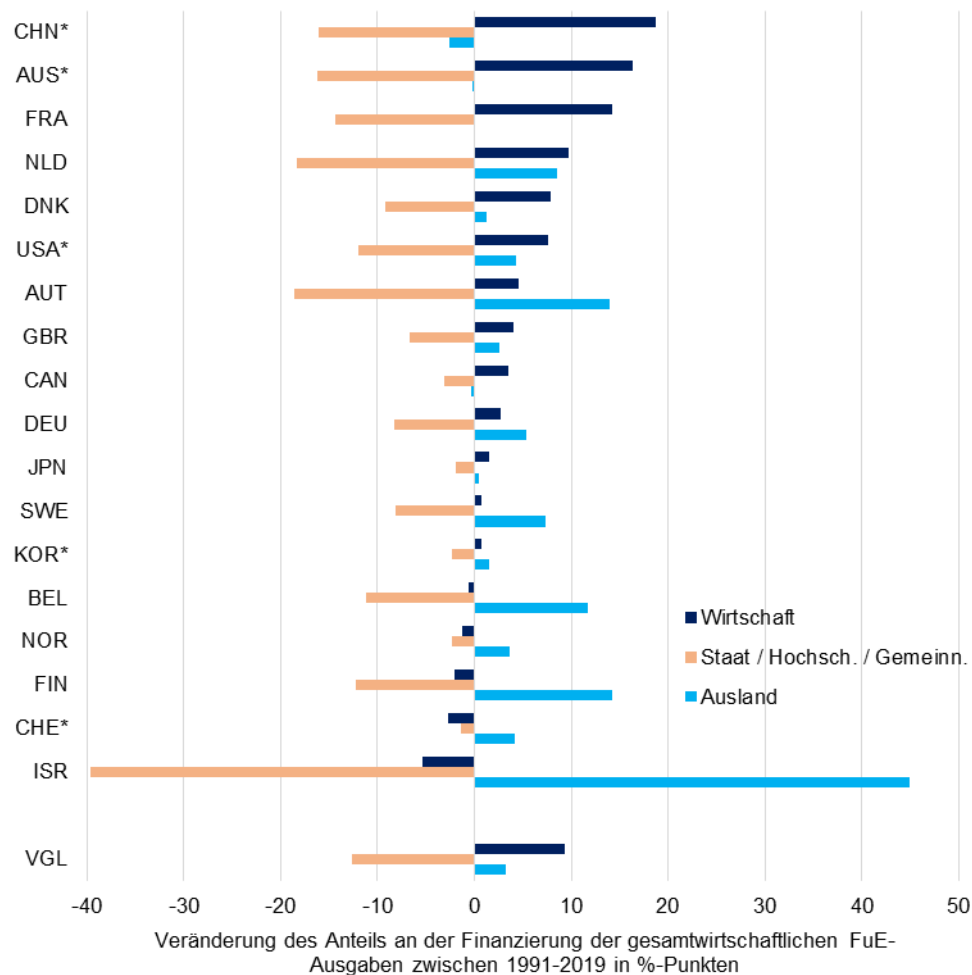
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Angestiegen ist der Finanzierungsbeitrag des Auslands, und zwar sowohl in Deutschland (von 2 % in den 1990er Jahren auf aktuell 7 %) und in den Vergleichsregionen (von 2 % in den 1990er Jahren auf rund 5 % in der zweiten Hälfte der 2010er Jahre). Der Beitrag der Hochschulen und gemeinnützigen Einrichtungen ist in Deutschland vernachlässigbar, in den Vergleichsländern macht er recht stabil etwa 5 % aus.

Die Anteile der Finanzierungssektoren in den einzelnen betrachteten Länder im Zeitablauf sind in Abbildung 69, Abbildung 70, Abbildung 71 im Anhang dargestellt. In nahezu allen Ländern (mit Ausnahme Chinas und Australiens) zeigt sich ein Anstieg des Auslandsfinanzierungsanteils, wobei Israel mit Abstand die höchste Veränderung aufweist (Abbildung 13). In den meisten Ländern hat sich

außerdem der Finanzierungsanteil der Wirtschaft erhöht, insbesondere in China, Frankreich und Australien. In jedem der betrachteten Länder war der FuE-Finanzierungsanteil des Staates (inkl. Hochschulen und gemeinnützige Einrichtungen) in der aktuellen Periode niedriger als im betrachteten Ausgangsjahr. Die geringsten Verschiebungen in den Anteilen der einzelnen FuE-Finanzierungssektoren weisen Japan und Südkorea sowie Norwegen auf, die höchsten Israel.

Abbildung 13: Veränderung der Finanzierungsanteile von FuE-Finanzierungssektoren zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUS: 1992-2008; CHE: 1993-2019; CHN: 2000-2019; KOR: 1995-2019; USA: 2009-2019.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

2.3 Finanzierung von FuE im Wissenschaftssektor durch die Wirtschaft

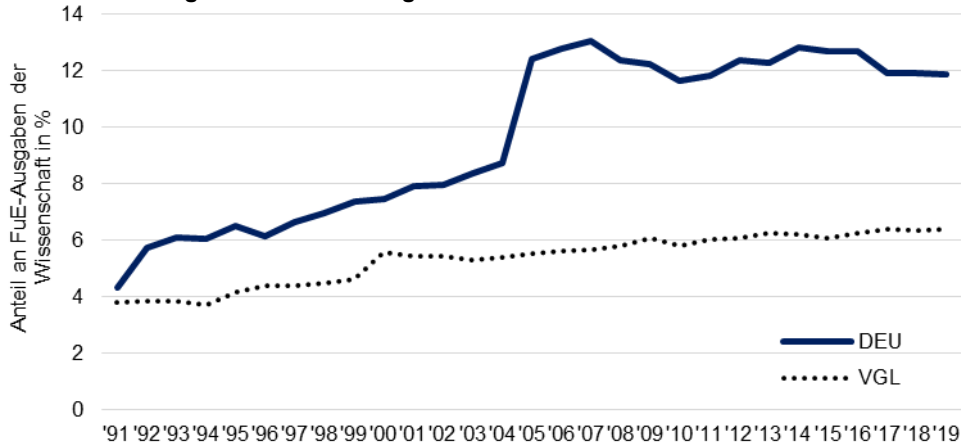
Drei Formen der FuE-Finanzierung sind aus innovationspolitischer Sicht von besonderem Interesse, nämlich die Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft (als ein wichtiger Indikator für das Ausmaß des Wissenstransfers zwischen den beiden Sektoren), die Finanzierung von FuE aus dem Ausland (als ein Indikator für die internationale Offenheit des Innovationssystems) sowie die Finanzierung von FuE in der Wirtschaft durch den Staat (als ein Indikator für das Ausmaß der direkten staatlichen Unterstützung von FuE-Aktivitäten der Unternehmen). In diesem Abschnitt wird die Finanzierung von FuE in der Wissenschaft durch die Wirtschaft betrachtet, die den folgenden beiden Abschnitten die beiden anderen FuE-Finanzierungsflüsse.

Für die Wirtschaftsfinanzierung von FuE in der Wissenschaft lassen sich zwei sehr klare Befunde aus deutscher Sicht erkennen: Das Niveau ist erheblich höher als im Durchschnitt der Vergleichsländer, und ihr Umfang hat in Deutschland stärker zugenommen als in den Vergleichsländern. Dies gilt sowohl für den Anteil der Wirtschaft an der gesamten Finanzierung von FuE in der Wissenschaft (Teil a. in Abbildung 14), für die Relation dieser FuE-Finanzierungsmittel zu den internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft (Teil b.) als auch für die Relation zum BIP (Teil c.). Der in allen drei Abbildungen auffällige Sprung zwischen den Jahren 2004 und 2005 ist auf eine Änderung (Verbesserung) in der statistischen Erfassung zurückzuführen. Doch auch wenn man diese herausrechnet, bleibt es bei der überproportionalen Zunahme der FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft.

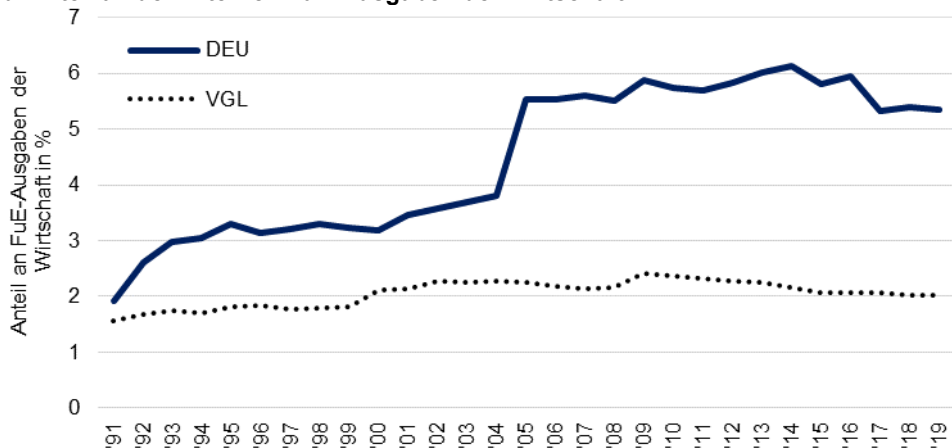
Die Entwicklung für die drei in Abbildung 14 dargestellten Indikatoren für die einzelnen Vergleichsländer findet sich im Anhang in Abbildung 72, Abbildung 73 und Abbildung 74. Neben Deutschland weisen auch Österreich, die Schweiz und Kanada bei allen drei Indikatoren einen Anstieg auf (Abbildung 15). In den Niederlanden stieg zwar der Wirtschaftsfinanzierungsanteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft, in Relation zu den FuE-Ausgaben der Wirtschaft nahmen die FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft nicht zu. In Belgien und China stieg der Anteil der FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft in Relation zum BIP, nicht aber in Relation zu den FuE-Ausgaben der beiden Sektoren, d.h. der FuE-Finanzierungsstrom zwischen Wirtschaft und Wissenschaft stieg langsamer als die FuE-Ausgaben.

Abbildung 14: Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern

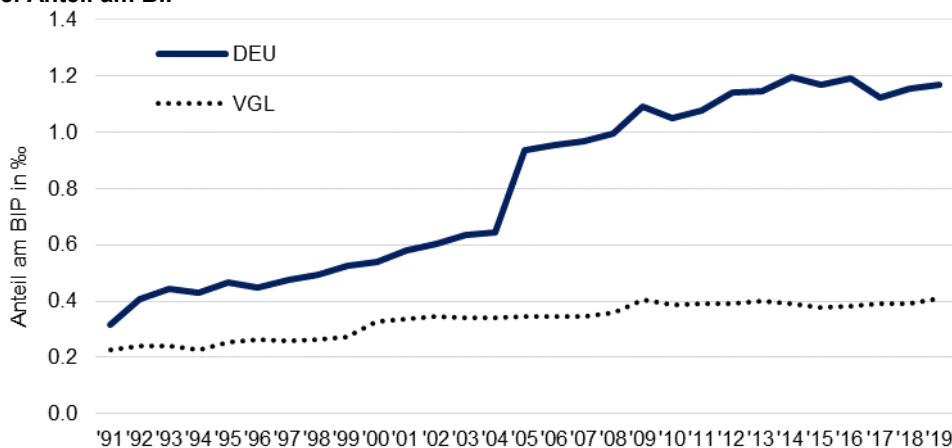
a. Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der Wissenschaft



b. Anteil an den internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft



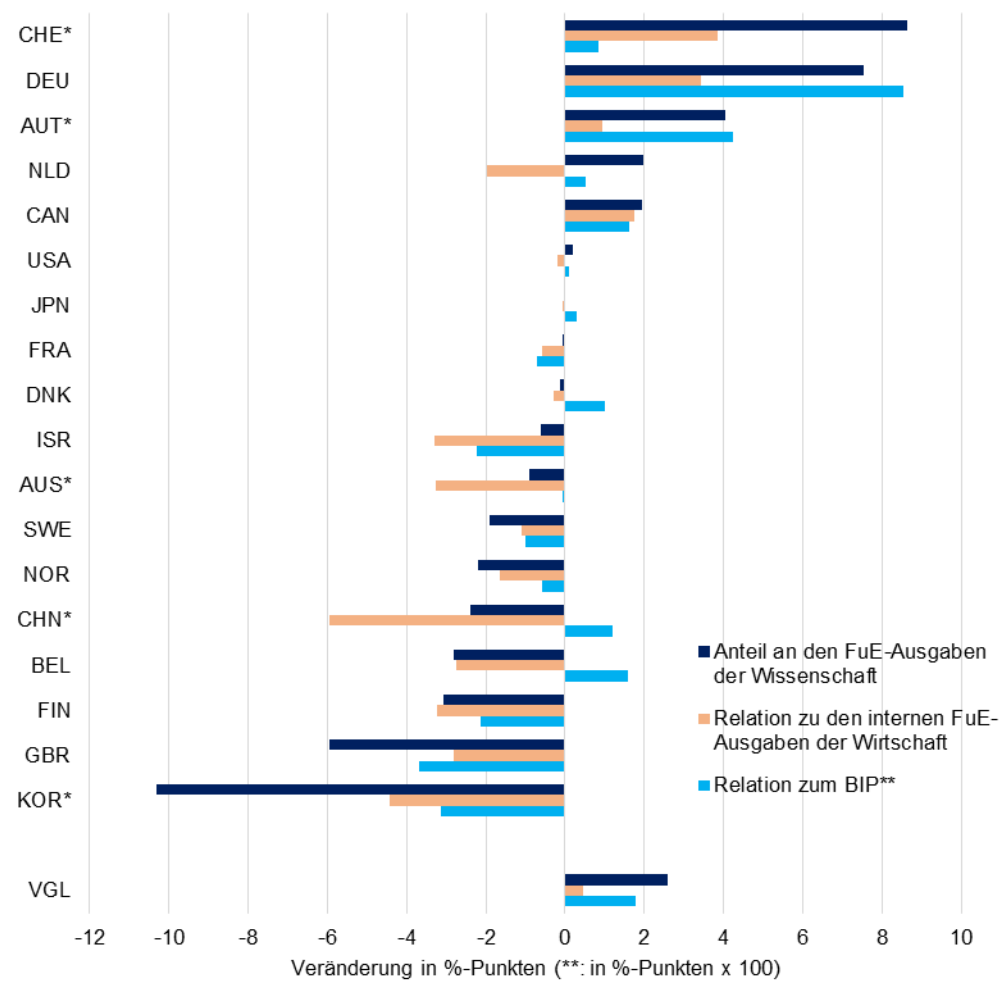
c. Anteil am BIP



Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

In zahlreichen Ländern nahm die Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, soweit sie sich in FuE-Finanzierungsströmen widerspiegelt, ab (Abbildung 15). Dies gilt für Großbritannien, Südkorea, Finnland, Norwegen, Frankreich und Schweden. Kaum eine Änderung gab es in Japan, Dänemark und den USA, in allen drei Ländern ist das Niveau der Wirtschaftsfinanzierung von wissenschaftlicher FuE sehr niedrig.

Abbildung 15: Veränderung von Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wissenschaft durch die Wirtschaft zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUS: 1992-2018; AUT: 1993-2019; CHE: 1992-2019; CHN: 2000-2019; KOR: 1995-2019.

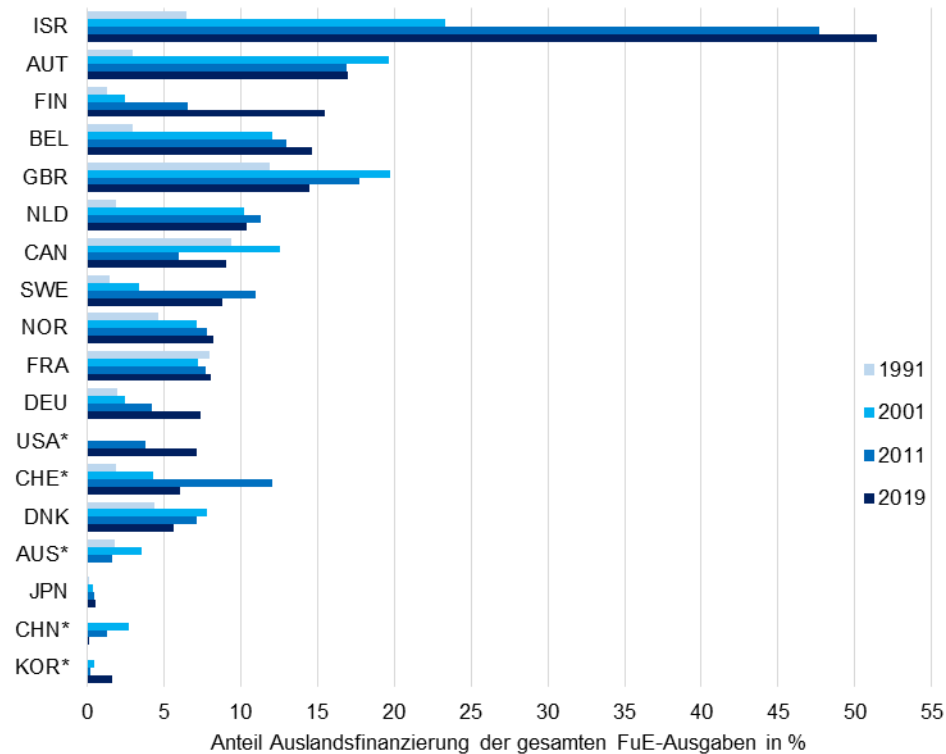
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

2.4 Auslandsfinanzierte FuE-Ausgaben

Der Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben variiert innerhalb der Gruppe der Vergleichsländer enorm. In Israel wurden zuletzt mehr als 51 % der gesamten FuE-Ausgaben aus dem Ausland finanziert, während in den ostasiatischen Ländern China, Japan und Südkorea dieser Anteil bei 0,5 % oder weniger liegt (Abbildung 16). Kleine Länder weisen tendenziell einen höheren Auslandsfinanzierungsanteil auf als größere. In Deutschland ist der Anteil der auslandsfinanzierten FuE-Ausgaben mit 7,4 % (2019) ähnlich hoch wie in Frankreich und den USA. Von den größeren Ländern weist Großbritannien einen recht hohen Wert auf (14,5 %). Unter den kleineren Ländern ist der Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE in der Schweiz (6,0 %) und in Dänemark (5,6 %) relativ niedrig. Hohe Anteilswerte zeigen neben Israel noch Österreich (17,0 %), Finnland (15,5 %) und Belgien (14,7 %).

In Deutschland stieg der Anteil der auslandsfinanzierten FuE-Ausgaben kontinuierlich von 1,9 % im Jahr 1991 über 2,5 % im Jahr 2001 und 4,2 % im Jahr 2011 an. Neben Deutschland stieg auch in Israel, Belgien und Finnland diese Quote relativ gleichmäßig an. Andere Länder weisen dagegen eine fallende Tendenz auf (Österreich, China, Großbritannien).

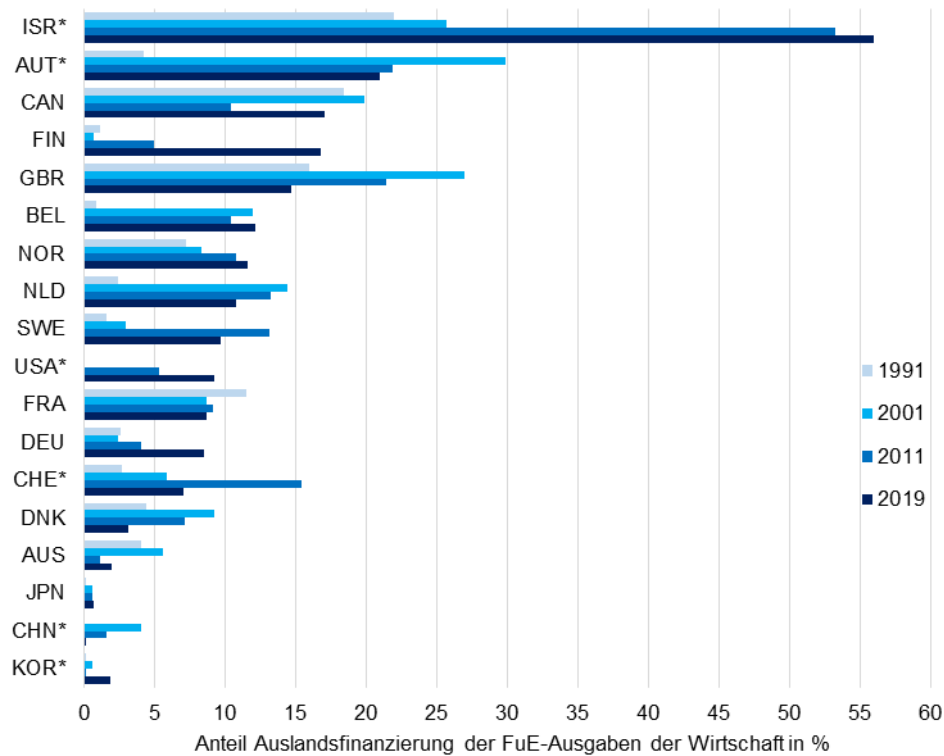
Abbildung 16: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben 1991-2020 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUS: 1992 statt 1991, CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; KOR: 1995 statt 1991; USA: keine Werte für 1991 und 2001.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Die aus dem **Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft** umfassen im Wesentlichen die FuE-Finanzierung durch ausländische Unternehmen (darunter häufig verbundene Unternehmen wie z.B. Konzernmütter) sowie durch internationale Organisationen (für EU-Länder insbesondere die Europäische Kommission und andere europäische Programme, wie die Europäische Raumfahrtbehörde ESA). In Deutschland machte die Auslandsfinanzierung im Jahr 2019 8,5 % der gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft aus. Dies ist deutlich mehr als die Anteilswerte für die asiatischen und pazifischen Länder (Südkorea: 0,1 %, China: 0,4 %, Japan: 0,6 %, Australien: 1,9 %), aber erheblich weniger als für die meisten kleinen bis mittelgroßen Vergleichsländer (Abbildung 17). Den mit Abstand höchsten Anteilswert weist Israel auf (56 %). Sehr hoch ist der Auslandsfinanzierungsbeitrag zur Wirtschafts-FuE außerdem in Österreich (21 %) sowie Kanada und Finnland (jeweils 17 %).

Abbildung 17: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



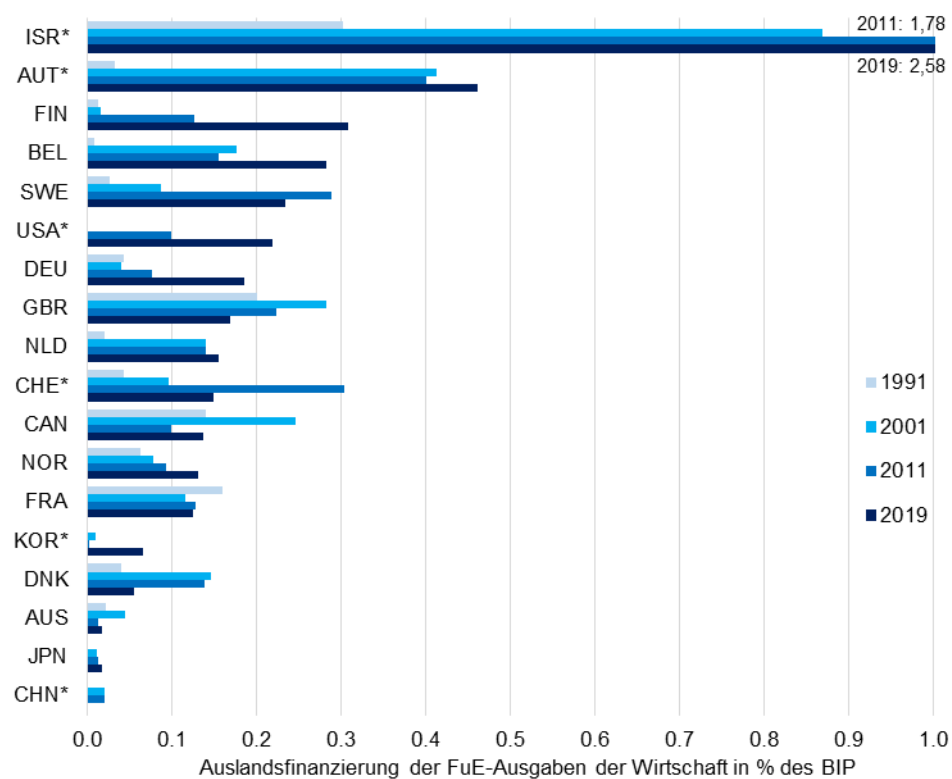
* AUT: 1993 statt 1991; CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; ISR: 1993 statt 1991; KOR: 1995 statt 1991; USA: keine Werte für 1991 und 2001.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Im Zeitablauf zeigt sich für mehrere Länder eine Zunahme des Anteils der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft. Dies gilt für Deutschland, Finnland, Schweden, Israel und die USA. In anderen Ländern zeigt sich dagegen zumindest für die Zeit nach 2000 ein rückläufiger Trend (Österreich, Großbritannien, Niederlande, Dänemark, Australien, China). Die relativ starken Schwankungen im Anteil der auslandsfinanzierten FuE-Ausgaben liegen im Wesentlichen an Übernahmen, Zusammenschlüssen und Abtrennungen von großen Unternehmen, wodurch sich konzerninterne FuE-Finanzierungsströme ändern.

Um die volkswirtschaftliche Bedeutung der aus dem Ausland finanzierten FuE im Wirtschaftssektor zu bewerten, kann die Höhe dieser Finanzierung in Relation zum BIP gesetzt werden. Hier liegt Deutschland mit einem Wert von 0,19 % in der oberen Hälfte der Vergleichsländer. Höhere Werte weisen Israel, Österreich, Finnland, Belgien, die USA und Schweden auf. Deutlich zeigt sich die Zunahme der Bedeutung von auslandsfinanzierter FuE im Wirtschaftssektor in Deutschland sowie in Finnland, den USA und Belgien in den 2010er Jahren.

Abbildung 18: Aus dem Ausland finanzierte FuE-Ausgaben der Wirtschaft als Anteil am BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



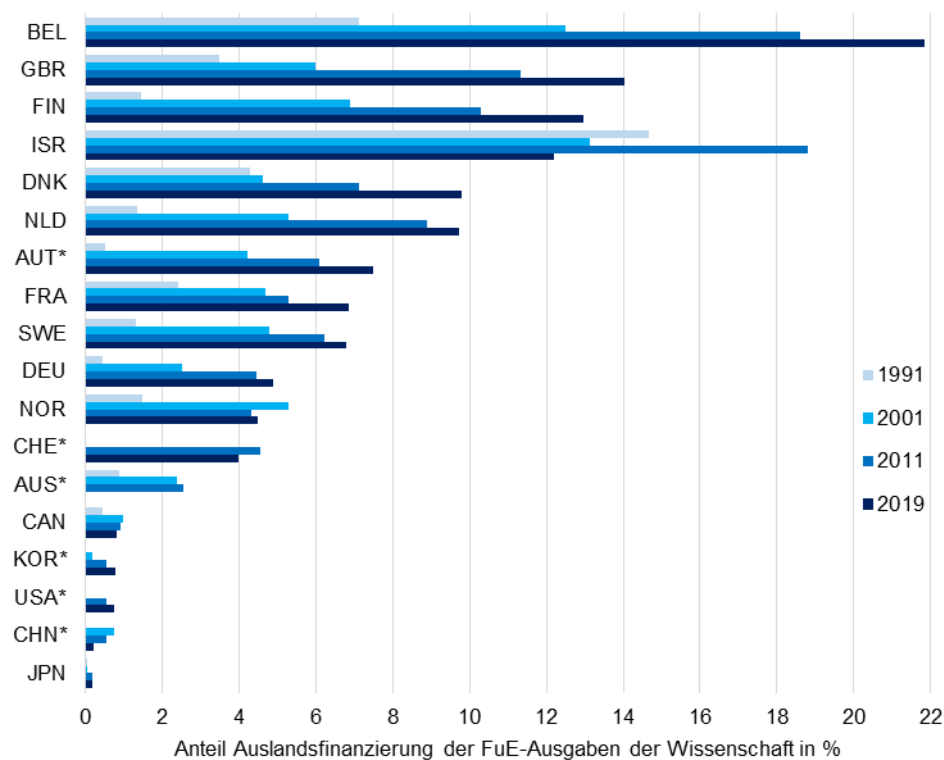
* AUT: 1993 statt 1991; CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; ISR: 1993 statt 1991; KOR: 1995 statt 1991; USA: keine Werte für 1991 und 2001.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Der Anteil der aus dem **Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft** ist in fast allen Ländern deutlich niedriger als der Auslandsfinanzierungsanteil der

FuE-Ausgaben der Wirtschaft. Dies liegt daran, dass sowohl die Unternehmen als auch die nationalen Regierungen nur relativ wenig FuE-Aufträge bzw. FuE-Förderungen an Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen im Ausland vergeben. In den untersuchten europäischen Ländern ist der Anteil der auslandsfinanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft in einzelnen Ländern allerdings sehr hoch, was insbesondere an hohen Finanzierungsanteilen durch EU-Programme (z.B. das EU-Forschungsrahmenprogramm) liegt. Dies gilt insbesondere für Belgien, wo 2019 rund 22 % der FuE-Ausgaben der Wissenschaft aus dem Ausland finanziert wurden (Abbildung 19). Großbritannien kommt auf 14 % und Finnland auf 13 %.

Abbildung 19: Anteil der aus dem Ausland finanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUT: 1993 statt 1991; CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; ISR: 1993 statt 1991; KOR: 1995 statt 1991; USA: keine Werte für 1991 und 2001.

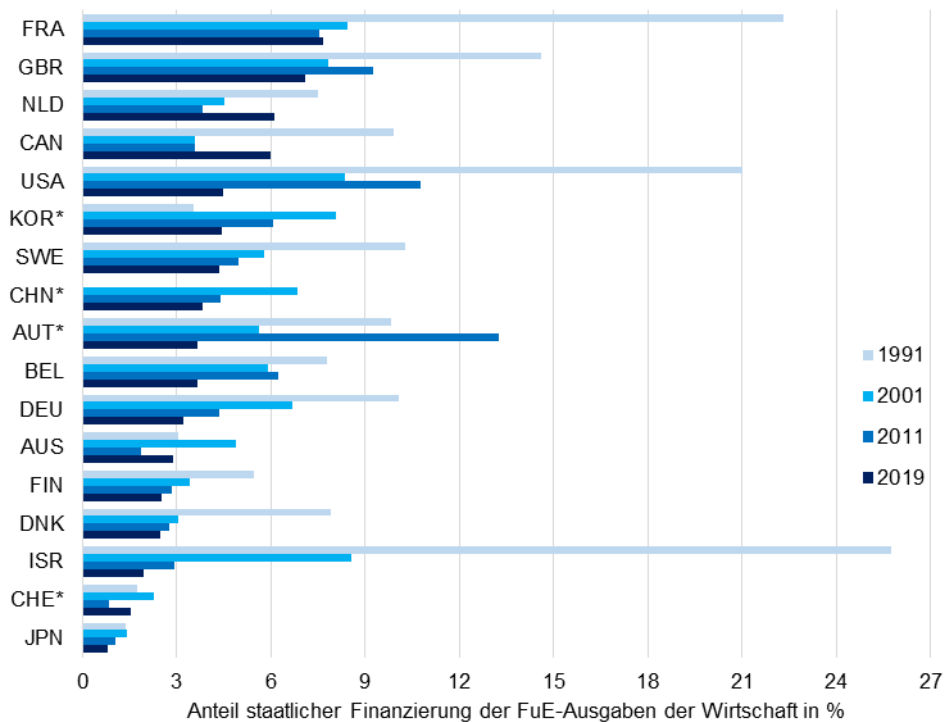
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

In nahezu allen betrachteten europäischen Ländern stieg der Anteil der auslandsfinanzierten Wissenschafts-FuE seit 1991 kontinuierlich und zum Teil sehr deutlich an, was in erster Linie die steigende Bedeutung der EU als Finanzierungsquelle für FuE widerspiegelt. Dies gilt auch für Deutschland. Hier wurden 2019 knapp 5 % der FuE-Ausgaben der Wissenschaft aus dem Ausland finanziert. 1991 waren es erst 0,5 % gewesen, 2011 betrug der Anteilswert bereits 4,5 %. In den außereuropäischen Vergleichsländern spielt das Ausland für die Finanzierung der FuE-Ausgaben der Wissenschaft eine untergeordnete Rolle (i.d.R. weniger als 1 %). Eine Ausnahme stellt nur Israel dar, das seit 1996 auch an den EU-Forschungsrahmenprogrammen teilnimmt.

2.5 Staatliche Finanzierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft

Der Anteil der vom (inländischen) Staat finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft umfasst nur die direkte FuE-Finanzierung (Zuschüsse und andere Subventionen sowie Zahlungen für FuE-Auftragsforschung), nicht aber indirekte finanzielle Unterstützungsformen z.B. über Steuerbegünstigungen, Kredite, Bürgschaften oder Wagniskapital. Im Jahr 2019 befand sich Deutschland mit einem Anteil staatlicher FuE-Finanzierung in der Wirtschaft von 3,2 % im Mittelfeld innerhalb der Vergleichsländer (Abbildung 20). Die höchsten Werte weisen Frankreich und Großbritannien mit 7,7 bzw. 7,1 % auf, was wesentlich an FuE-Aufträgen für die Entwicklung von Waffensystemen liegt. Die USA wiesen lange ebenfalls sehr hohe Werte von mehr als 10 % auf, nach 2009 zeigt sich allerdings ein deutlicher Rückgang. Im Jahr 2019 wurden lediglich 3,9 % der FuE-Ausgaben der US-amerikanischen Wirtschaft aus staatlichen Quellen finanziert.

**Abbildung 20: Anteil der staatlich finanzierten FuE-Ausgaben der Wirtschaft
1991-2019 in Deutschland und den einzelnen
Vergleichsländern**



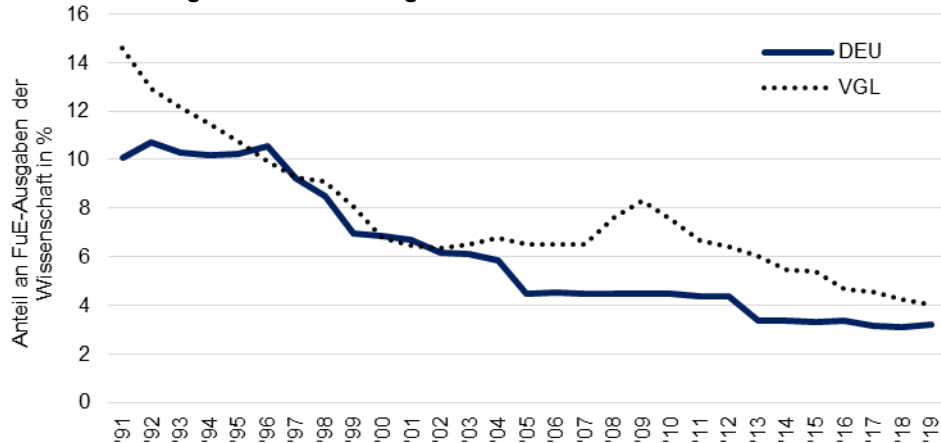
* AUT: 1993 statt 1991; CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; KOR: 1995 statt 1991.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

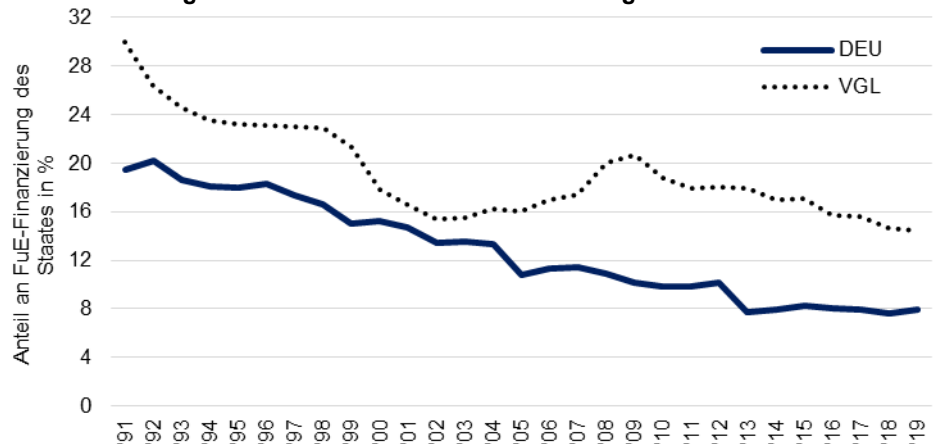
Für die FuE-Finanzierung der Wirtschaft durch den Staat zeigt sich für Deutschland wie für die Gesamtheit der Vergleichsländer ein klar abnehmender Trend. Dies gilt sowohl für den Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft und den Anteil an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung als auch für die Relation zum BIP (Abbildung 21). Der Anteil der staatlichen Finanzierung an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft ging in Deutschland von über 10 % Anfang der 1990er Jahre auf gut 3 % im Jahr 2019 zurück. In den Vergleichsländern kam es zu einem Rückgang von rund 15 % (1991) auf gut 4 % (2019).

Abbildung 21: Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wirtschaft durch den Staat 1991-2019 in Deutschland und den Vergleichsländern

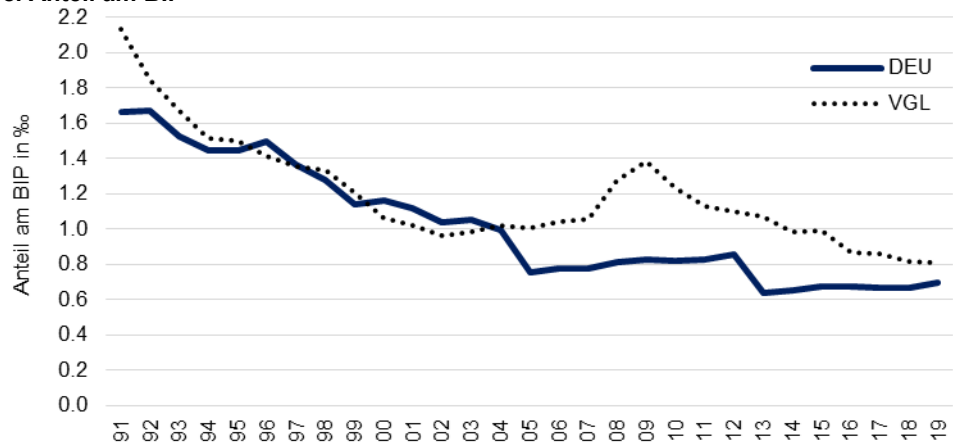
a. Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft



b. Anteil an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung



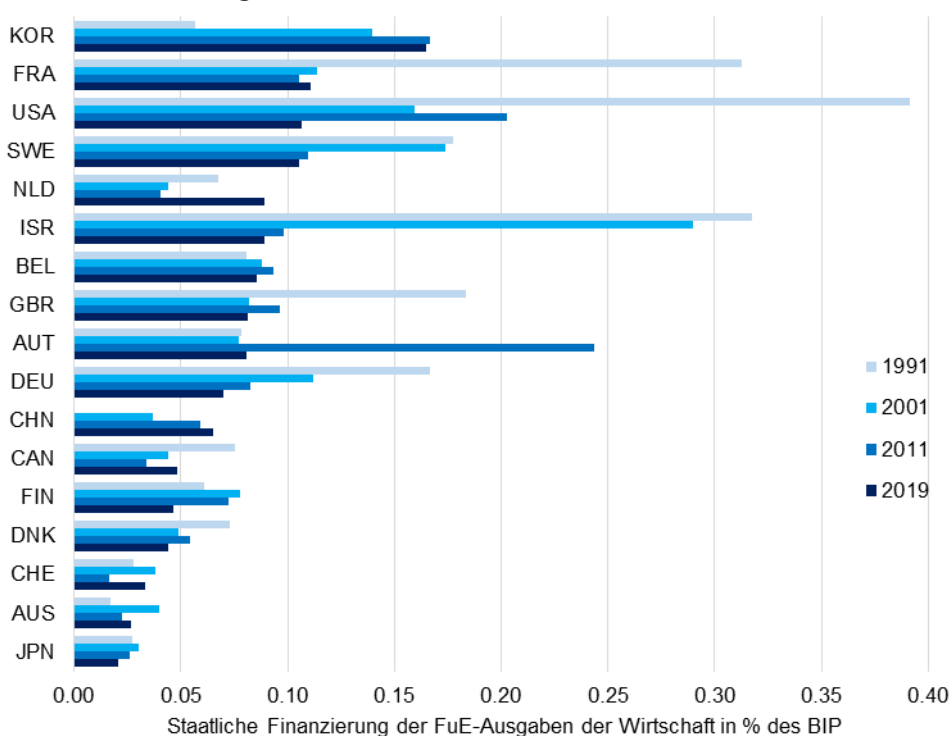
c. Anteil am BIP



Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Gemessen an der gesamten FuE-Finanzierung durch den Staat (ohne indirekte Finanzierungsformen wie steuerliche Förderung oder Bürgschaften/Garantien für FuE-Kredite) ging der Anteil der Mittel, die an die Wirtschaft gingen, in Deutschland von rund 20 % auf aktuell 8 % zurück, in den Vergleichsländern von rund 30 % auf 16 %. Auch gemessen am BIP zeigt sich der rückläufige Trend.

Abbildung 22: Staatlich finanzierte FuE-Ausgaben der Wirtschaft als Anteil am BIP 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

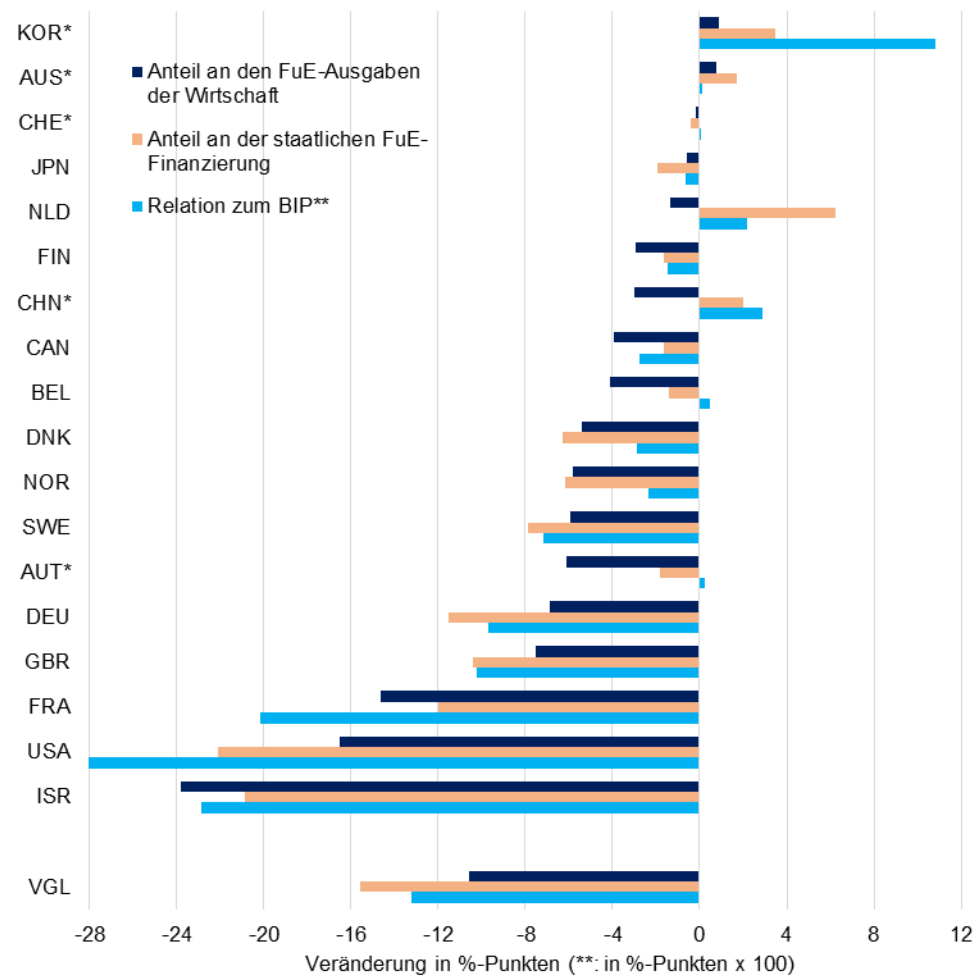


* AUT: 1993 statt 1991; CHE: 1992 statt 1991, 2000 statt 2001, 2012 statt 2011; CHN: keine Werte für 1991, 2000 statt 2001; KOR: 1995 statt 1991; USA: keine Werte für 1991 und 2001.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Der Umfang der staatlichen Finanzierung von FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum BIP betrug in Deutschland im Jahr 2019 0,07 %. Dies ist im Vergleich zu den anderen betrachteten Ländern ein durchschnittlicher Wert (Abbildung 22). Eine hohe gesamtwirtschaftliche Bedeutung der staatlichen FuE-Finanzierung im Bereich der gewerblichen Wirtschaft zeigt sich für Südkorea, Frankreich, Schweden und die USA (jeweils mehr als 0,1 % des BIP). Niedrig ist

sie in Finnland, Dänemark, der Schweiz, Australien und Japan (jeweils weniger als 0,05 % des BIP). Die Entwicklung für die drei in Abbildung 21 dargestellten Indikatoren für die einzelnen Vergleichsländer findet sich im Anhang in Abbildung 75, Abbildung 76 und Abbildung 77.

Abbildung 23: Veränderung von Indikatoren zur FuE-Finanzierung der Wirtschaft durch den Staat zwischen 1991 und 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



AUS: 1992-2008; AUT: 1993-2019; CHE: 1993-2019; CHN: 2000-2019; KOR: 1995-2019.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Zwischen den Jahren 1991 und 2019 zeigen sich für fast alle betrachteten Ländern Rückgänge bei allen drei Indikatoren (Abbildung 23). Ausnahmen stellen

Südkorea, Australien, die Niederlande und China da. In Südkorea und Australien nahmen alle drei Indikatoren zu, in den Niederlanden und China der Anteil an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung und am BIP. Wenig Veränderungen zeigen sich für die Schweiz und Japan, während die stärksten Rückgänge der staatlichen Finanzierung von FuE in der Wirtschaft für die USA, Israel, Frankreich und Großbritannien zu beobachten sind. Die Rückgänge Deutschlands entsprechen etwa jenen in Großbritannien. Ein wesentlicher Faktor für den Rückgang in den 1990er Jahren waren die stark rückläufigen staatlichen FuE-Aufträge an die Wirtschaft für die Entwicklung von Waffensystemen.

2.6 FuE-Ausgaben nach Phasen im FuE-Prozess

Die FuE-Statistik unterscheidet die FuE-Ausgaben nach drei Phasen im FuE-Prozess: Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung (siehe Box 3 für die Definition der drei Phasen). Angaben zur Höhe der FuE-Ausgaben nach Phasen werden über Erhebungen bei FuE durchführenden Einrichtungen ermittelt. Die internationale Vergleichbarkeit dieser Angaben ist allerdings eingeschränkt, da zum einen nur ein Teil der Länder diese Informationen in allen FuE durchführenden Sektoren erhebt und zum anderen die Abgrenzung der drei Phasen in der Praxis sich je nach Land unterscheidet.

Box 3: Definition der FuE-Phasen

Grundlagenforschung: experimentelle oder theoretische Arbeiten, die primär der Erlangung neuen Wissens über die grundlegenden Ursachen von Phänomenen und beobachtbaren Fakten dienen, ohne dabei eine bestimmte Anwendung oder Nutzung im Blick zu haben.

Angewandte Forschung: originäre Arbeiten, die zur Aneignung neuen Wissens durchgeführt werden, aber primär auf ein spezifisches praktisches Ziel oder Ergebnis ausgerichtet sind.

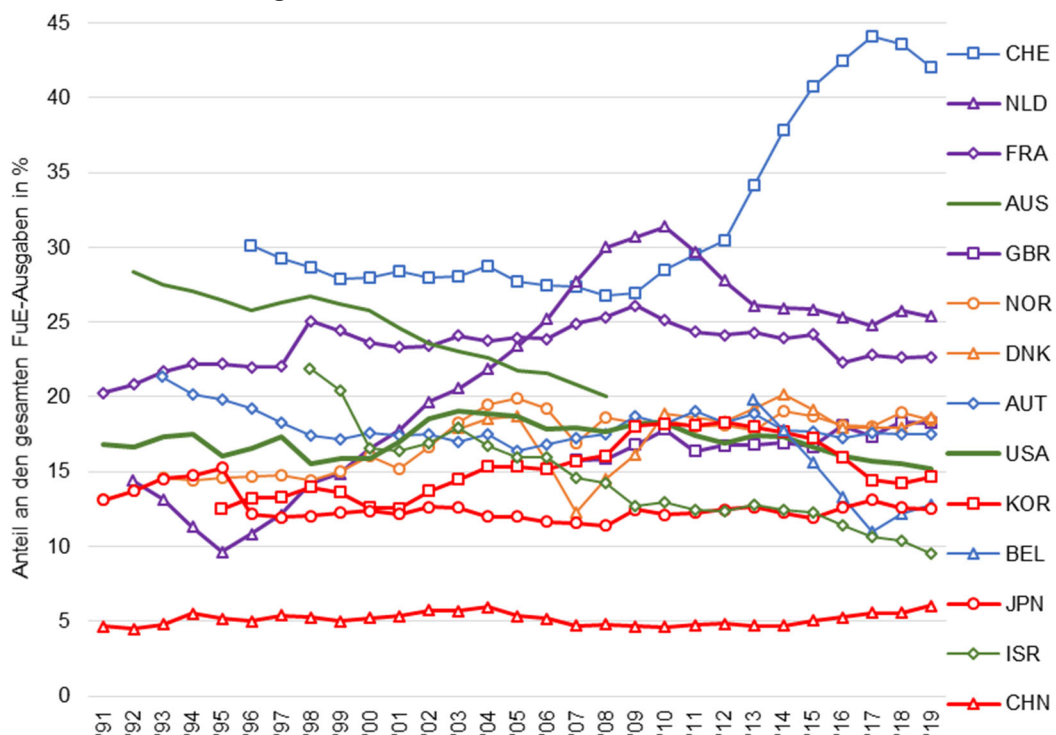
Experimentelle Entwicklung: systematische, auf vorhandenen Kenntnissen aus Forschung und praktischer Erfahrung aufbauende und ihrerseits zusätzliches Wissen erzeugende Arbeiten, die auf die Herstellung neuer Produkte oder Verfahren bzw. die Verbesserung existierender Produkte oder Verfahren abzielen.

Quelle: OECD (2015)

Der Anteil der Grundlagenforschung an den gesamten FuE-Ausgaben im gewichteten Durchschnitt der vier FuE-Durchführungssektoren Wirtschaft, Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen und gemeinnützige Einrichtungen

liegt zwischen 6 % (China) und 42 % (Schweiz). Im Zeitverlauf zeigt sich für die vergangenen 30 Jahre kein klarer Trend, tendenziell blieb der Anteil der Grundlagenforschung eher konstant (Abbildung 24). Einzelne Länder weisen teilweise starke Sprünge auf, die wohl an veränderten Messansätzen liegen. Für Deutschland liegen keine Angaben zum Anteil der Grundlagenforschung an den gesamten FuE-Ausgaben vor.

Abbildung 24: Anteil der Grundlagenforschung an den gesamten FuE-Ausgaben 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

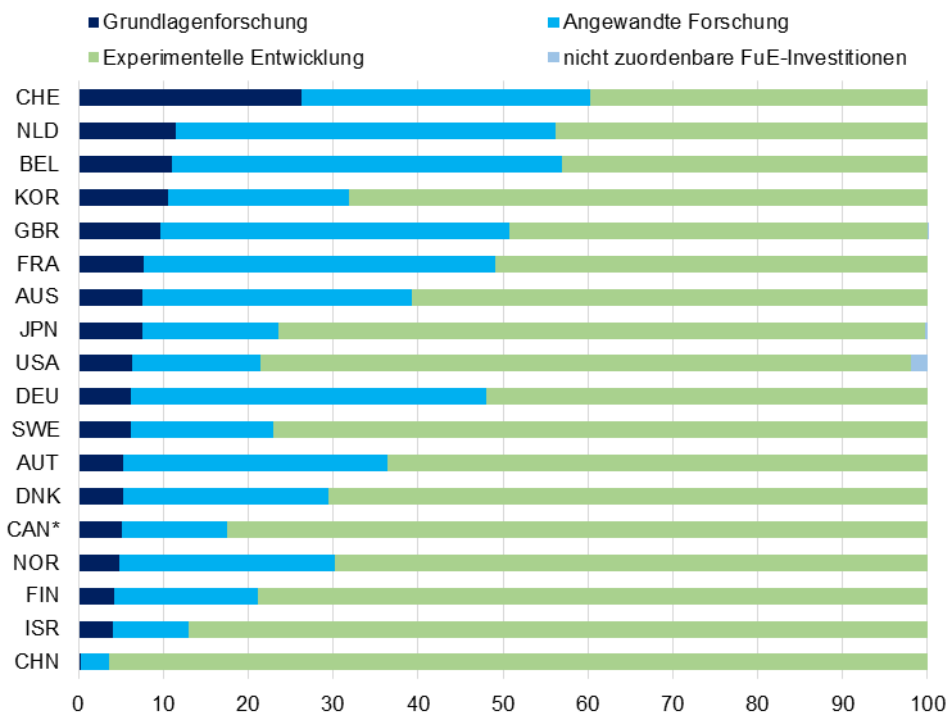


Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Für den FuE-Durchführungssektor Wirtschaft existieren für Deutschland, ebenso wie für alle Vergleichsländer, Angaben zur Verteilung der FuE-Ausgaben nach den drei Phasen im FuE-Prozess. In Deutschland gaben die Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft im Jahr 2019 über die Hälfte der internen FuE-Mittel (52 %) für experimentelle Entwicklung aus, 42 % entfielen auf angewandte Forschung und 6 % auf Grundlagenforschung (Abbildung 25). Großbritannien und Frankreich weisen eine ähnliche Verteilung bei einem etwas höheren Anteil

im Bereich Grundlagenforschung aus. In den USA, Japan und Südkorea ist der Anteil der experimentellen Entwicklung deutlich höher, der Anteil der angewandten Forschung entsprechend niedriger als in Deutschland. Die Länder mit dem höchsten Grundlagenforschungsanteil im Bereich der Wirtschafts-FuE sind die Schweiz (26 %), die Niederlande (11 %) und Belgien (11 %). Den niedrigsten Wert weist China (0,3 %) auf.

Abbildung 25: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



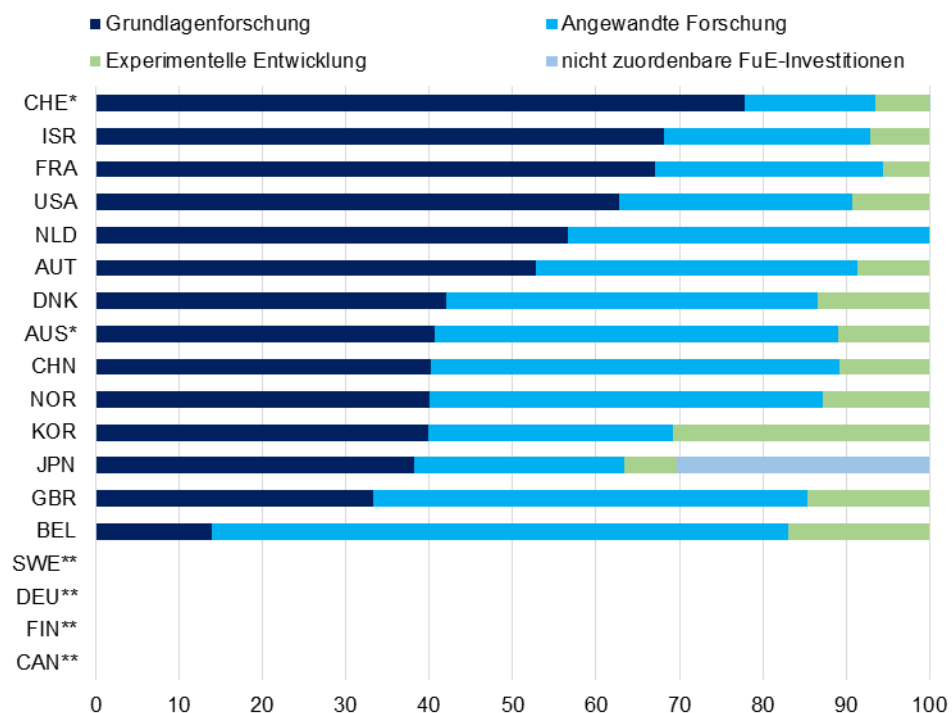
* 2018

Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

Im Bereich der Hochschulen liegen für Deutschland sowie für Schweden, Finnland und Kanada keine Angaben zur Verteilung der FuE-Ausgaben nach Phasen im FuE-Prozess vor. In den Ländern, für die Angaben vorliegen, zeigen sich große Unterschiede. In Belgien entfallen nur 14 % der FuE-Ausgaben der Hochschulen auf Grundlagenforschung, in der Schweiz sind es dagegen 78 %. Südkorea weist den höchsten Anteilswert für FuE im Bereich experimentelle Entwicklung aus

(31 %). In Japan können 30 % der FuE-Ausgaben der Hochschulen keiner FuE-Phase zugeordnet werden, da es sich um allgemeine Investitionen handelt. In den anderen Ländern werden solche Investitionen offenbar auf die drei Phasen umgelegt und nicht gesondert ausgewiesen.

Abbildung 26: Verteilung der FuE-Ausgaben der Hochschulen nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



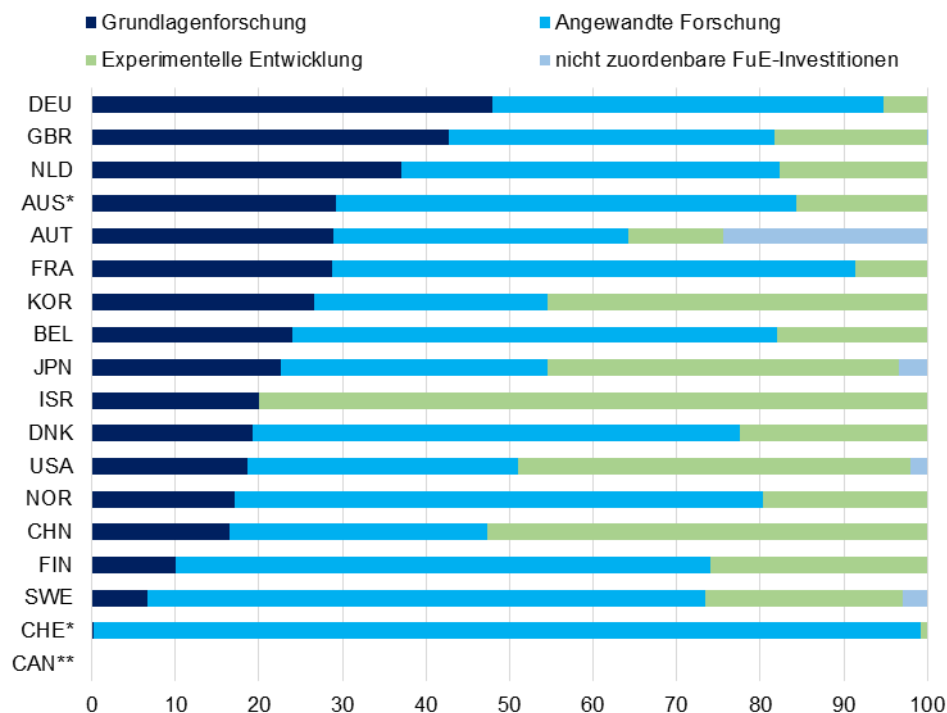
* AUS: 2018, CHE: 2017; - ** keine Angaben verfügbar.

Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

Im Bereich der staatlichen Forschungseinrichtungen zeigen sich ebenfalls große Unterschiede zwischen den betrachteten Ländern in Bezug auf die Verteilung der FuE-Ausgaben nach Phasen. Deutschland sticht mit einem sehr hohen Anteil der Grundlagenforschung (48 %) hervor, was angesichts der Struktur dieses Sektors (hoher Anteil von FuE im Bereich von Einrichtungen, die eher der angewandten Forschung dienen, wie viele der Großforschungszentren, alle Fraunhofer-Institute, die meisten Leibniz-Institute sowie zahlreiche FuE-Einrichtungen des Bundes und der Länder) überrascht. In Finnland, Schweden und der

Schweiz wird in staatlichen Forschungseinrichtungen dagegen kaum Grundlagenforschung betrieben. In Israel entfallen 80 % der FuE-Ausgaben in diesem Sektor auf experimentelle Entwicklung.

Abbildung 27: Verteilung der FuE-Ausgaben der staatlichen Forschungseinrichtungen nach Phasen im FuE-Prozess 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* AUS: 2018, CHE: 2017; - ** keine Angaben verfügbar.

Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

Insgesamt erbringt die Unterscheidung der FuE-Ausgaben nach Phasen im FuE-Prozess nur geringe Erkenntnisse zur Struktur und Dynamik der FuE-Ausgaben in den einzelnen Ländern, was primär an Messschwächen dieses Indikators liegt.

3 Analyse von FuE-Kapitalstöcken

3.1 Berechnung von FuE-Kapitalstöcken

Die Ausgaben für FuE stellen Investitionen in ein Kapitalgut dar, nämlich in Wissenskapital. Die wirtschaftlichen Erträge dieser Investitionen (in Form neuer Produkte oder Prozesse) realisieren sich nicht nur in dem Jahr, in dem die Ausgaben getätigt werden, sondern auch in künftigen Perioden. Um die Gesamtmenge der getätigten FuE-Ausgaben, aus denen wirtschaftliche Erträge generiert werden können, zu bestimmen, können FuE-Kapitalstöcke berechnet werden. Diese geben die Höhe der in der Vergangenheit getätigten FuE-Ausgaben an, die im jeweils betrachteten Jahr wirtschaftlichen Nutzen generieren.

Zentral für die Berechnung von FuE-Kapitalstöcken sind Annahmen darüber, wie rasch sich das über die FuE-Ausgaben produzierte Wissen entwertet. Diese Entwertung hängt im Wesentlichen vom technologischen Wandel ab, der dazu führt, dass bestimmtes Wissen nicht mehr zur Hervorbringung von Innovationen benötigt wird. Dies kann z.B. daran liegen, dass bestimmte Technologien obsolet geworden sind, sodass das mit diesen Technologien zusammenhängende Wissen keine Grundlage mehr für Innovationen ist. Entwertung erfolgt aber auch dann, wenn das aus FuE hervorgegangene Wissen zum allgemeinen Wissensbestand wurde und dadurch keinen spezifischen Neuheitsgrad aufweist, der für die Hervorbringung von Innovationen nötig ist. Dieser Übergang von neuem Wissen in allgemeinen Wissensbestand spiegelt Spillovers sowie Lern- und andere Wissensdiffusionsprozesse wider.

Empirische Angaben zum Tempo der Entwertung von über FuE geschaffenes Wissen ("FuE-Abschreibungsrate") liegen nur sehr eingeschränkt vor. In der Literatur wurden verschiedene Ansätze verfolgt, um solche Abschreibungsrate zu ermitteln, wie z.B. die Häufigkeit der Erneuerung von Patentrechten, Befragung von Unternehmen oder Schätzungen mit Hilfe von Produktionsfunktionen oder dem Marktwert von Innovationen. Die Ansätze führen allerdings zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. In der Literatur hat sich die Annahme einer Abschreibungsrate von 15 % durchgesetzt, d.h. das aus FuE hervorgegangene Wissen im Mittel nach etwa sechs bis sieben Jahren keine wirtschaftlichen Erträge abwirft (vgl. Bernstein und Mamuneas 2006, Corrado et al. 2007, Hall 2005, Warusawitharana 2010). Der Abschreibungszeitraum entspricht

dem Zeitraum, der typischerweise von Unternehmen für die Abschreibung von aktivierten FuE-Ausgaben angesetzt wird.

Zur Berechnung von FuE-Kapitalstöcken wird auf Zeitreihendaten zu den FuE-Ausgaben differenziert nach den vier Durchführungssektoren Wirtschaft, Hochschulen, Staat und private gemeinnützige Einrichtungen zurückgegriffen. Für jedes Land wird der FuE-Kapitalstock separat für jeden der vier Sektoren ermittelt. Die Addition der vier sektoralen Kapitalstöcke ergibt den gesamtwirtschaftlichen FuE-Kapitalstock. Es werden in Bezug auf die angenommenen Abschreibungsraten drei Varianten berechnet:

- einheitliche Abschreibungsrate von 15 % in allen vier Durchführungssektoren
- einheitliche Abschreibungsrate von 10 % in allen vier Durchführungssektoren
- Abschreibungsrate von 15 % im Durchführungssektor Wirtschaft und von 10 % in den drei anderen Durchführungssektoren

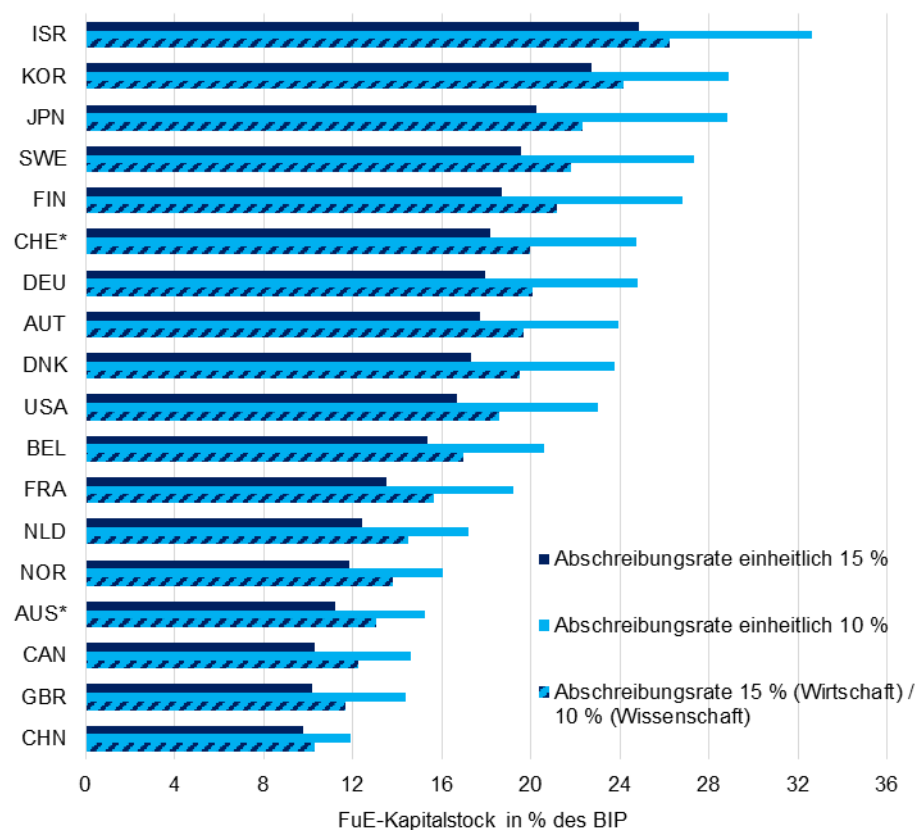
Die Berechnung des FuE-Kapitalstocks erfolgt mit Hilfe der Kumulationsmethode (perpetual inventory method) auf Basis einer linearen Abschreibungsrate. Die FuE-Kapitalstöcke werden in Landeswährung berechnet. Die Umrechnung der FuE-Ausgaben in konstante Preise erfolgt mit Hilfe des BIP-Deflators. FuE-Kapitalstockdaten werden ab dem Jahr 2000 auf Basis von Datenreihen zu FuE-Ausgaben, die ab 1981 vorliegen, berechnet. Für das Jahr 1980 wird ein Ausgangskapitalstock anhand der durchschnittlichen FuE-Ausgaben der Jahre 1981-1985 geteilt durch die Abschreibungsrate geschätzt. Für Ländern, in denen die Datenreihe zu FuE-Ausgaben erst später beginnt, werden die erste fünf verfügbaren Jahre herangezogen, um einen Ausgangskapitalstock für das Jahr vor dem Beginn der FuE-Ausgabendatenreihe.

3.2 FuE-Intensität auf Basis von FuE-Kapitalstöcken

Die FuE-Kapitalstock-Intensität, d.h. die Höhe des FuE-Kapitalstocks in Relation zum BIP, unterscheidet sich entsprechend der Höhe der Abschreibungsraten. Unterstellt man längere Entwertungsperioden (d.h. eine niedrigere Abschreibungsrate von 10 %), so liegt die FuE-Kapitalstock-Intensität im Mittel der be-

trachteten Länder um mehr als ein Drittel höher als im Fall einer höheren Abschreibungsrate von 15 %. Die Reihenfolge der Länder in Bezug auf die FuE-Kapitalstock-Intensität ändert sich jedoch nicht (Abbildung 28). Die höchste FuE-Kapitalstock-Intensität weist Israel auf, gefolgt von Südkorea, Japan, Schweden und Finnland. Deutschland liegt innerhalb der betrachteten Vergleichsländer auf dem siebten Rang, in etwa gleichauf mit der Schweiz. Die niedrigsten FuE-Kapitalstock-Intensitäten zeigen Großbritannien und China.

Abbildung 28: FuE-Kapitalstock in Relation zum BIP 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE-Abschreibungsraten



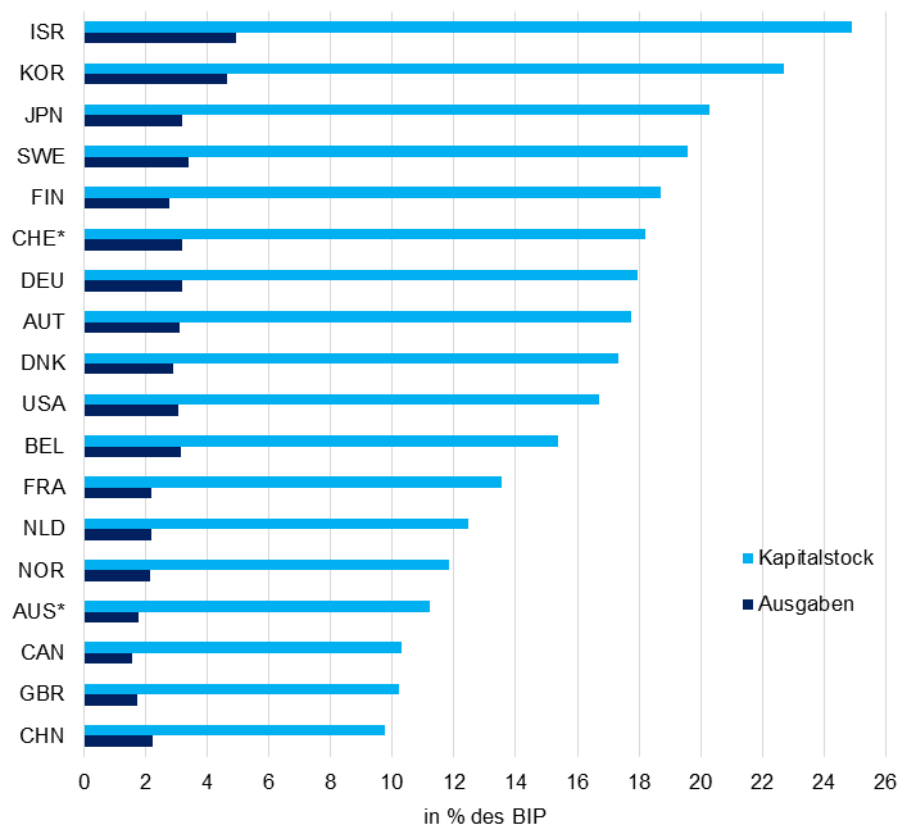
* 2017.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Vergleicht man die FuE-Kapitalstock-Intensität mit der FuE-Intensität auf Basis der FuE-Ausgaben (Abbildung 29), so zeigt sich eine sehr hohe Korrelation der beiden Datenreihen ($r=0,94$). Änderungen in der Rangfolge der FuE-Intensität

treten für jene Länder auf, die aktuell eine schwache Dynamik der FuE-Ausgaben zeigen, die jedoch in früheren Jahren sehr hohe FuE-Ausgaben in Relation zum BIP aufwiesen (Japan, Finnland). Umgekehrt liegen Länder mit einer aktuell hohen FuE-Dynamik bei der FuE-Kapitalstock-Intensität relativ etwas zurück (Belgien, China).

Abbildung 29: FuE-Intensität 2019 auf Basis Kapitalstock und Ausgaben in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



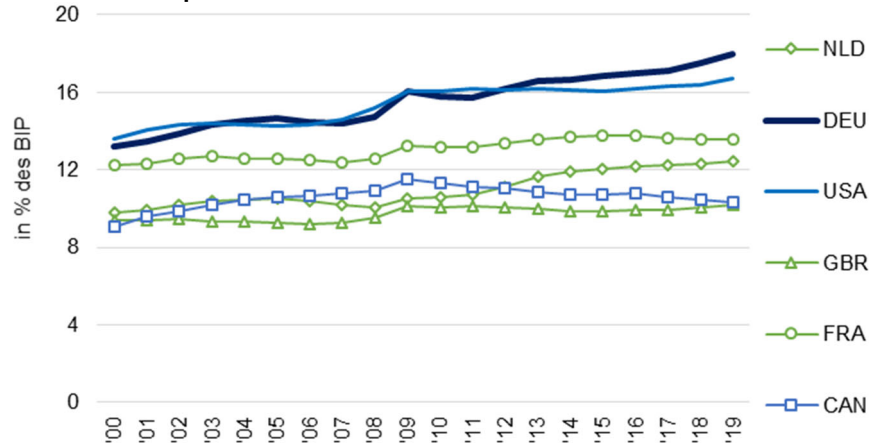
Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * 2017.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

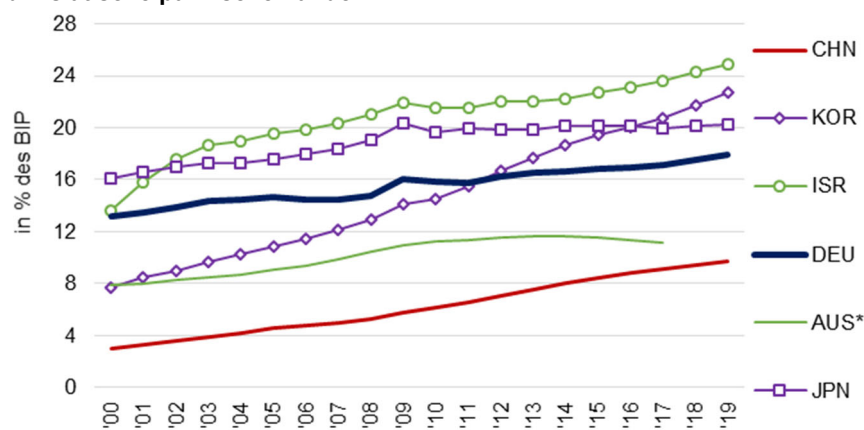
Die Entwicklung der FuE-Kapitalstock-Intensität über die Zeit zeigt in fast allen Ländern einen ansteigenden Trend (Abbildung 30). In Deutschland erhöhte sie sich (auf Basis einer FuE-Abschreibungsrate von 15 %) von 13,2 % im Jahr 2000 auf 18,0% im Jahr 2019. Im Vergleich zu anderen größeren europäischen und nordamerikanischen Ländern weist Deutschland ein überdurchschnittliches Wachstum der FuE-Kapitalstock-Intensität auf.

**Abbildung 30: Entwicklung der FuE-Kapitalstock-Intensität 2000-2019 in
Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern**

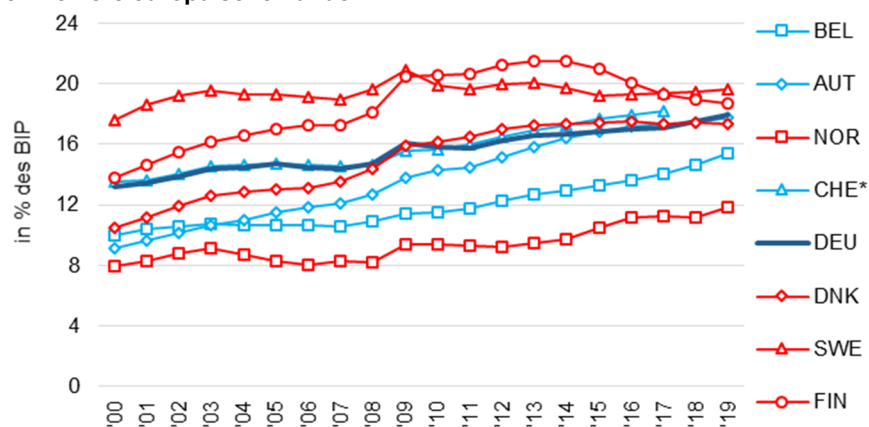
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder



Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * keine Werte für 2018 und 2019.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

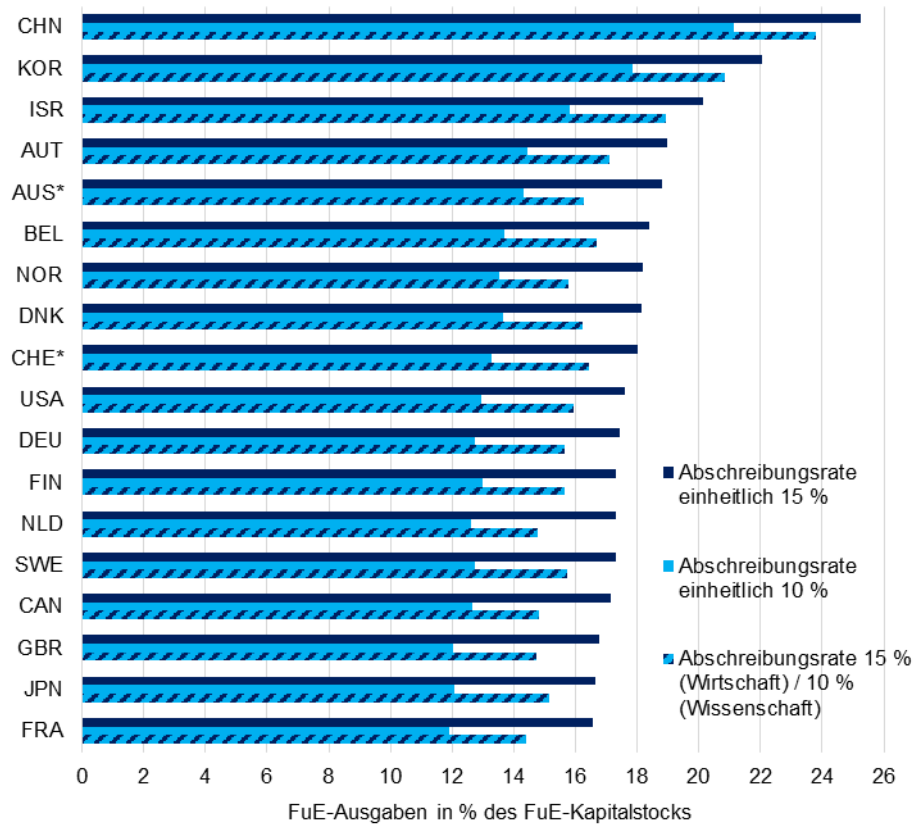
Ab 2013 nahm die FuE-Kapitalstock-Intensität in Deutschland merklich rascher zu als in den USA, Großbritannien und Frankreich. Die Niederlande weisen ebenfalls einen klar ansteigenden Trend auf, wenngleich das Niveau deutlich unter dem Deutschlands liegt. Im Vergleich zu ostasiatischen Ländern bleibt die Dynamik in Deutschland jedoch klar zurück. Südkorea, Israel und China steigerten ihre FuE-Kapitalstock-Intensität besonders stark. Gegenüber Japan weist Deutschland dagegen eine dynamischere Entwicklung auf.

Gegenüber Schweden und Finnland konnte Deutschland den Abstand bei der FuE-Kapitalstock-Intensität nach 2009 merklich verringern, da in beiden Ländern der FuE-Kapitalstock seither in Relation zum BIP nicht mehr zunimmt. In Finnland kam es nach 2014 sogar zu einem deutlichen Rückgang der FuE-Kapitalstock-Intensität. Die anderen untersuchten kleineren europäischen Länder weisen eine ansteigende FuE-Kapitalstock-Intensität auf.

3.3 FuE-Ausgaben in Relation zum FuE-Kapitalstock

Mit Hilfe von FuE-Kapitalstöcken lässt sich ein alternativer Indikator der FuE-Ausgaben-Intensität ermitteln, nämlich die Relation zwischen FuE-Ausgaben und FuE-Kapitalstock ("FuE-Investitionsrate"). Er zeigt an, in welchem Tempo der FuE-Kapitalstock erneuert wird. Die FuE-Investitionsrate ist umso höher, je schneller der FuE-Kapitalstock entwertet, d.h. je höher die FuE-Abschreibungsrate ist (Abbildung 31). Im Jahr 2019 wiesen unter den Vergleichsländern China, Südkorea, Israel, Österreich und Australien die höchsten FuE-Investitionsraten auf. Die FuE-Investitionsrate für Deutschland ist mit 17,4 % (auf Basis 15 % Abschreibungsrate) bzw. 12,7 % (10 % Abschreibungsrate) ähnlich hoch wie die der USA, womit Deutschland im Mittelfeld der betrachteten Länder liegt. Die niedrigsten FuE-Investitionsraten zeigen Großbritannien, Japan und Frankreich.

Abbildung 31: FuE-Investitionsrate 2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE-Abschreibungsraten



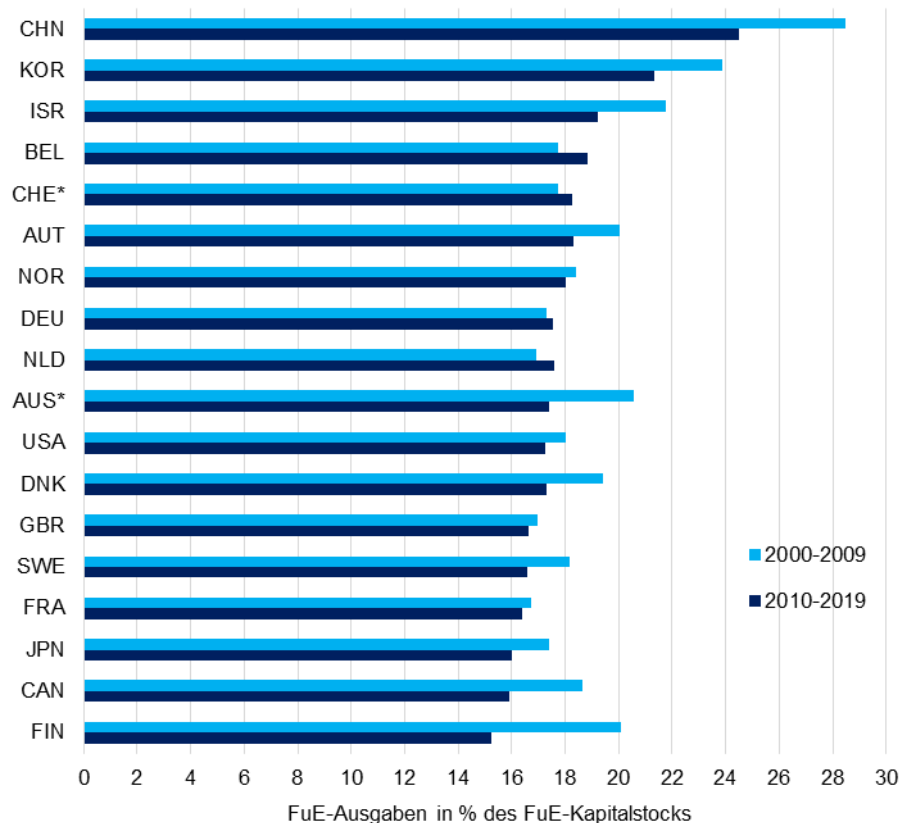
* 2017.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Die FuE-Investitionsraten lagen in den 2000er Jahren in den meisten Ländern über den Werten der 2010er Jahre. Ausnahmen sind Belgien, die Schweiz, Deutschland und die Niederlande (Abbildung 32). In diesen Länder führen die relativ hohen FuE-Ausgaben in den 2010er Jahren bei einer eher moderaten Entwicklung des FuE-Kapitalstocks bis gegen Ende der 2000er Jahre zu hohen Investitionsraten. Zu den Ländern, in denen die FuE-Investitionsrate in den 2010er Jahren merklich unter den Werten der 2000er Jahre liegt, zählen u.a. China, Südkorea, Israel, Österreich und Dänemark. In diesen Ländern kam es bereits in den 2000er Jahren zu einer deutliche Erhöhung der FuE-Ausgaben, wodurch der FuE-Kapitalstock kräftig wuchs, sodass selbst bei weiterhin hohem FuE-Ausgabenniveau die Relation zum FuE-Kapitalstock rückläufig ist. Ebenfalls

niedrigere FuE-Investitionsraten in den 2010er Jahren zeigen Schweden, Japan, Kanada, Australien und Finnland. Hier liegt dies primär an einer verhaltenen Entwicklung der FuE-Ausgaben ab 2010.

**Abbildung 32: FuE-Investitionsrate (Durchschnitt 2000-2009 und 2010-2019)
in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern**



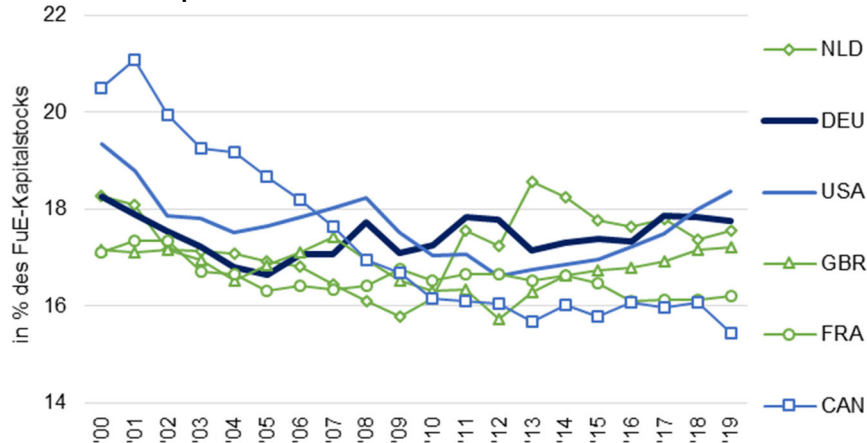
Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * 2010-2017.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

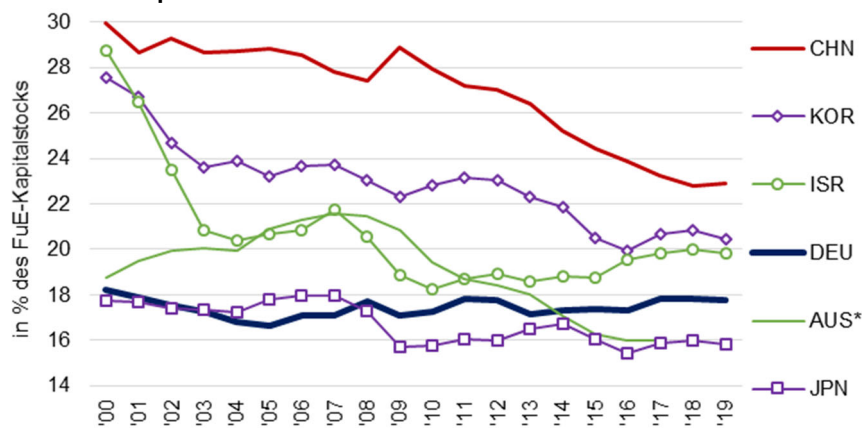
Die Entwicklung der FuE-Investitionsrate über den gesamten Zeitraum 2000-2019 zeigt für Deutschland eine positivere Entwicklung als in den anderen größeren europäischen und nordamerikanischen sowie in den ostasiatischen und pazifischen Vergleichsländern (Abbildung 33). Unter den kleineren europäischen Vergleichsländern weist Belgien am aktuellen Rand die höchste FuE-Investitionsrate auf. In Finnland steigt sie - nach einem starken Rückgang bis 2016 - seit 2017 wieder an.

**Abbildung 33: Entwicklung der FuE-Investitionsrate 2000-2019 in
Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern**

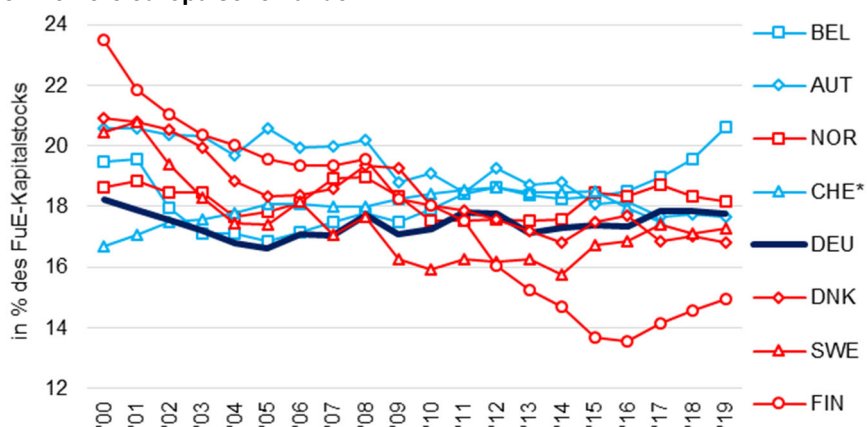
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder

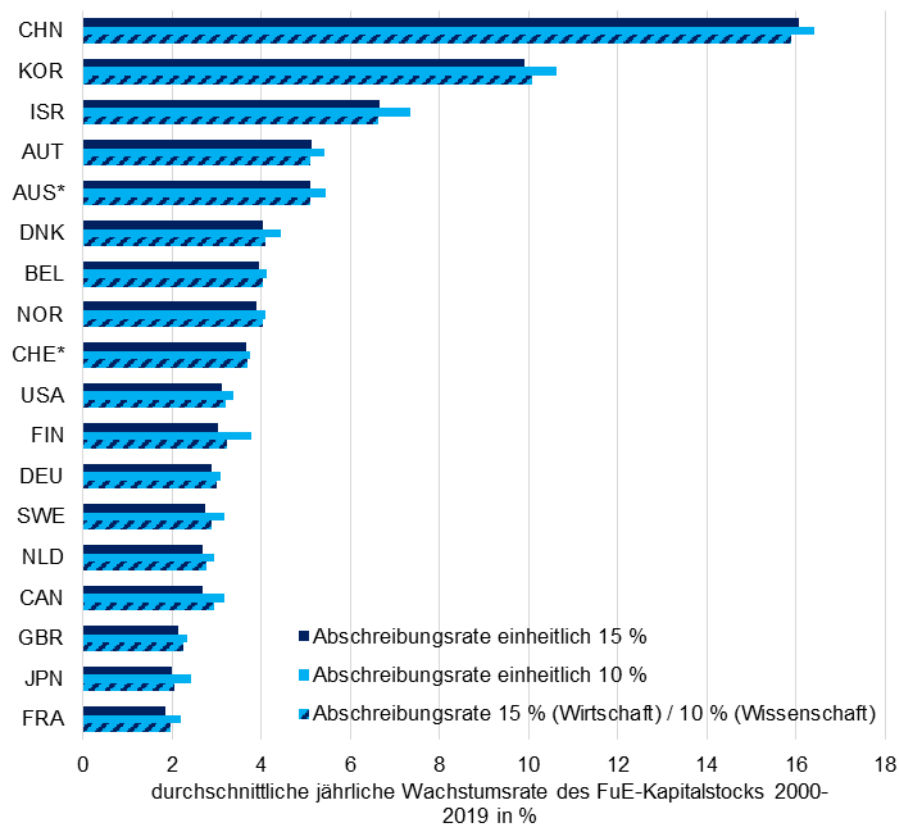


Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * keine Werte für 2018 und 2019.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

3.4 FuE-Dynamik auf Basis von FuE-Kapitalstöcken

Die Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks unterscheidet sich zwischen den betrachteten Ländern erheblich. Den höchsten Wert weist China mit einer durchschnittlichen jährlichen realen Wachstumsrate von rund 16 % auf (Abbildung 34). Sehr hohe Werte zeigen außerdem Südkorea (ca. 10 %) und Israel (ca. 7 %). Die niedrigsten Werte sind für Frankreich, Japan und Großbritannien (jeweils rund 2 %) zu beobachten. Deutschland weist ein durchschnittliches jährliches Wachstums von ca. 3 % auf. Die Wahl der FuE-Abschreibungsrate hat eher geringen Einfluss auf die Höhe der Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks. Die Rangfolge der Länder bleibt im Wesentlichen unverändert.

Abbildung 34: Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern bei unterschiedlichen FuE-Abschreibungsraten

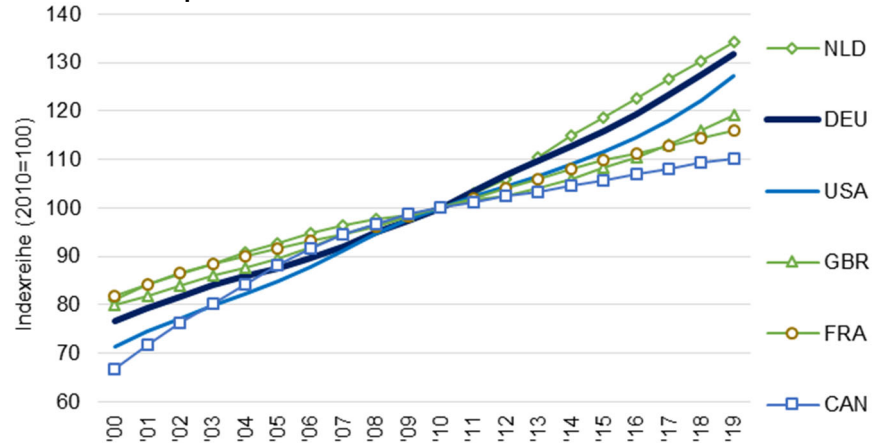


* 2000-2017.

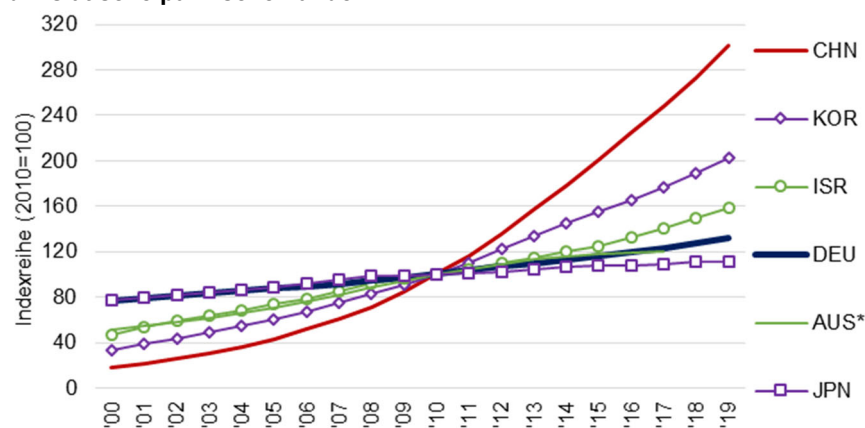
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 35: Entwicklung des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

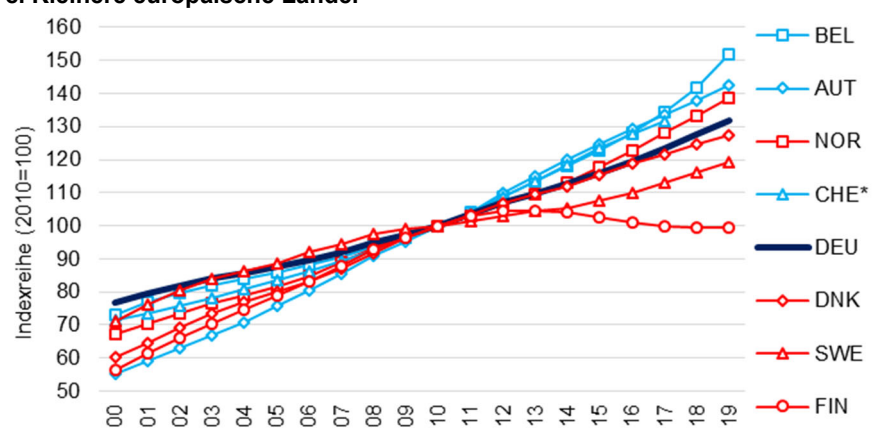
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder



Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * keine Werte für 2018 und 2019.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

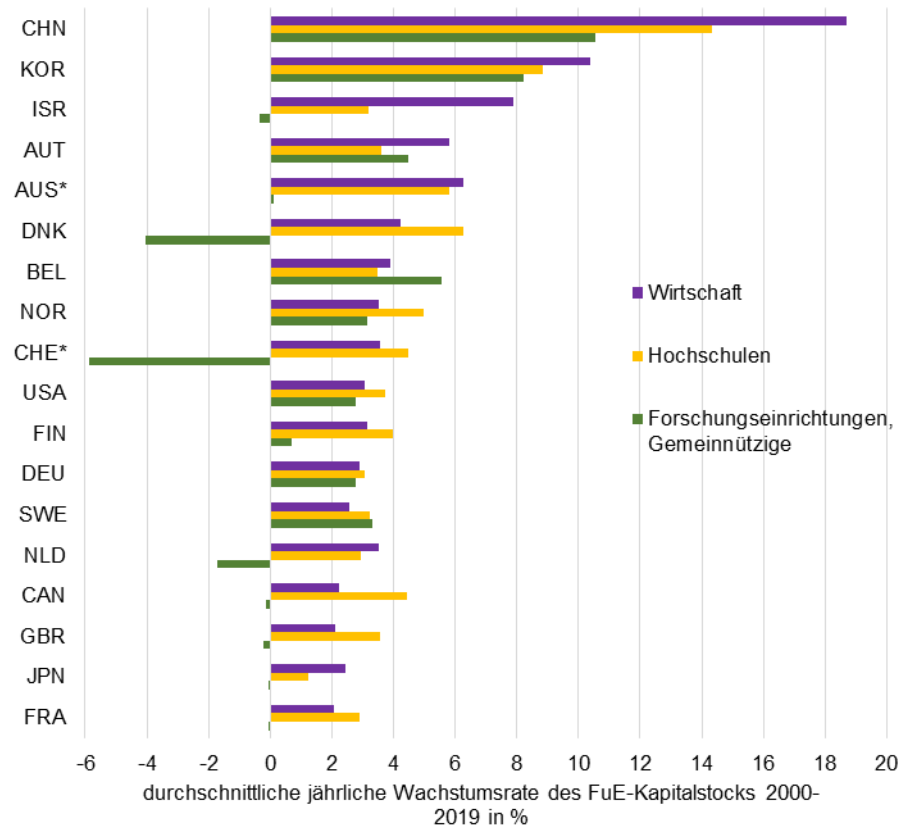
Die Entwicklung des FuE-Kapitalstocks im Zeitraum 2000 bis 2019 zeigt für alle Länder einen fast gleichmäßigen Anstieg (Abbildung 35). Die einzige Ausnahme ist Finnland. Dort erreicht der FuE-Kapitalstock im Jahr 2013 seinen höchsten Wert und nahm seither um rund 6 % ab. Eine schwache Dynamik am aktuellen Rand zeigt sich für Kanada, Frankreich und Japan.

In Deutschland nahm der FuE-Kapitalstock jedes Jahr zu. Die Dynamik ist im Vergleich zu anderen großen europäischen und amerikanischen Ländern überdurchschnittlich hoch, sie fällt aber deutlich hinter der der asiatischen Länder China, Südkorea und Israel zurück. Unter den kleineren europäischen Ländern weisen Belgien, Österreich und Norwegen eine höhere Dynamik als Deutschland auf.

Die Wachstumsraten des FuE-Kapitalstocks in den drei Durchführungssektoren Wirtschaft, Hochschulen und Forschungseinrichtungen (inkl. gemeinnützige Einrichtungen) unterscheiden sich in einigen Ländern deutlich. Deutschland stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar, da hier die Wachstumsraten der FuE-Kapitalstöcke in allen drei Durchführungssektoren fast identisch sind. Eine recht gleichmäßige Expansion der FuE-Kapitalstöcke in den drei Durchführungssektoren im Zeitraum 2000-2019 ist außerdem in den USA und Schweden zu beobachten.

In China, Südkorea, Israel und Österreich geht die starke Expansion der gesamtwirtschaftlichen FuE-Kapitalstöcke primär auf den Sektor Wirtschaft zurück. In Dänemark, Norwegen, der Schweiz, Kanada, Großbritannien und Frankreich zeigt sich die höchste Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks für den Sektor Hochschulen. Belgien ist das einzige Land, in dem der Sektor Forschungseinrichtungen die deutlich höchste Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks aufweist. In der Schweiz, Dänemark und den Niederlanden nahm der FuE-Kapitalstock dieses Sektors dagegen merklich ab. In mehreren anderen Ländern (Israel, Australien, Kanada, Großbritannien, Frankreich, Japan) blieb der FuE-Kapitalstock der Forschungseinrichtungen zwischen 2000 und 2019 faktisch unverändert.

Abbildung 36: Wachstumsrate des FuE-Kapitalstocks 2000-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern nach Durchführungssektoren



Abschreibungsrate: einheitlich 15 %. - * 2000-2017.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

4 FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen und Größenklassen

Die sektorale Analyse der FuE-Ausgaben der gewerblichen Wirtschaft beruht auf den Angaben der OECD-Datenbank ANBERD (zu FuE-Ausgaben) sowie - für die Untersuchung der FuE-Intensität - der OECD-Datenbank STAN (zur Wertschöpfung). Für die Analyse wird eine Wirtschaftszweiggliederung herangezogen, für die sowohl Angaben zu FuE-Ausgaben als auch zur Wertschöpfung für möglichst viele Vergleichsländer und einen möglichst langen Zeitraum vorliegen. Gleichzeitig wird eine möglichst hohe Anzahl von betrachteten Wirtschaftszweigen angestrebt, um eine differenzierte sektorale Analyse vornehmen zu können. Auf dieser Basis wurden 28 Wirtschaftszweige abgegrenzt. Von diesen entfallen 16 auf das verarbeitende Gewerbe, 4 auf sonstige Produktionssektoren (Landwirtschaft, Bergbau, Ver-/Entsorgung, Baugewerbe) und 8 auf Dienstleistungen. Die geringe Anzahl an Dienstleistungssektoren spiegelt wider, dass in vielen Ländern Angaben zu FuE-Ausgaben im Dienstleistungssektor nur für grob zusammengefasste Aggregate vorliegen.

Um die Analysen und die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern, wird vollständige Information angestrebt, d.h. das für alle Länder und alle betrachteten Jahre für alle 28 Wirtschaftszweige² Informationen vorliegen. Hierfür mussten für einzelne Länder und einzelne Wirtschaftszweige und Jahre Imputationen vorgenommen werden. Der Anteil der imputierten Werte liegt deutlich unter 1 % aller in die Analysen einfließenden Werte, sodass die Ergebnisse nicht durch die Annahmen beeinflusst sind, die für die Zwecke der Imputationen gemacht werden mussten.

Die in nationaler Währung zu laufenden Preisen vorliegenden Angaben zu FuE-Ausgaben und Wertschöpfung wurden mit Hilfe des BIP-Deflators in konstante Preise umgewandelt und über Wechselkurse (Jahresmittelkurse) in US-\$ umgerechnet, um Summenwerte für die Vergleichsländer bilden zu können.

Die Analyse der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Größenklassen beruht auf Angaben aus der FuE-Statistik der OECD.

² Eine Liste der verwendeten Wirtschaftszweige findet sich im Anhang.

4.1 FuE-starke Wirtschaftszweige

Als FuE-starke Wirtschaftszweige gelten jene, die entweder

- das FuE-Geschehen in der gewerblichen Wirtschaft eines Landes wesentlich bestimmen (d.h. der Wirtschaftszweig hat einen hohen Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft des Landes) oder
- auf die ein wesentlicher Anteil der gesamten (weltweiten) FuE-Ausgaben in diesem Wirtschaftszweig entfällt (d.h. der Anteil des Landes an den gesamten FuE-Ausgaben des Wirtschaftszweigs ist sehr hoch).³

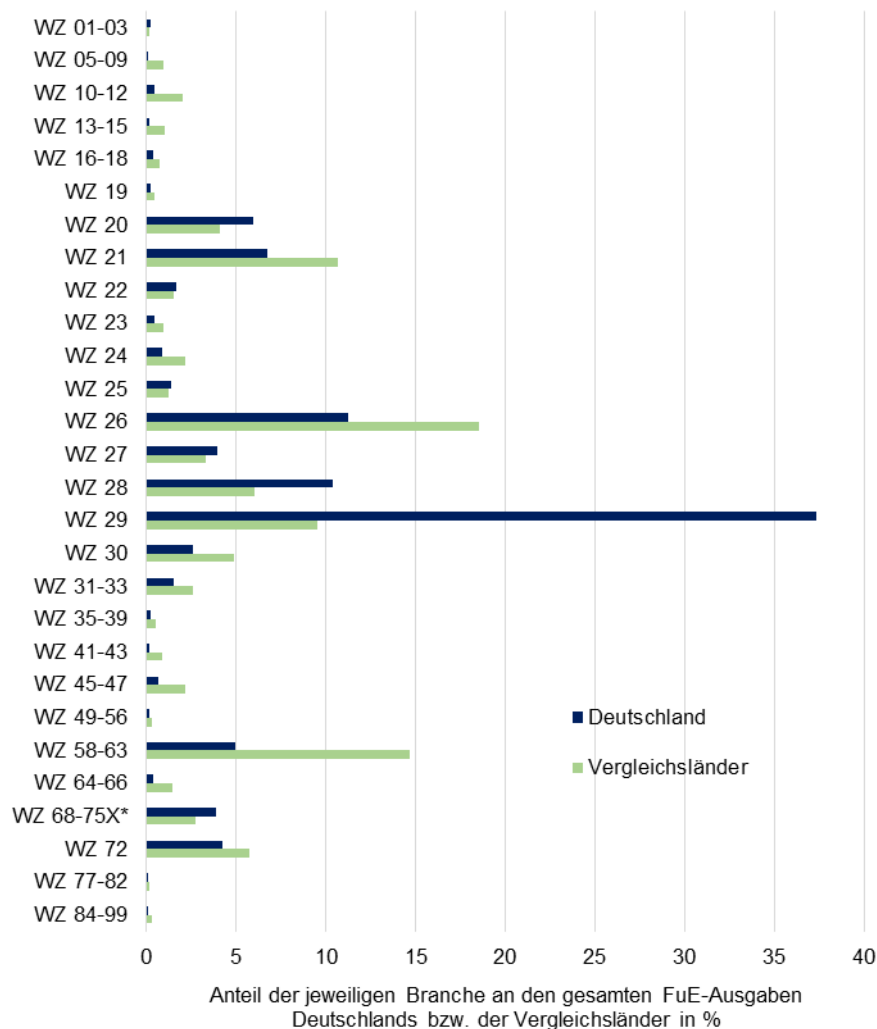
Auf Basis des ersten Maßes können in Deutschland für das Referenzjahr 2017 folgende Wirtschaftszweige als FuE-stark klassifiziert werden (vgl. Abbildung 37):

- Automobilbau (WZ 29): 37,3 % der gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft
- Elektronik/Messtechnik (WZ 26): 11,3 %
- Maschinenbau (WZ 28): 10,3 %
- Pharmaindustrie (WZ 21): 6,7 %
- Chemieindustrie (WZ 20): 5,9 %

Im Vergleich zur Gruppe der Vergleichsländer ist der Anteilswert in Deutschland im Automobilbau, im Maschinenbau und in der Chemieindustrie deutlich höher, während der Anteil der Elektronik und der Pharmaindustrie an den gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft niedriger ist als der entsprechende Wert für die Vergleichsländer.

³ Ein weiterer Aspekt der FuE-Stärke eines Wirtschaftszweigs, nämlich die Höhe der FuE-Ausgaben in Relation zum Produktionswert ("FuE-Intensität"), wird im folgenden Abschnitt behandelt.

Abbildung 37: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen 2017 in Deutschland und in den Vergleichsländern



Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

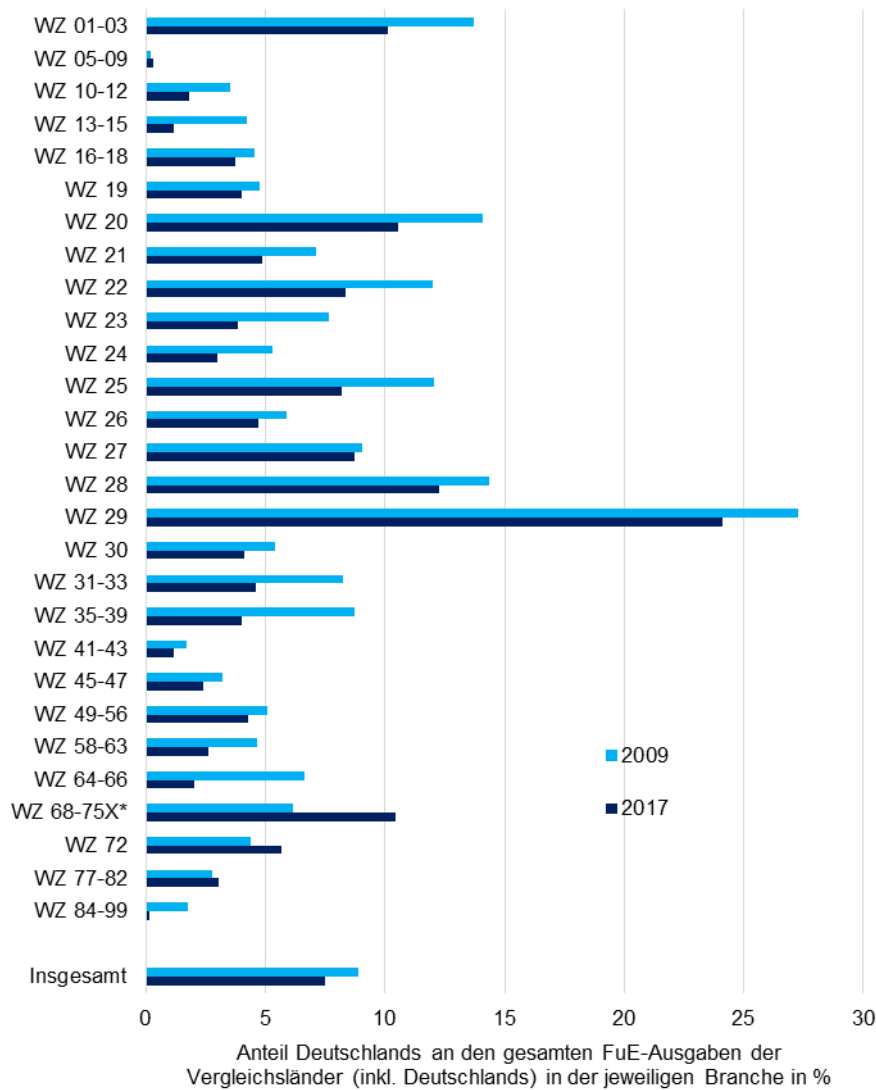
Auf Basis des zweiten Maßes zeigt sich ein teilweise anderes Bild (vgl. Abbildung 38):

- Der Automobilbau zeigt sich auch hier als der FuE-stärkste Wirtschaftszweig Deutschlands. Im Jahr 2017 trug die deutsche Automobilindustrie 24,1 % zu den gesamten FuE-Ausgaben des Automobilbaus in der Gruppe der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands bei). Der

Anteil der deutschen Wirtschaft insgesamt an den gesamten FuE-Ausgaben der Vergleichsländer lag dagegen bei 7,5 %, d.h. das Gewicht Deutschlands für das FuE-Geschehen ist im Automobilbau mehr als dreimal so hoch wie für die gewerbliche Wirtschaft insgesamt.

- Der Maschinenbau Deutschlands weist ebenfalls einen überdurchschnittlichen Anteilswert (12,3 %) auf.
- Noch vor dem Maschinenbau liegt die Branchengruppe der freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (WZ 68 bis 75, ohne FuE-Dienstleistungen [WZ 72]). Deutschland trug 2017 14,0 % zu den gesamten FuE-Ausgaben dieser Branchengruppe in den Vergleichsländern (inkl. Deutschlands) bei. Dabei handelt es sich ganz überwiegend um Unternehmen aus dem Bereich der Ingenieurdienstleistungen.
- Die deutsche Chemieindustrie zählt mit einem Anteil von 10,5 % an den gesamten FuE-Ausgaben der Chemieindustrie in der betrachteten Ländergruppe auch bei diesem Indikator zu den FuE-starken Branchen.
- Weitere Wirtschaftszweige in Deutschland, die einen überdurchschnittlichen Anteil an den jeweiligen gesamten FuE-Ausgaben des Wirtschaftszweigs aufweisen, sind die Elektrotechnik (WZ 27), die Kunststoffverarbeitung (WZ 22) und die Metallwarenindustrie (WZ 25). Für die Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei (WZ 01-03) ergibt sich ebenfalls ein überdurchschnittlicher Wert, allerdings scheinen nicht alle Vergleichsländer die FuE-Ausgaben in diesem Wirtschaftszweig zu erfassen (so liegt z.B. kein Wert für die USA vor).

Abbildung 38: Anteil Deutschlands an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in den Vergleichsländern (inkl. Deutschland) nach Wirtschaftszweigen 2009 und 2017



Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

Vergleicht man die fünf Wirtschaftszweige, die die höchsten FuE-Ausgaben in Deutschland aufweisen, mit den fünf Wirtschaftszweigen, die in den anderen betrachteten Länder jeweils die höchsten absoluten FuE-Ausgaben stellen, so fällt eine gewisse Sonderstellung von Deutschland auf. Der Automobilbau ist nur in einem einzigen der Vergleichsländer ebenfalls die FuE-stärkste Branche

gemessen an den absoluten FuE-Ausgaben, nämlich in Japan (das mit 35,9 % der gesamten FuE-Ausgaben in diesem Wirtschaftszweig innerhalb der betrachteten Länder einen etwas höheren Anteilswert als Deutschland aufweist). In zwei Ländern liegt der Automobilbau an zweiter Stelle der Rangfolge (Südkorea, Schweden), in Großbritannien ist er der drittgrößte Wirtschaftszweig gemessen an den absoluten FuE-Ausgaben. In China befindet sich der Automobilbau auf Rang 4, in den USA auf Rang 5 (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die fünf Wirtschaftszweige mit den höchsten absoluten FuE-Ausgaben je Land 2017

Land	höchste	zweit-höchste	dritt-höchste	viert-höchste	fünft-höchste
DEU	29	26	28	21	20
AUS	58-63	64-66	68-75X	45-47	72
AUT	28	72	27	26	29
BEL	21	68-75X	58-63	72	26
CAN	58-63	72	45-47	30	26
CHE	21	72	58-63	26	28
CHN	26	28	27	29	24
DNK	21	28	64-66	72	26
FIN	26	58-63	28	72	27
FRA	68-75X	58-63	72	26	30
GBR	72	58-63	29	68-75X	30
ISR	58-63	72	26	21	84-99
JPN	29	26	21	28	20
KOR	26	29	20	28	58-63
NLD	28	58-63	72	26	20
SWE	58-63	29	72	30	28
USA	58-63	26	21	30	29
VGL	26	58-63	21	29	28

68-75X: WZ 68 bis 75 ohne WZ 72

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

Die Elektronik und Messtechnik, die in Deutschland den zweiten Rang einnimmt, ist in den asiatischen Vergleichsländern sowie in den USA ebenfalls unter den Top-3-Branchen. Der Maschinenbau (in Deutschland auf Rang drei) ist in fünf Vergleichsländern ebenfalls unter den drei Branchen mit den höchsten absoluten FuE-Ausgaben (Österreich, China, Dänemark, Finnland, Niederlande).

Mit der Chemieindustrie weist Deutschland einen Wirtschaftszweig unter den Top-5 auf, der nur in drei anderen Ländern ebenfalls unter den Top-5 vertreten ist (Südkorea, Japan, Niederlande).

In vielen Vergleichsländern zählen Dienstleistungsbranchen zu den Wirtschaftszweigen mit den absolut höchsten FuE-Ausgaben. Dies gilt allen voran für Australien, dort sind alle fünf Top-5-Branchen aus dem Dienstleistungssektor. Aber auch in Frankreich, Kanada, Großbritannien und Israel zählen die Mehrzahl der Top-5-Branchen zum Dienstleistungssektor. In den USA ist die Branche mit den höchsten absoluten FuE-Ausgaben der Wirtschaftszweig Information und Kommunikation, zu der insbesondere die IT-Dienstleistungen zählen. Neben Deutschland weisen nur China und Japan ausschließlich Industriebranchen unter den Top-5 nach der absoluten Höhe der FuE-Ausgaben auf.

Betrachtet man die fünf Länder, auf die in einem Wirtschaftszweig die höchsten FuE-Ausgaben entfallen (Tabelle 2), so ist Deutschland bei 16 der 28 betrachteten Branchen vertreten. Allerdings weist Deutschland nur in drei Branchen einen höheren Rangplatz als den durchschnittlichen Rangplatz für die FuE-Ausgaben der Wirtschaft auf (dies ist der vierte Rang hinter den USA, China und Japan). Diese drei Wirtschaftszweige sind der Automobilbau, die freiberuflich-wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen und die Metallwarenindustrie. Zusätzlich zu den oben bereits als FuE-stark aus deutscher Sicht angeführten Branchen zählt Deutschland noch bei folgenden Wirtschaftszweigen zu den fünf größten FuE-Betreibern: Holz-, Papier- und Druckindustrie (WZ 16-18), Baustoffindustrie (WZ 23), Metallherstellung (WZ 24), sonstiger Fahrzeugbau (WZ 30), sonstige Konsumgüterindustrie sowie Anlageninstallation und -reparatur (WZ 31-33) sowie Transportgewerbe, Logistik und Gastgewerbe (WZ 49-56).

In 15 Branchen stellt China die absolut höchsten FuE-Ausgaben, die USA sind in 10 Branchen auf dem ersten Rang. Japan (Automobilbau), Frankreich (freiberuflich-wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen) und Großbritannien (sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen) nehmen jeweils bei einer Branche die Spitzenstellung ein.

Tabelle 2: Die fünf Länder mit den höchsten absoluten FuE-Ausgaben je Wirtschaftszweig 2017

Wirtschafts- zweig	höchste	zweit- höchste	dritt- höchste	viert- höchste	fünft- höchste
01-03	CHN	NLD	FRA	AUS	DEU
05-09	CHN	USA	AUS	CAN	NOR
10-12	CHN	USA	JPN	KOR	AUS
13-15	CHN	JPN	USA	KOR	FRA
16-18	CHN	USA	JPN	DEU	CAN
19	CHN	JPN	KOR	USA	NLD
20	CHN	USA	JPN	DEU	KOR
21	USA	JPN	CHN	CHE	DEU
22	CHN	USA	JPN	DEU	KOR
23	CHN	JPN	USA	DEU	KOR
24	CHN	JPN	USA	KOR	DEU
25	CHN	USA	DEU	KOR	FRA
26	USA	CHN	KOR	JPN	DEU
27	CHN	USA	JPN	DEU	KOR
28	CHN	USA	JPN	DEU	KOR
29	JPN	DEU	USA	CHN	KOR
30	USA	CHN	FRA	DEU	GBR
31-33	USA	CHN	JPN	DEU	FRA
35-39	CHN	FRA	KOR	JPN	USA
41-43	CHN	JPN	KOR	USA	AUS
45-47	USA	FRA	GBR	CAN	AUS
49-56	USA	JPN	CHN	FRA	DEU
58-63	USA	CHN	ISR	JPN	FRA
64-66	USA	AUS	DNK	GBR	FRA
68-75X	FRA	CHN	DEU	GBR	AUS
72	USA	JPN	GBR	ISR	FRA
77-82	GBR	FRA	AUS	CHN	USA
84-99	USA	GBR	AUS	ISR	FRA
Insgesamt	USA	CHN	JPN	DEU	KOR

68-75X: WZ 68 bis 75 ohne WZ 72

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

4.2 FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen

Die FuE-Intensität (d.h. die FuE-Ausgaben eines Wirtschaftszweigs in Relation zum Bruttoproduktionswert des Wirtschaftszweigs) zeigt an, welche Bedeutung

FuE für die Produktionsaktivitäten in dem Wirtschaftszweig haben.⁴ Für die gesamte gewerbliche Wirtschaft Deutschlands lag die FuE-Intensität im Jahr 2017 bei 1,15 %. Zehn der 28 betrachteten Wirtschaftszweige weisen eine überdurchschnittliche FuE-Intensität auf, die zum Teil das Zehnfache des Durchschnittswerts beträgt (Abbildung 39). Den Spitzenwert meldet die Pharmaindustrie (11,2 %), gefolgt von der Elektronik und Messtechnik mit 8,8 %, den FuE-Dienstleistungen (7,0 %),⁵ dem Automobilbau (6,2 %) und dem sonstigen Fahrzeugbau (3,3 %). Klar überdurchschnittliche FuE-Intensitäten zeigen außerdem die Chemieindustrie, der Maschinenbau und die elektrotechnische Industrie. Die nicht-forschungsintensiven Industriebranchen (ausgenommen Gummi- und Kunststoffverarbeitung) und fast alle Dienstleistungsbranchen (ausgenommen die Informations- und Kommunikationsdienstleistungen) zeigen eine unterdurchschnittliche FuE-Intensität.

Im Vergleich zum Jahr 2009 ist die FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft von 1,00 auf 1,15 % gestiegen.⁶ Deutliche Zunahmen verzeichneten u.a. die Pharmaindustrie, die elektrotechnische Industrie und die FuE-Dienstleistungen. Eine leichte Zunahme der FuE-Intensität ist außerdem für den Automobilbau, den Maschinenbau, die Holz-/Papier-/Druckindustrie sowie die IKT-Dienstleistungen zu beobachten. Eine rückläufige FuE-Intensität zeigt sich insbesondere im Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau, in der Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie und in der Chemieindustrie.

Im internationalen Vergleich war die FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft im Jahr 2017 mit 1,15 % überdurchschnittlich hoch. Die Vergleichsländer wiesen einen Wert von 0,89 % auf. Dieser wird allerdings stark von China beeinflusst. Rechnet man China aus der Gruppe der Vergleichsländer heraus, so lag im Jahr

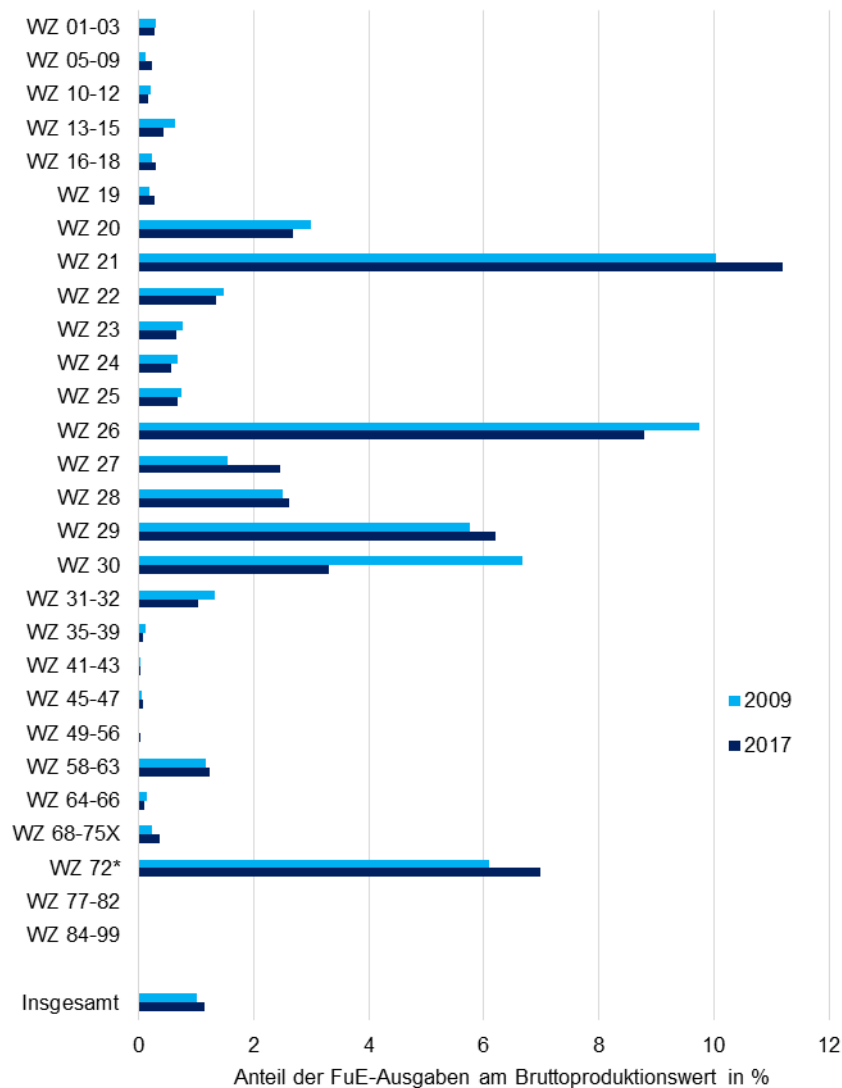
⁴ Die Ergebnisse der Berechnung der FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung sind in Abbildung 78 und Abbildung 79 im Anhang dargestellt.

⁵ Die FuE-Intensität der FuE-Dienstleistungen ist deutlich unterschätzt, da in der Wertschöpfung auch die staatlichen Forschungseinrichtungen enthalten sind, deren FuE-Ausgaben hier jedoch nicht berücksichtigt sind.

⁶ Diese Angaben beziehen sich auf die Umrechnung von Angaben in nationaler Währung in US-\$ auf Basis von Wechselkursen, um den internationalen Vergleich zu ermöglichen.

2017 die FuE-Intensität bei 1,10 % und damit nur wenig unter dem deutschen Wert.

Abbildung 39: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland 2009 und 2017 (Basis: Bruttoproduktionswert)



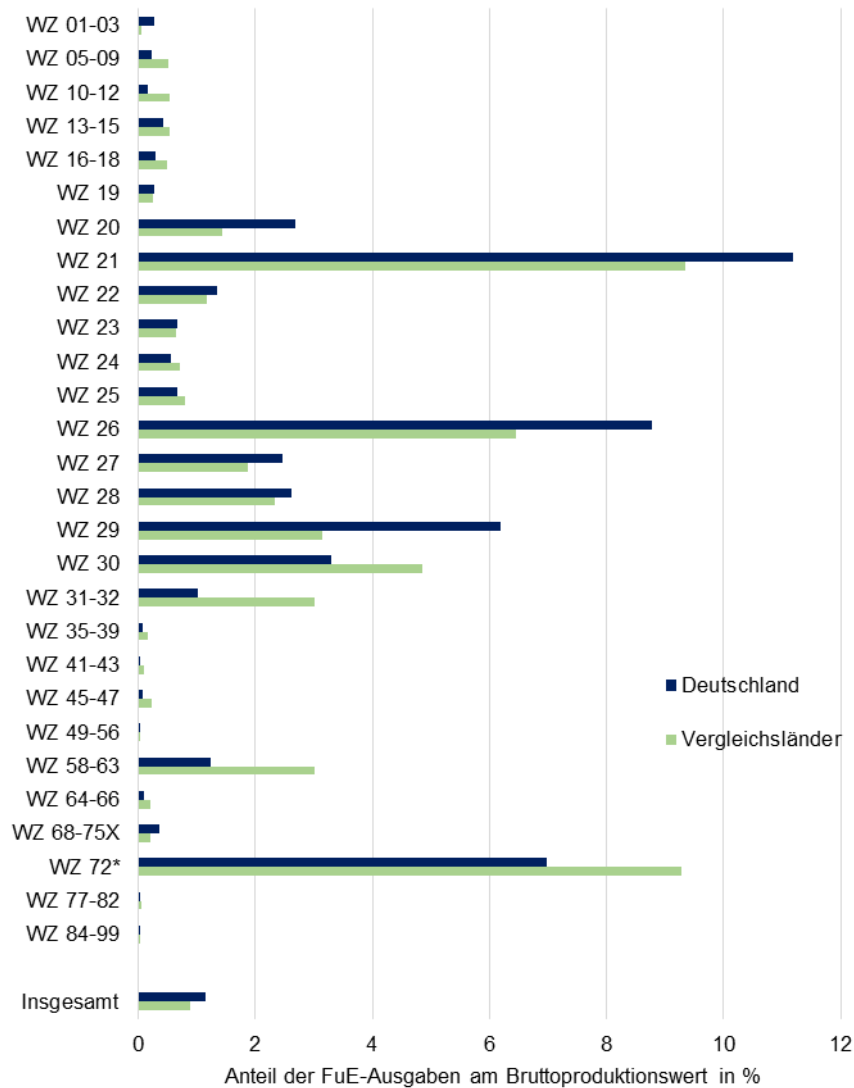
FuE-Intensität: interne FuE-Ausgaben in % des Bruttoproduktionswerts.

68-75X: WZ 68 bis 75 ohne WZ 72

* FuE-Intensität in WZ 72 unterschätzt, da im Bruttoproduktionswert auch die staatlichen Forschungseinrichtungen enthalten sind, deren FuE-Ausgaben hier jedoch nicht berücksichtigt sind.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 40: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland und den Vergleichsländern 2017 (Basis: Bruttoproduktionswert)



FuE-Intensität: interne FuE-Ausgaben in % des Bruttoproduktionswerts.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

Die überdurchschnittliche FuE-Intensität Deutschlands gegenüber den Vergleichsländern inkl. Chinas zeigt sich für fast alle forschungsintensiven Wirtschaftszweige (Ausnahme: Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau). Besonders groß ist der Abstand Deutschlands im Automobilbau, der Pharmaindustrie, der

Chemieindustrie und der Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie (vgl. Abbildung 40). In den meisten anderen Industriezweigen sowie in fast allen Dienstleistungsbranchen lag die FuE-Intensität in Deutschland unter dem Durchschnittswert der Vergleichsländer.

Da dem Automobilbau ein erhebliches Gewicht für die FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft zukommt, trägt die überdurchschnittliche FuE-Intensität dieses Wirtschaftszweig wesentlich dazu bei, dass die FuE-Intensität der gewerblichen Wirtschaft Deutschlands insgesamt über dem Durchschnitt der Vergleichsländer liegt. Eine detaillierte Analyse der Komponenten der FuE-Intensität der Wirtschaft und ihrer Entwicklung über die Zeit wird in Abschnitt 5 vorgenommen.

4.3 Sektorale Konzentration und Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft

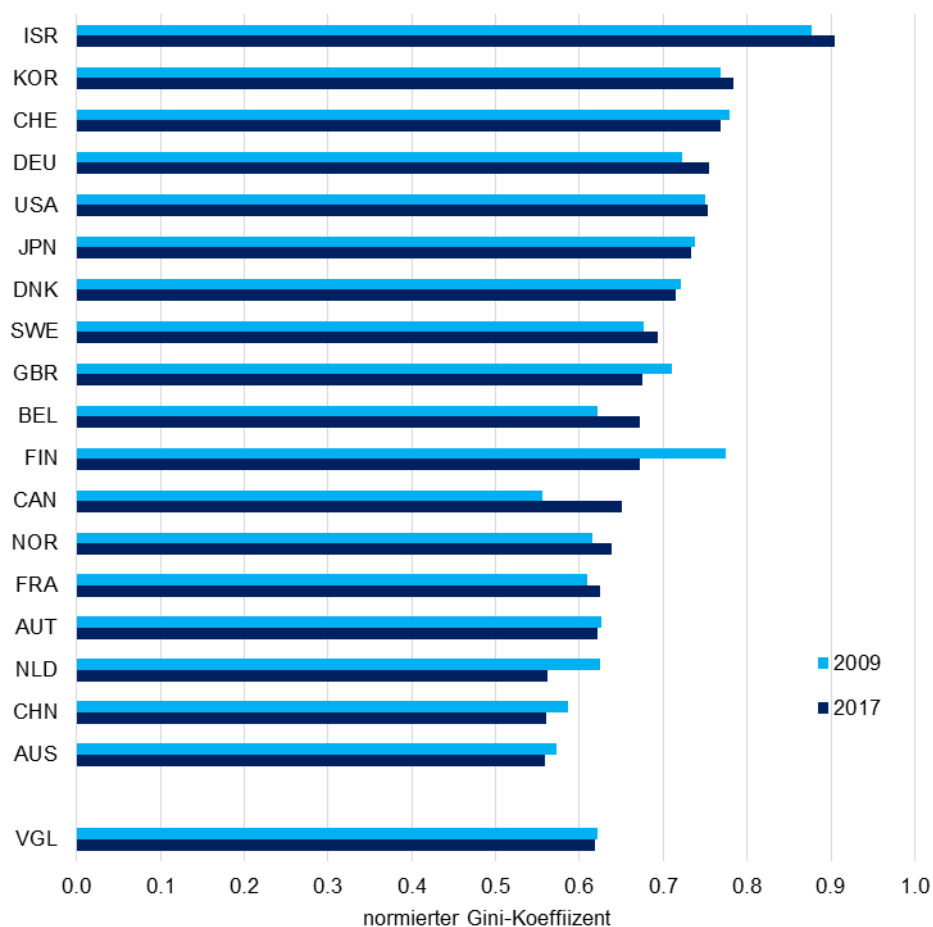
Die sektorale **Konzentration** der FuE-Ausgaben der Wirtschaft wird mit Hilfe des Konzentrationsmaßes Gini-Koeffizient untersucht. Der Gini-Koeffizient der FuE-Ausgaben gibt an, in welchem Umfang die Verteilung der FuE-Ausgaben auf die 28 betrachteten Wirtschaftszweige von einer Gleichverteilung abweicht. Im Extremfall, dass die gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft eines Landes in einem einzigen Wirtschaftszweig getätigt werden, ist der Gini-Koeffizient 1,0; im anderen Extremfall, dass jeder Wirtschaftszweig eines Landes exakt dieselben FuE-Ausgaben aufweist, ist er 0,0.

Für die deutsche Wirtschaft ergibt sich im Jahr 2017 ein Gini-Koeffizient der FuE-Ausgaben von 0,76 (Abbildung 41). Dies ist deutlich höher als im Durchschnitt der Vergleichsländer (0,62) und auch höher als in ähnlich großen europäischen Ländern. Frankreich weist einen Gini-Koeffizienten der FuE-Ausgaben von 0,63 auf, Großbritannien von 0,68 und die Niederlande von 0,56. Für die USA (0,75), Japan (0,73) und Südkorea (0,78) sind die Werte auf einem vergleichbaren Niveau wie in Deutschland. China zeigt dagegen eine deutlich geringere sektorale Konzentration (0,56).

Interessanterweise ist die Konzentration der FuE-Ausgaben in den meisten der kleineren Länder niedriger als in den größeren Ländern, obwohl kleinere Länder stärkere Anreize hätte, ihre knappen FuE-Ressourcen auf eher wenige Wirtschaftszweige zu konzentrieren, um dort, wo komparative Vorteile bestehen,

im internationalen Innovationswettbewerb mitzuhalten (d.h. der Strategie der 'smart specialisation' zu folgen, vgl. Foray 2014). Tatsächlich weisen aber Länder wie Österreich (0,62), Norwegen (0,64), Belgien (0,67), Finnland (0,67) und Schweden (0,69) merklich niedrigere Gini-Koeffizienten als Deutschland auf. Das einzige kleinere Land mit einer sehr starken Konzentration der FuE-Ausgaben auf wenige Wirtschaftszweige ist Israel (0,90).

**Abbildung 41: Gini-Koeffizient der sektoralen FuE-Ausgaben 2009 und 2017
in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern**



Gini-Koeffizient berechnet auf Basis der in Tabelle 2 dargestellten Wirtschaftszweiggliederung.
Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

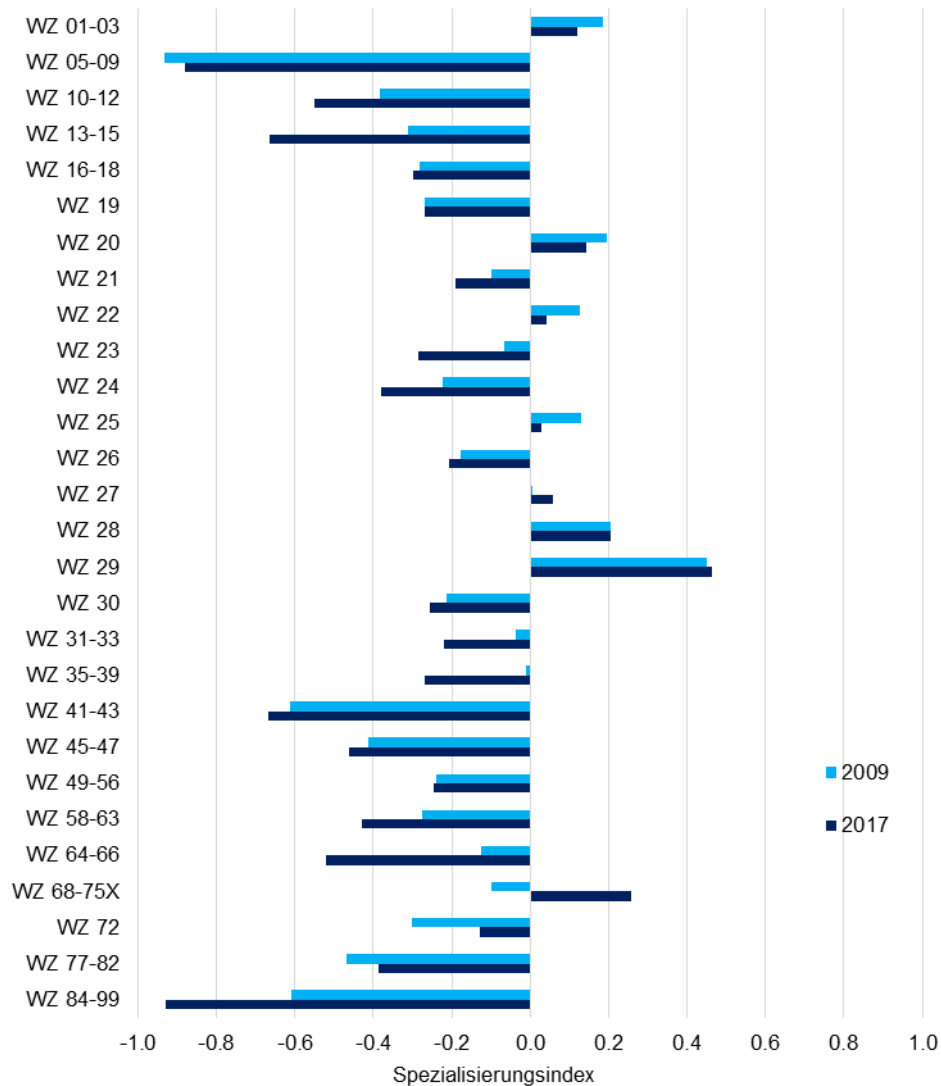
Im Vergleich zwischen den Jahren 2009 und 2017 zeigt sich für die Summe der Vergleichsländer keine Veränderung der sektoralen Konzentration der FuE-Ausgaben der Wirtschaft. In Deutschland kam es dagegen zu einem Anstieg (von 0,72 auf 0,76). Merkliche Anstiege verzeichneten außerdem Kanada (um 0,09 Punkte), Belgien (+0,05) und Israel (+0,03). Eine merkliche Abnahme der sektoralen Konzentration ist in Finnland (-0,10), den Niederlanden (-0,06), China (-0,03) und Großbritannien (-0,03) zu beobachten.

Die **sektorale Spezialisierung**, also die Ausrichtung der FuE-Tätigkeit der Wirtschaft auf bestimmte Wirtschaftszweige, wird mit Hilfe eines Spezialisierungsindex untersucht. Dieser Index stellt den Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft eines Landes in Relation zum entsprechenden Anteil für die Gesamtheit der betrachteten Länder. Für Deutschland zeigt sich im Jahr 2017 eine positive Spezialisierung (d.h. ein höherer Anteilswert) für lediglich 8 der 28 betrachteten Wirtschaftszweige (Abbildung 42). Am höchsten ist sie im Automobilbau, gefolgt von den freiberuflich-wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen, dem Maschinenbau, der Chemieindustrie und der Land- und Forstwirtschaft. Eine nur leicht positive Spezialisierung zeigt sich für die Elektrotechnik, die Kunststoffverarbeitung und die Metallwarenindustrie.

Die höchsten negativen Spezialisierungswerte weisen der Bergbau, die Textilindustrie, die Nahrungsmittelindustrie sowie die meisten Branchen außerhalb des verarbeitenden Gewerbes auf, wie z.B. Handel, Baugewerbe, Finanzdienstleistungen und sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen. Aber auch in zwei der drei gemessen an der Höhe der FuE-Ausgaben größten Dienstleistungsbranchen, den Informations- und Kommunikationsdienstleistungen und den FuE-Dienstleistungen, ist die Spezialisierung negativ.

Dass die Mehrzahl der Wirtschaftszweige in Deutschland eine negative Spezialisierung aufweist, spiegelt die starke Spezialisierung auf den Automobilbau bei einem gleichzeitig sehr hohen Strukturgewicht dieser Branche (Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft) wider. In einer solchen Situation muss es für den größten Teil der anderen Sektoren zu einer negativen Spezialisierungsmaß kommen.

Abbildung 42: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Deutschland 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

Im Vergleich zu 2009 hat sich das Spezialisierungsmuster in Deutschland kaum verändert. Eine einzige Branche - die freiberuflich-wissenschaftlich-technischen

Dienstleistungen - wechselte von einer negativen in eine positive Spezialisierung. In umgekehrter Richtung kam es zu keiner Veränderung, d.h. alle 2017 negativ spezialisierten Branchen waren dies bereits im Jahr 2009. Allerdings nahm in vielen Wirtschaftszweigen die negative Spezialisierung zu, d.h. die sektorale Spezialisierung hat sich weiter verstärkt.

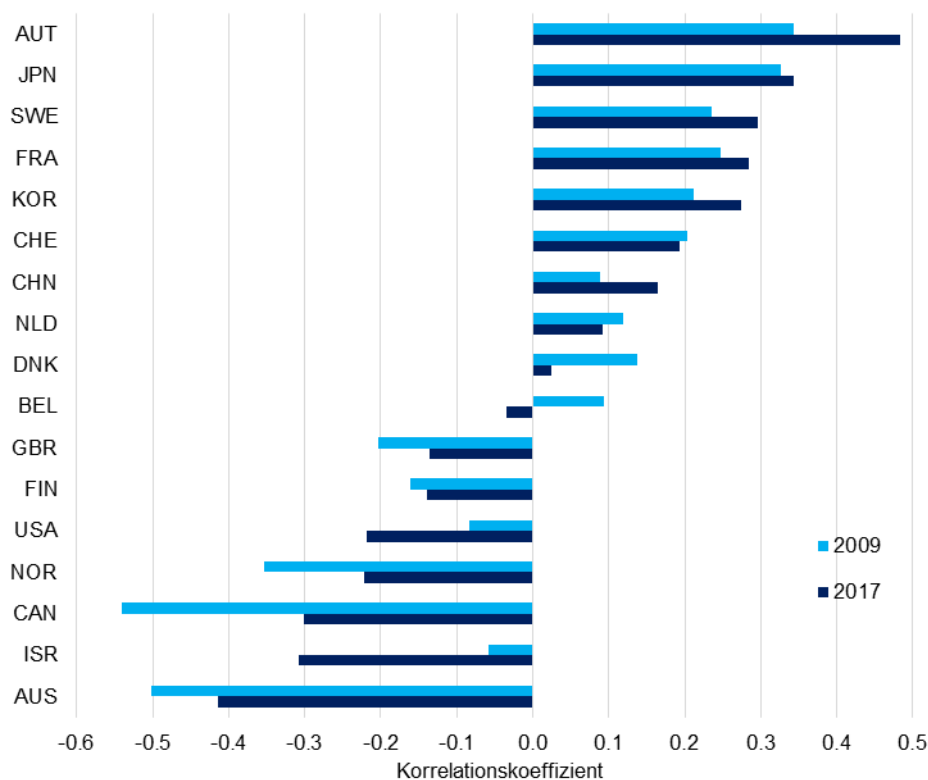
Der ungewichtete Durchschnitt der sektoralen Spezialisierungsindizes lag 2009 bei -0,17 und 2017 bei -0,25. Zwar nahm der Spezialisierungsindex für den Automobilbau selbst nur leicht von 0,45 auf 0,46 zu. Wegen des hohen Anteils an den gesamten FuE-Ausgaben bedeutete diese leichte Zunahme eine Verschlechterung des Spezialisierungsmaßes in vielen Branchen mit niedrigen FuE-Ausgaben. Eine Zunahme der positiven Spezialisierung fand außerdem in der Elektrotechnik statt. In nur wenigen negativ spezialisierten Wirtschaftszweigen verringerte sich der negative Spezialisierungsindex zwischen 2009 und 2019. Dazu zählen die FuE-Dienstleistungen und die sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen.

Im Anhang sind die Spezialisierungsmuster für die Vergleichsländer China (Abbildung 80), USA (Abbildung 81), Japan (Abbildung 82), Südkorea (Abbildung 83) und Frankreich (Abbildung 84) dargestellt. Ein Vergleich mit dem deutschen Spezialisierungsmuster zeigt größere Ähnlichkeiten im Fall von Japan, während sich die Spezialisierungsmuster der anderen großen Länder recht stark von dem Deutschlands unterscheiden. Um diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Spezialisierungsmustern zu quantifizieren, wurde ein Korrelationskoeffizient berechnet. Dieser gibt an, wie stark die Spezialisierungsindizes der 28 betrachteten Wirtschaftszweige korrelieren. Das Ergebnis zeigt aus deutscher Sicht die stärkste positive Korrelation mit der FuE-Spezialisierung der österreichischen Wirtschaft (2017: 0,48), gefolgt von Japan (0,34), Schweden (0,29), Frankreich (0,28) und Südkorea (0,27). Für alle fünf Länder gilt, dass der Korrelationskoeffizient im Jahr 2017 höher als im Jahr 2009 ist, d.h. es kam zu einer Annäherung der Spezialisierungsprofile (Abbildung 43).

Für China ergibt sich ebenfalls ein positiver Korrelationskoeffizient, der mit 0,17 jedoch niedriger ist, wenngleich sich auch hier ein Anstieg gegenüber 2009 (0,09) zeigt. Negative Korrelationen sind mit den Spezialisierungsprofilen Australiens, Kanadas, Israels, der USA, Großbritanniens, Finnlands, Belgiens sowie (in ganz geringem Ausmaß) Dänemarks festzustellen. Im Fall von Belgien und

Dänemark gab es im Jahr 2009 noch eine positive Korrelation, d.h. hier kam es zu einer Auseinanderentwicklung der sektoralen Spezialisierung. Dies gilt auch für die USA und Israel.

Abbildung 43: Korrelation zwischen der sektoralen FuE-Spezialisierung Deutschlands und der sektoralen FuE-Spezialisierung der einzelnen Vergleichsländer 2009 und 2017



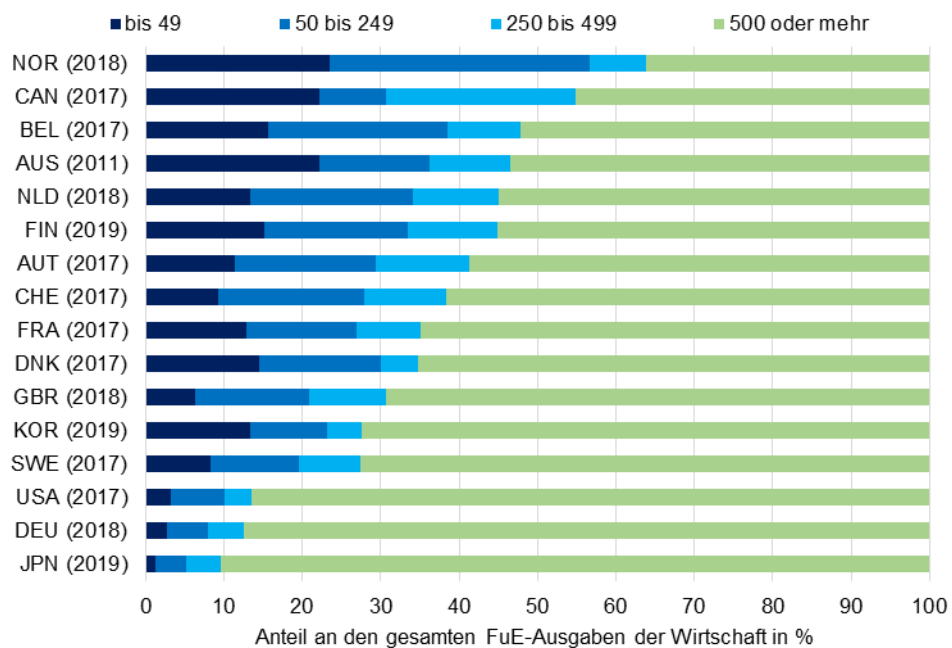
Korrelation der Spezialisierungsindizes der 28 in Abbildung 42 dargestellten Wirtschaftszweige.
Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

4.4 FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Größenklassen

Die FuE-Ausgaben der Wirtschaft sind in Deutschland stark auf die Gruppe der großen Unternehmen mit 500 oder mehr Beschäftigten konzentriert. Im Jahr 2018 entfielen 88 % der gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft auf diese Größenklasse. Unter den Vergleichsländern weist nur Japan mit 90 % einen höheren Anteil auf (Abbildung 44). In den USA tragen große Unternehmen

86 % zu den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft bei. In anderen Volkswirtschaften mit ähnlicher Größe wie Deutschland liegt der Anteil der großen Unternehmen an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft mit 65 % (Frankreich), 69 % (Großbritannien) und 72 % (Südkorea) deutlich unter dem deutschen Wert. Nur in zwei der Vergleichsländer - Norwegen und Kanada - entfallen auf große Unternehmen mit 500 oder mehr Beschäftigten weniger als die Hälfte der FuE-Ausgaben der Wirtschaft.

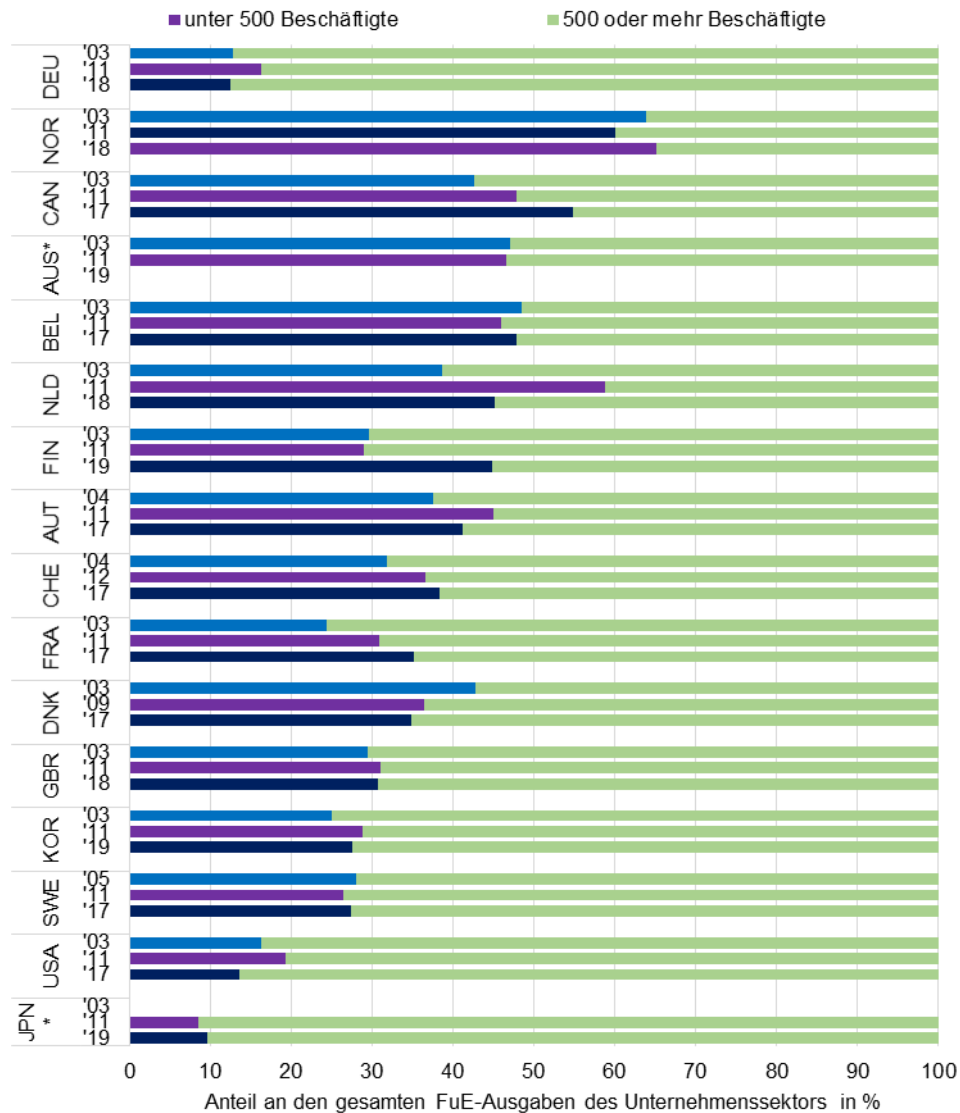
Abbildung 44: Zusammensetzung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach Beschäftigtengrößenklassen 2017/19



Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

Innerhalb der großen Unternehmen konzentrieren sich die FuE-Ausgaben wiederum auf die sehr großen Unternehmen mit 5.000 oder mehr Beschäftigten. Diese von der Anzahl her sehr kleine Gruppe von Unternehmen leistete im Jahr 2017 in Deutschland 62 % der gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft. In den USA liegt ihr Anteilswert mit 66 % sogar noch höher. Südkorea (57 %) und Japan (55 %) befinden sich etwas hinter Deutschland. Für die meisten anderen Vergleichsländer liegen für diese Größenklasse aus Geheimhaltungsgründen keine Angaben vor.

Abbildung 45: Verteilung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft nach auf kleine/mittlere und große Unternehmen 2003-2019



* AUS: keine Werte für 2019; JPN: keine Werte für 2003.

Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

In der Gruppe der kleinen bis mittelgroßen Unternehmen weist Deutschland im Vergleich zu anderen größeren Ländern einen relativ hohen Wert für die mittelgroßen Unternehmen (250 bis 500 Beschäftigte) von 4,6 % auf. Der Anteil der

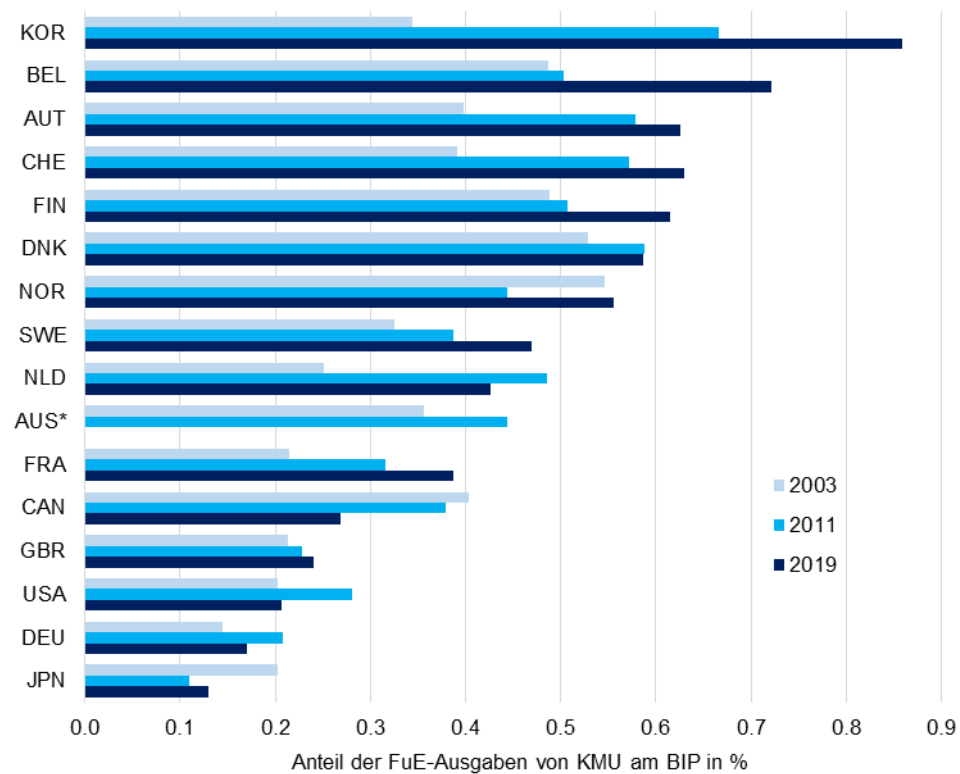
mittleren Unternehmen (50 bis 249 Beschäftigte) ist mit 5,2 % dagegen niedriger als der Vergleichswert für die USA (6,8 %). Dies gilt auch für den Anteil der kleinen Unternehmen (Deutschland: 2,7 %, USA: 3,2 %).

Im Zeitablauf hat sich der Anteil der großen Unternehmen an den FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Deutschland nur wenig verändert. Im Jahr 2003 entfielen auf die Unternehmen mit 500 oder mehr Beschäftigte 87 % der FuE-Ausgaben, im Jahr 2011 lag dieser Anteilswert bei 84 %, ist also zuletzt wieder gestiegen. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich für die USA (Abbildung 45). In Frankreich, der Schweiz, Kanada, Finnland und den Niederlanden lag der Anteil der großen Unternehmen an den FuE-Ausgaben der Wirtschaft am aktuellen Rand dagegen merklich unter dem Wert von Anfang der 2000er Jahre.

Um die volkswirtschaftliche Bedeutung der FuE-Aktivitäten von KMU zu bewerten, können die FuE-Ausgaben der KMU (d.h. von Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten) in Relation zum BIP gesetzt werden. Hier zeigt sich für Deutschland der zweithöchste Wert unter den Vergleichsländern. 2018 machten die FuE-Ausgaben der KMU 0,17 % des BIP aus. Nur in Japan ist der Wert mit 0,13 % niedriger. Die USA kommen auf 0,21 % (Abbildung 46). Die höchsten Werte weisen Südkorea (0,86 %), Belgien (0,72 %), Österreich und die Schweiz (jeweils 0,63 %) auf. Der hohe Wert von Südkorea ist teilweise dadurch bedingt, dass manche Konzerne ausgegliederte FuE-Unternehmen aufweisen, die in die Gruppe der KMU fallen.

Insgesamt zeigt sich, dass in den Ländern, in denen große Unternehmen das FuE-Geschehen dominieren, die volkswirtschaftliche Bedeutung der FuE-Aktivitäten von KMU gering ist. Dies dürfte wohl daran liegen, dass die Dominanz von großen Unternehmen den KMU - im Vergleich zu Ländern mit wenigen dominanten Großunternehmen - nur wenige Nischen für FuE-Aktivitäten lässt. Gleichzeitig dürfte auch der Zugang von KMU zu für FuE-Aktivitäten wichtigen Ressourcen (hochqualifizierte Fachkräfte, Kooperationen mit der Wissenschaft) schwieriger oder teurer sein (vgl. hierzu ausführlicher Rammer et al. 2016).

Abbildung 46: Anteil der FuE-Ausgaben von KMU am BIP 2003-2019



KMU: Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten.

Quelle: OECD - RDS. Berechnungen des ZEW.

5 Analyse der sektoralen FuE-Dynamik der Wirtschaft

Die in Abschnitt 4 dargestellte Datenbasis wird in diesem Abschnitt genutzt, um die Entwicklung der FuE-Ausgaben und der FuE-Intensität der Wirtschaft näher zu untersuchen. Dabei werden vier Fragestellungen betrachtet:

- **Zerlegung der Veränderung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft** eines Landes in die drei Komponenten globaler Trend, Strukturfaktor (Veränderung der FuE-Ausgaben aufgrund der Branchenstruktur) und Verhaltensfaktor (Veränderung der branchenspezifischen FuE-Ausgaben über oder unter dem globalen branchenspezifischen Trend).
- **Zerlegung der Veränderung der FuE-Intensität der Wirtschaft** eines Landes in die beiden Komponenten Strukturfaktor (Veränderung der Branchen-Zusammensetzung) und Intensitätsfaktor (Veränderung der FuE-Intensität einer Branche).
- Hypothetische Höhe der FuE-Intensität eines Landes bei Herausrechnung der sektoralen Spezialisierung eines Landes (**strukturbereinigte FuE-Intensität**) bzw. bei Zugrundelegung der FuE-Intensität, die eine Branche im globalen Durchschnitt zeigt (**strukturell zu erwartende FuE-Intensität**).
- Hypothetische Höhe der FuE-Ausgaben Deutschlands, die sich ergibt, wenn jeder Wirtschaftszweig in Deutschland zumindest die durchschnittliche FuE-Intensität in der Gruppe der betrachteten Länder aufweist (**strukturmögliche Höhe der FuE-Ausgaben**).

5.1 Trend-, Struktur- und Verhaltenskomponente der FuE-Ausgabendynamik

Mit Hilfe einer Shift-Share-Analyse wird die Entwicklung der FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors eines Landes im Zeitraum 2009 bis 2017 nach drei Komponenten getrennt:

- Beitrag durch den globalen Trend der Veränderung der FuE-Ausgaben (**Trendeffekt**, wobei "global" nur die hier betrachteten Länder umfasst)
- Beitrag durch die globale branchenspezifische Dynamik der FuE-Ausgaben (**Branchendynamikeffekt**)

- **FuE-Verhaltenseffekt** einzelner Wirtschaftszweige, d.h. die Veränderung der FuE-Ausgaben in einem Wirtschaftszweig, die über oder unter dem globalen Trend und der globalen branchenspezifischen Dynamik liegt.

Die Berechnung der drei Komponenten folgt der in der klassischen Shift-Share-Analyse von Dunn (1960) vorgeschlagenen Methode (vgl. Farhauser und Kröll 2009). Die Veränderungsrate der FuE-Ausgaben zwischen 2009 und 2017 eines Landes i (f_i) wird in die drei Komponenten des Trendeffekt (t), Struktureffekt (s) und Verhaltenseffekt (v) zerlegt.

$$f_i = tr + sd_i + vh_i$$

Die Veränderungsrate der FuE-Ausgaben ist wie folgt definiert:

$$f_i = (\sum_k F_{17,ik} - \sum_k F_{09,ik}) / \sum_k F_{09,ik}$$

wobei $F_{17,ik}$ die FuE-Ausgaben von Wirtschaftszweig k in Land i im Jahr 2017 und $F_{09,ik}$ den entsprechenden Wert für 2009 angeben.

Der Trendeffekt entspricht der Veränderungsrate der FuE-Ausgaben im gewichteten Durchschnitt der betrachteten Länder:

$$tr = (\sum_i F_{17,i} - \sum_i F_{09,i}) / \sum_i F_{09,i}$$

Der Struktureffekt gibt an, in welchem Ausmaß sich die FuE-Ausgaben eines Landes *zusätzlich zum globalen Trend* verändert hätten, wenn sich in jedem Land die FuE-Ausgaben eines Wirtschaftszweigs mit der branchenspezifischen Veränderungsrate im gewichteten Mittel der 18 betrachteten Länder (abzüglich des globalen Trends) verändert hätten:

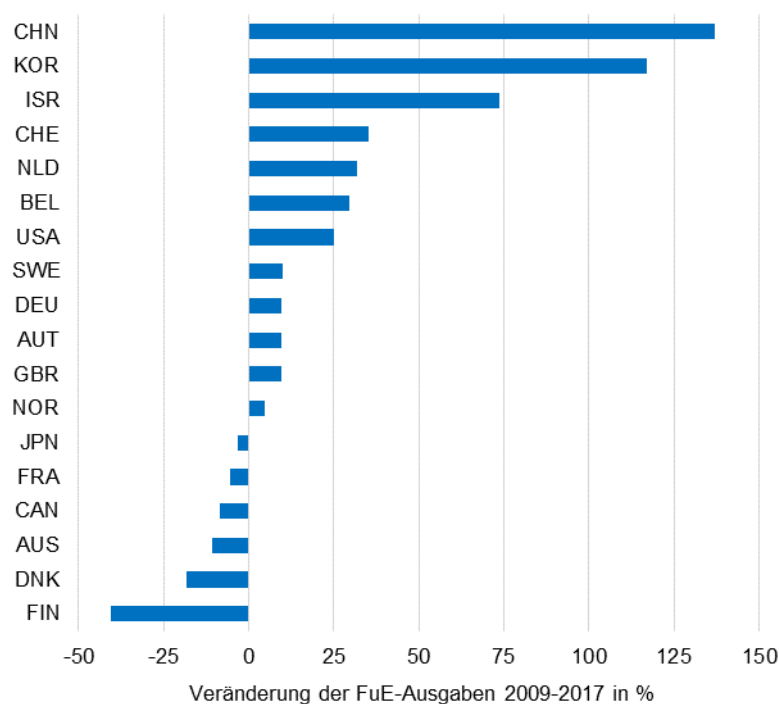
$$sd_i = \sum_k F_{09,ik} (f_k - tr)$$

Der Struktureffekt zeigt somit an, in welchem Ausmaß sich die FuE-Ausgaben eines Landes geändert hätten, wenn sie sich nicht mit der globalen Veränderungsrate, sondern mit der branchenspezifischen globalen Veränderungsrate verändert hätten.

Der Verhaltenseffekt vh_i ergibt sich, wenn der Trend- und der Struktureffekt von der Veränderungsrate der FuE-Ausgaben abgezogen werden. Er spiegelt alle länderspezifischen Einflüsse auf die Veränderung der FuE-Ausgaben wider, die sich nicht durch den globalen Trend und die branchenspezifische globale Veränderung der FuE-Ausgaben ergeben.

Ausgangspunkt der Analyse ist die Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft zwischen den Jahren 2009 und 2017 in den betrachteten Ländern (jeweils gerechnet in US-\$ zu Wechselkursen). Wie in Abschnitt 4 erläutert, wurde der Zeitraum 2009-2017 gewählt, da für frühere oder spätere Berichtsjahre der Anteil von fehlenden Angaben zu den FuE-Ausgaben einzelner Wirtschaftszweige stark zunimmt, was die Aussagekraft der Berechnungen beeinträchtigen würde. Im gewichteten Durchschnitt der betrachteten 18 Länder nahmen die realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft in diesem Zeitraum um 29 % zu (= **globaler Trendeffekt**). Ein überdurchschnittliches Wachstum weisen China, Südkorea, Israel, die Schweiz, die Niederlande und Belgien auf (Abbildung 47).

Abbildung 47: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

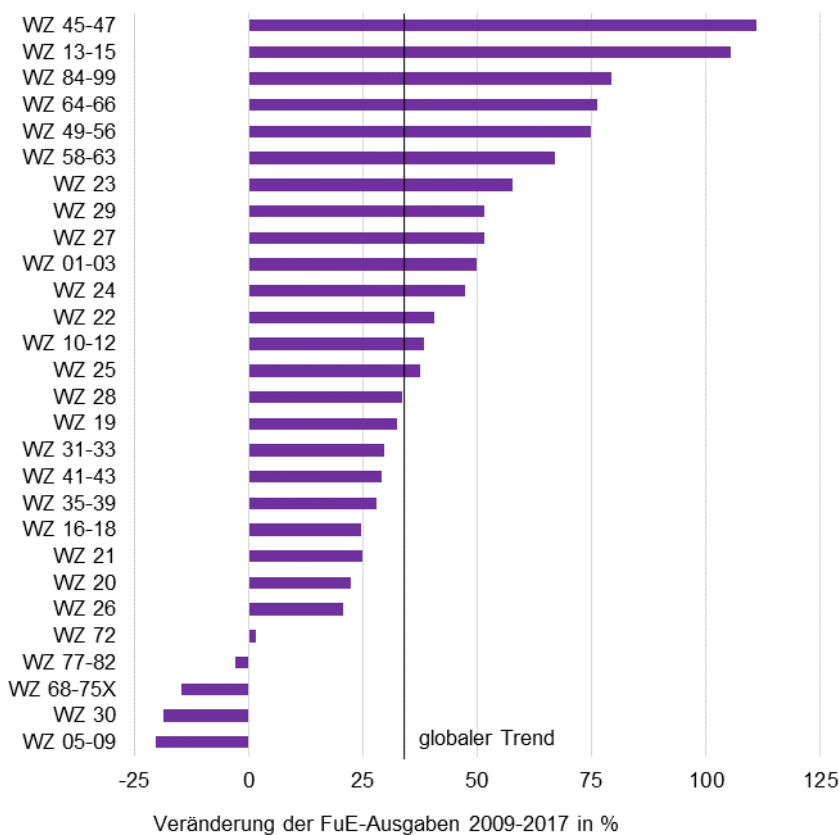


FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Deutschland liegt mit einer Zunahme von 10 % gleichauf mit Schweden, Österreich und Großbritannien. Negative Wachstumsraten sind für Finnland, Dänemark, Australien, Kanada, Frankreich und Japan zu beobachten. Zu beachten ist, dass die Dynamik der FuE-Ausgaben bei dieser Berechnung auch durch unterschiedliche Inflationsraten und die Veränderung des Wechselkurses der nationalen Währung zum US-\$ beeinflusst ist.

Abbildung 48: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 nach Wirtschaftszweigen (Basis: 18 Vergleichsländer)



FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

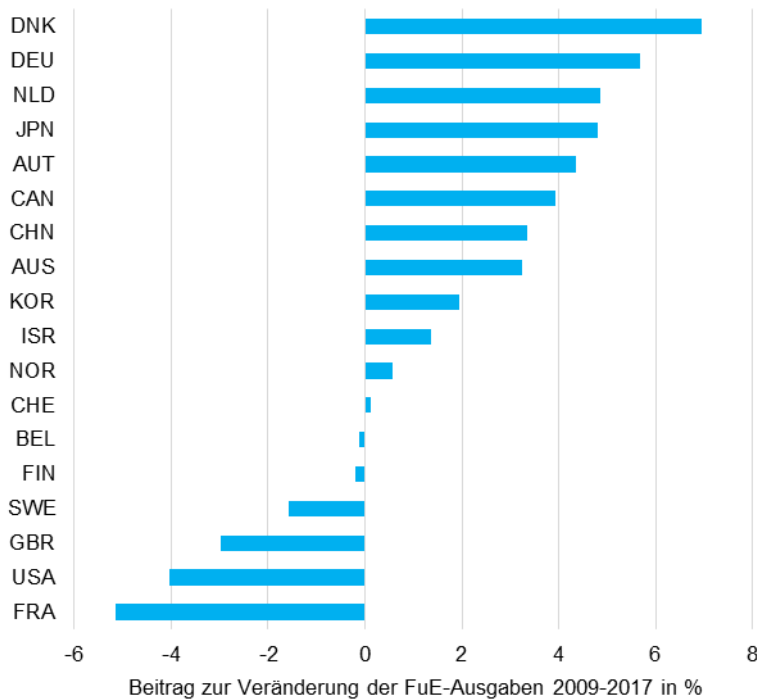
Die **branchenspezifische globale Veränderungsrate** der FuE-Ausgaben, die die Höhe der Strukturkomponente wesentlich bestimmt, variiert erheblich zwischen den 28 unterschiedenen Wirtschaftszweigen (Abbildung 48). Sehr hohe

Wachstumsraten zeigen eine Reihe von Dienstleistungssektoren, die oftmals aber nur ein geringes Volumen an FuE-Ausgaben aufweisen. Von den Branchen mit hohen absoluten FuE-Ausgaben weisen die Informations- und Kommunikationsdienstleistungen (WZ 58-63), der Automobilbau (WZ 29) und die elektrotechnische Industrie (WZ 27) deutlich überdurchschnittliche Wachstumsraten auf.

Nur durchschnittlich oder leicht überdurchschnittlich war das Wachstum der realen FuE-Ausgaben (in US-\$) im Maschinenbau (WZ 28), der Pharmaindustrie (WZ 21), der Chemieindustrie (WZ 20) und der Elektronik-, Messtechnik- und Optikindustrie (WZ 26). Im Bereich der FuE-Dienstleistungen (WZ 72) fand keine reale Zunahme der FuE-Ausgaben statt. In den beiden vom Ausgabenvolumen her bedeutenden Wirtschaftszweigen der freiberuflichen, technischen und wissenschaftlichen Dienstleistungen (ohne FuE-Dienstleistungen, WZ 68-75X) sowie dem Schiff-, Bahn-, Flugzeug- und Zweiradbau (WZ 30) gingen die realen FuE-Ausgaben zwischen 2009 und 2010 in den betrachteten Ländern sogar deutlich zurück.

Der Beitrag der **Strukturkomponente** zur gesamten Veränderung der FuE-Ausgaben ist in allen Ländern niedriger als der Beitrag durch den globalen Trend. Dies ist zu erwarten, da die Strukturkomponente die sich *zusätzlich zum globalen Trend* ergebende Veränderung der FuE-Ausgaben aufgrund der unterschiedlichen FuE-Dynamik in den einzelnen Branchen und der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen Branchen für die gesamten FuE-Ausgaben eines Landes misst. Am höchsten ist die Strukturkomponente in Dänemark, Deutschland, den Niederlanden und Japan (Abbildung 49). Dies bedeutet, dass in diesen Ländern die Wirtschaftsstruktur auf Branchen ausgerichtet ist, die ein überdurchschnittliches Wachstum der FuE-Ausgaben aufweisen. Negative Beiträge der Strukturkomponente zeigen sich für Frankreich, die USA, Großbritannien, Schweden, Finnland und Belgien. Hier ging von der Wirtschaftsstruktur der Länder ein negativer Trend auf die Entwicklung der FuE-Ausgaben aus, da Wirtschaftszweige mit einem unterdurchschnittlichen Ausgabenwachstum einen hohen Anteil haben (wie z.B. FuE-Dienstleistungen, sonstige freiberufliche, technische und wissenschaftliche Dienstleistungen sowie der Schiff-, Bahn-, Flugzeug- und Zweiradbau).

Abbildung 49: Beitrag der Strukturkomponente zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

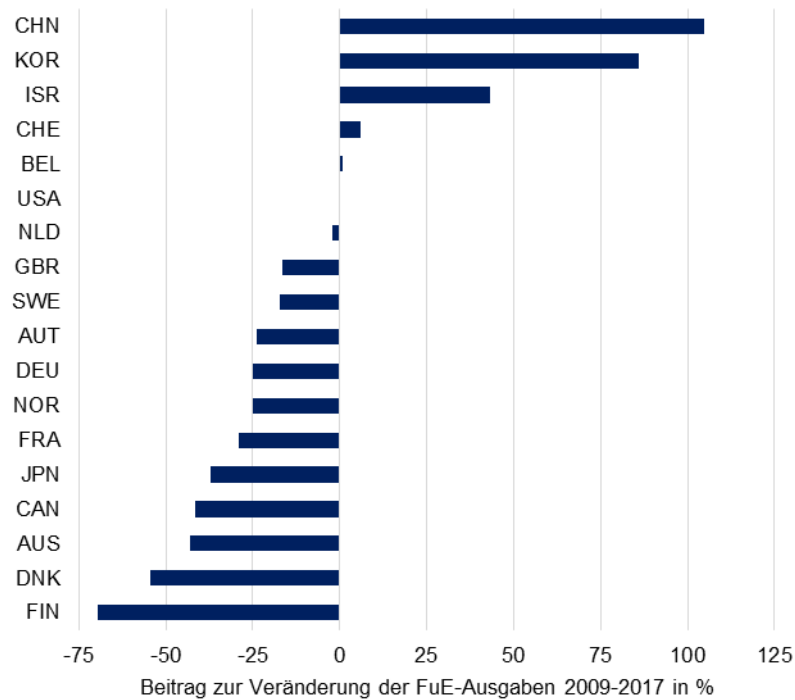


FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Die **Verhaltenskomponente** gibt den Beitrag zur FuE-Ausgabendynamik an, der der Veränderung der FuE-Ausgaben eines Wirtschaftszweigs in einem Land entspricht, die über oder unter der Veränderung aufgrund des globalen Trends und der branchenspezifischen durchschnittlichen Veränderungsrate der FuE-Ausgaben liegt. Eine solche überdurchschnittliche Steigerung der FuE-Ausgaben einzelner Wirtschaftszweige war im Zeitraum 2009-2017 vor allem in China, Südkorea und Israel anzutreffen (Abbildung 50). Die höchsten negativen Verhaltensseffekte weisen Finnland, Dänemark, Australien, Kanada und Japan auf. Für Deutschland zeigt sich ein negativer Beitrag von 25 %-Punkten zur Veränderungsrate der realen FuE-Ausgaben, die bei 10 % lag. Dies bedeutet, dass die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft schwächer gestiegen sind als das globale Wachstum und die zusätzliche globale branchenspezifische Veränderung.

Abbildung 50: Beitrag der Verhaltenskomponente zur Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

5.2 Komponenten der Veränderung der FuE-Intensität

In Analogie zur Shift-Share-Analyse der FuE-Ausgaben im vorangegangenen Abschnitt wird im Folgenden die Entwicklung der FuE-Intensität des Wirtschaftssektors eines Landes im Zeitraum 2009 bis 2017 nach drei Komponenten getrennt:

- Ein **Wachstumsfaktor** erfasst die Veränderung der FuE-Intensität eines Landes, die sich alleine aufgrund der Veränderung der Produktionsmenge eines Wirtschaftszweigs bei konstanter FuE-Intensität des Wirtschaftszweigs ergäbe. Würden allen Wirtschaftszweige mit derselben Rate wachsen, bliebe die FuE-Intensität des Wirtschaftssektors insgesamt konstant. Wenn aber Wirtschaftszweige unterschiedlich rasch wachsen, können

sich daraus Veränderungen der gesamtwirtschaftlichen FuE-Intensität ergeben, die positiv ausfallen, wenn Wirtschaftszweige mit überdurchschnittlicher FuE-Intensität überdurchschnittlich stark wachsen, und vice versa.

- Ein **Intensitätsfaktor** erfasst die Veränderung der FuE-Intensität eines Landes, die sich alleine durch die Veränderung der FuE-Intensität von Wirtschaftszweigen bei konstanter Produktionsmenge in jedem Wirtschaftszweig ergäben.
- Ein **Interaktionsfaktor** entspricht der Differenz zwischen der tatsächlichen Veränderung der FuE-Intensität einerseits und dem aggregierten Effekt von Wachstums- und Intensitätsfaktor andererseits. Er ist positiv, wenn sich die beiden Faktoren gegenseitig verstärken (also Wirtschaftszweige mit steigender FuE-Intensität überproportional wachsen und vice versa) und negativ, wenn sich die beiden Faktoren kompensieren (also Wirtschaftszweige mit rückläufiger FuE-Intensität überproportional wachsen und vice versa).

Die Veränderung der FuE-Intensität eines Landes zwischen den Jahren 2009 und 2017 (fin_i) ist definiert als

$$fin_i = fin_{17,i} - fin_{09,i}$$

$$fin_{17,i} = (\sum_k F_{17,ik} / \sum_k P_{17,ik})$$

$$fin_{09,i} = (\sum_k F_{09,ik} / \sum_k P_{09,ik})$$

wobei $P_{17,ik}$ und $P_{09,ik}$ die Produktionsmenge in Wirtschaftszweig k in Land i in den Jahren 2017 bzw. 2009 angeben.

Der Wachstumsfaktor wt_i ist wie folgt definiert:

$$wt_i = \sum_k [(fin_{09,ik} \cdot P_{17,ik}) / \sum_k P_{17,ik} - (fin_{09,ik} \cdot P_{09,ik}) / \sum_k P_{09,ik}]$$

Der Intensitätsfaktor in_i ist wie folgt definiert:

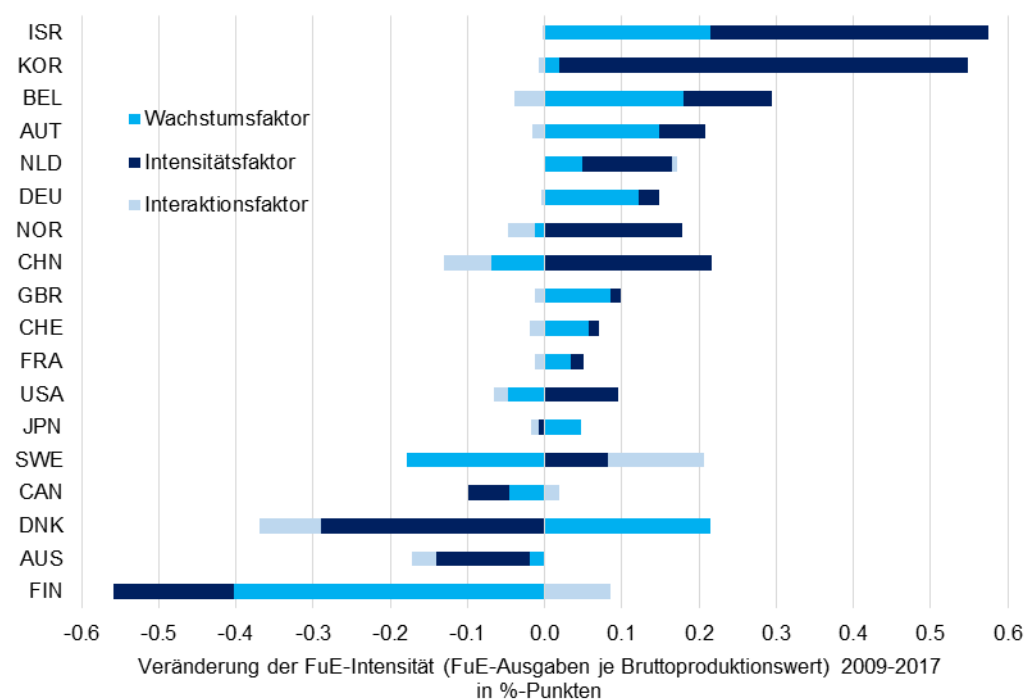
$$in_i = \sum_k [(fin_{17,ik} \cdot P_{09,ik}) / \sum_k P_{09,ik} - (fin_{09,ik} \cdot P_{09,ik}) / \sum_k P_{09,ik}]$$

Die Produktionsmenge wird in der folgenden Analyse über zwei alternative Variablen gemessen, nämlich einerseits über den Bruttoproduktionswert (d.h. die Summe von Bruttowertschöpfung und Vorleistungen) und andererseits über die Bruttowertschöpfung. Der Beitrag der drei Faktoren zur Veränderung der FuE-

Intensität berechnet auf Basis des Bruttoproduktionswert ist in Abbildung 51 dargestellt.

In Deutschland hat die FuE-Intensität der Wirtschaft zwischen 2009 und 2017 um 0,14 %-Punkte zugenommen. Wesentlicher Treiber hierfür war das starke Wachstum von FuE-intensiven Wirtschaftszweigen, während die Erhöhung der FuE-Intensität in den einzelnen Wirtschaftszweigen eine geringe Rolle gespielt hat (eine Analyse der für diese Entwicklung wesentlichen Wirtschaftszweige folgt weiter unten). In vielen der Vergleichsländer kam dagegen dem Intensitätsfaktor eine größere Bedeutung zu, allen voran in Südkorea, Israel, China und Norwegen. Die Niederlande, Belgien, die USA, Schweden und Österreich weisen ebenfalls positive Beiträge des Intensitätsfaktors auf, die deutlich über dem von Deutschland liegen.

Abbildung 51: Faktoren den Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) der Wirtschaft 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



Reihenfolge der Länder entsprechend der Veränderung der FuE-Intensität 2009-2017.

FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

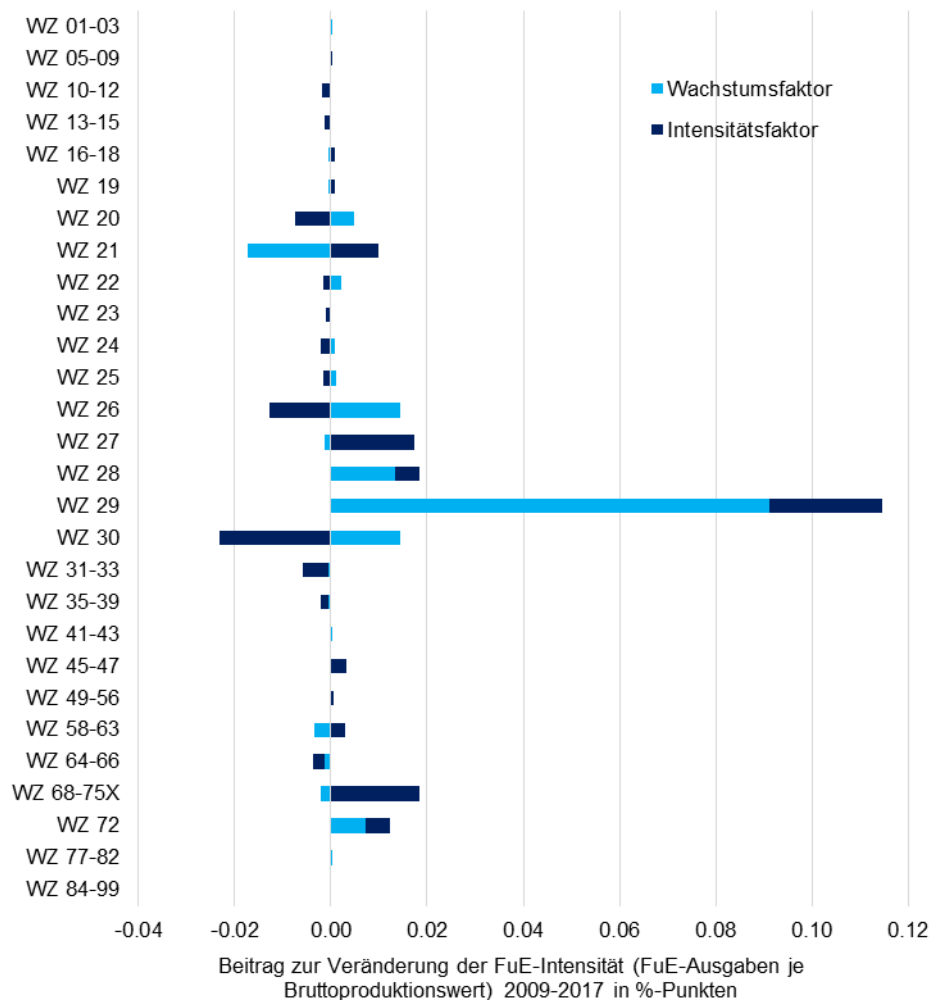
Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

In fünf Länder gingen vom Intensitätsfaktor dagegen negative Beiträge aus (Dänemark, Finnland, Australien, Kanada und Japan). Stärkere positive Wachstumseffekte als Deutschland weisen Dänemark, Israel, Belgien und Österreich auf. In diesen Länder wuchs die Produktion in Wirtschaftszweigen mit hoher FuE-Intensität besonders rasch. Der stärkste negative Effekt des Wachstumsfaktors weisen Finnland und Schweden auf. Dies liegt in Wesentlichen am Produktionsrückgang in der Elektronikindustrie. Interessanterweise zeigt auch China einen negativen Beitrag des Wachstumsfaktors, da dort weniger FuE-intensive Wirtschaftszweige besonders stark gewachsen sind. Der stark positive Intensitätsfaktor weist darauf hin, dass die meisten Wirtschaftszweige ihre FuE-Intensität deutlich erhöht haben.

Abbildung 85 im Anhang zeigt dieselbe Berechnung für die FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung. Das Ergebnis ist sehr ähnlich zu dem auf Basis des Bruttoproduktionswerts. Für Deutschland zeigt sich auch hier ein deutlich höherer Beitrag des Wachstumsfaktors im Vergleich zum Intensitätsfaktor. Gleichzeitig ist auch der Interaktionseffekt positiv, d.h. Wirtschaftszweige mit hoher FuE-Intensität auf Basis der Wertschöpfung weisen ein überproportionales Wertschöpfungswachstum auf.

Eine Analyse der Wirtschaftszweige nach ihren Beiträgen zur Zunahme der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft zwischen 2009 und 2017 zeigt, dass der Automobilbau alleine für vier Fünftel der Zunahme von 0,14 %-Punkten, nämlich für 0,114 %-Punkte, verantwortlich ist. Dies liegt primär am starken Wachstum der Produktion (Beitrag von 0,091 %-Punkte) und in geringerem Umfang an einer Erhöhung der FuE-Intensität (Beitrag von 0,023 %-Punkten). Des Weiteren trugen der Maschinenbau, die elektrotechnische Industrie, die freiberuflich und technischen Dienstleistungen und die FuE-Dienstleistungen zur Erhöhung der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft bei (Abbildung 52).

Abbildung 52: Beitrag von Wachstums- und Intensitätsfaktor zur Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) der deutschen Wirtschaft 2009-2017



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert.
Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Positive Beiträge des Wachstumsfaktors wurden in der Elektro-/Messtechnik-/Optikindustrie, der Chemieindustrie und dem Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau durch negative Intensitätseffekte teilweise oder vollständig ausgeglichen. Umgekehrt trug die Pharmaindustrie zu einem negativen Wachstumseffekt bei, der nur teilweise durch einen positiven Intensitätseffekt ausgeglichen werden konnte.

5.3 Strukturbereinigte und strukturell zu erwartende FuE-Intensität

In diesem Abschnitt wird untersucht, welche Rolle die Branchenstruktur der Wirtschaft für die Höhe der FuE-Intensität spielt. Hierfür werden zwei Indikatoren betrachtet:

- Die **strukturbereinigte** FuE-Intensität der Wirtschaft gibt die hypothetische FuE-Intensität an, die sich ergäbe, wenn alle Länder dieselbe Wirtschaftsstruktur aufwiesen. Liegt die strukturbereinigte FuE-Intensität über der tatsächlichen, so zeigt dies an, dass ein Land in den einzelnen Wirtschaftszweigen eine tendenziell überdurchschnittliche hohe FuE-Intensität aufweist. Gleichzeitig deutet ein solches Ergebnis an, dass die Wirtschaftsstruktur eines Landes die FuE-Intensität im internationalen Vergleich nach unten drückt, da das Land einen höheren Anteil von Wirtschaftszweigen mit eher niedriger FuE-Intensität aufweist. Umgekehrt weist eine strukturbereinigte FuE-Intensität, die unter der tatsächlichen liegt, auf eine Wirtschaftsstruktur hin, in der FuE-intensive Wirtschaftszweige dominieren.
- Die **strukturell zu erwartende** FuE-Intensität gibt die FuE-Intensität an, die ein Land aufgrund seiner Wirtschaftsstruktur aufweisen würde, wenn jeder Sektor des Landes eine FuE-Intensität hätte, die dem globalen sektoralen Durchschnitt entspricht. Liegt die tatsächliche FuE-Intensität über der strukturell zu erwartenden, dann bedeutet dies, dass das Land insgesamt überdurchschnittlich FuE-intensiv ist. Liegt die tatsächliche FuE-Intensität darunter, so weist dies darauf hin, dass das Land noch "Spielraum nach oben" bei den sektorspezifischen FuE-Intensität hat, da diese im gewichteten Mittel unter dem globalen Durchschnitt liegen.

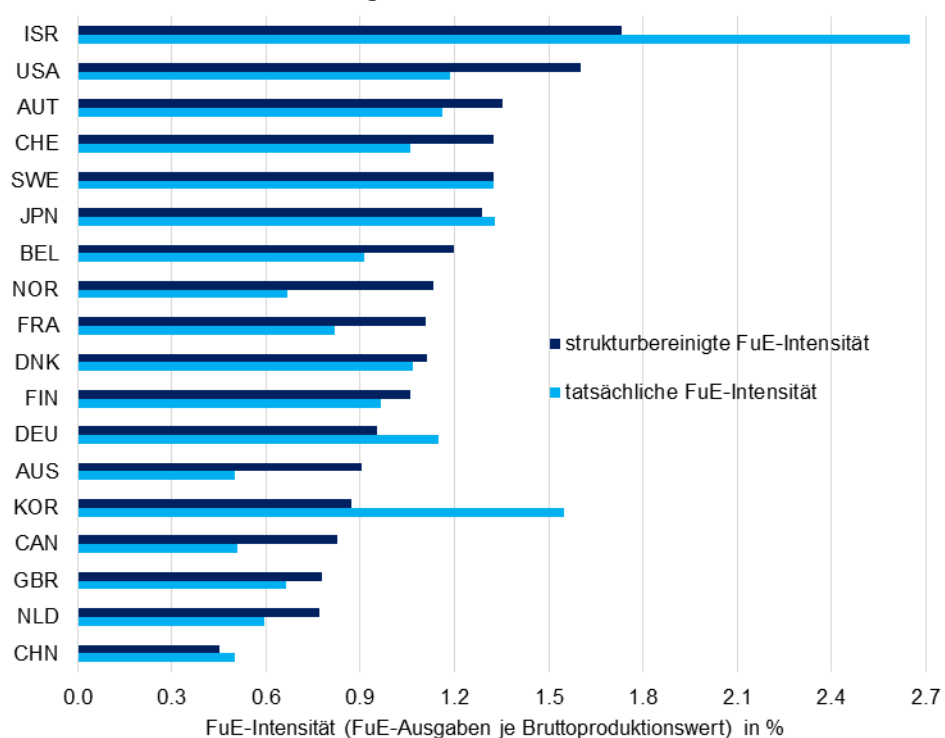
Die **strukturbereinigte** FuE-Intensität eines Landes ($^{sb}fin_i$) wird ermittelt, indem die länderspezifische FuE-Intensität eines Wirtschaftszweigs (fin_{ik}) mit dem Strukturanteil des Wirtschaftszweigs unter allen untersuchten Ländern (P_k / P) gewichtet und über alle Wirtschaftszweige aufsummiert wird:

$$^{sb}fin_i = \sum_k [(fin_{ik} \cdot (P_k / P))]$$

Das Ergebnis zeigt für das Berichtsjahr 2017 (Abbildung 53), dass Deutschlands strukturbereinigte FuE-Intensität (berechnet auf Basis des Bruttoproduktionswerts) mit 0,95 % um 0,20 %-Punkten unter der tatsächlichen liegt (1,15 %).

Dies bedeutet, dass die Höhe von Deutschlands tatsächlicher FuE-Intensität durch eine FuE-intensive Wirtschaftsstruktur im Vergleich zu anderen Ländern nach oben gedrückt wird. Ein solches Ergebnis zeigt sich noch erheblich stärker ausgeprägt für Israel und Südkorea und in geringem Ausmaß für Japan und China.

Abbildung 53: Strukturbereinigte und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

In fast allen anderen Ländern liegt die strukturbereinigte FuE-Intensität über der tatsächlichen. Besonders hoch ist die Differenz in Norwegen, den USA, Australien, Frankreich, Belgien, Kanada, der Schweiz und Österreich. Für diese Länder weist die gesamtwirtschaftliche FuE-Intensität strukturbedingt einen nied-

rigeren Wert auf als es der eigentlichen FuE-Intensität auf Ebene der Wirtschaftszweige entspräche. In Schweden weisen strukturbereinigte und tatsächliche FuE-Intensität denselben Wert auf.

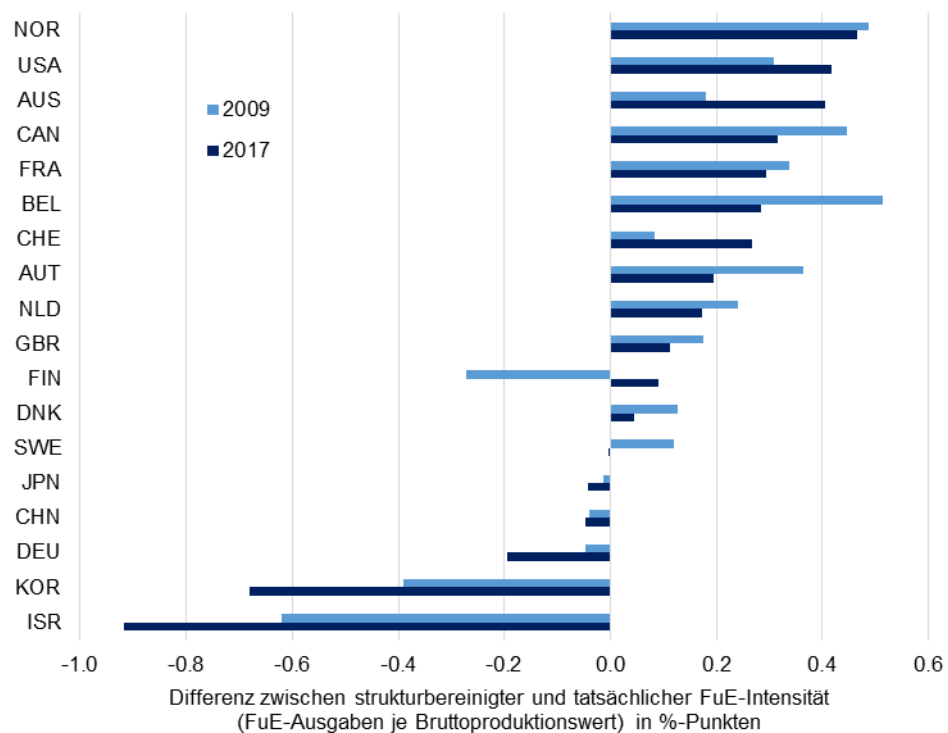
Bei einer Berechnung der FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung (vgl. Abbildung 86 im Anhang) liegt für Deutschland die strukturbereinigte FuE-Intensität noch deutlicher unter der tatsächlichen (2017: 1,73 gegenüber 2,35 %), d.h. gemessen an der Wertschöpfung wird die tatsächliche FuE-Intensität Deutschlands aufgrund der Wirtschaftsstruktur erheblich nach oben gedrückt. Strukturbereinigt läge die deutsche Wirtschaft bei der FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung im Jahr 2017 nur auf dem viertletzten Platz unter den 18 betrachteten Ländern. Lediglich Kanada, Großbritannien und China weisen niedrigere Werte auf. Die höchsten strukturbereinigten FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung zeigen Israel, Belgien und Österreich.

Ein Vergleich zwischen den Jahren 2009 und 2017 zeigt, dass die Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität (auf Basis des Bruttoproduktionswerts) in Deutschland deutlich zugenommen hat. 2009 betrug die (negative) Differenz nur 0,05 %-Punkte, 2017 bereits 0,20 %-Punkte (Abbildung 54). Dieses Ergebnis zeigt sich auch, wenn die FuE-Intensität auf Basis der Bruttowertschöpfung berechnet wird (Zunahme des Abstands von 0,32 auf 0,62 %-Punkte, vgl. Abbildung 87 im Anhang). Dies bedeutet, dass die Zunahme der FuE-Intensität zwischen 2009 und 2017 in Deutschland stark durch eine Verschiebung der Branchenstruktur in Richtung FuE-intensive Wirtschaftszweige getrieben wurde, und nicht primär durch eine Erhöhung der FuE-Intensität. Dies bestätigt das Ergebnis, das im vorangegangenen Abschnitt anhand einer Komponentenerlegung der Veränderung der FuE-Intensität erzielt wurde.

Eine ähnliche Entwicklung wie in Deutschland zeigt sich auch in Israel und Südkorea. In einigen Ländern hat sich die Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität zwischen 2009 und 2017 dagegen von einer sehr hohen positiven Differenz ausgehend reduziert, insbesondere in Belgien, Österreich, Schweden und Kanada, aber auch in den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien und Frankreich. In anderen Ländern kam es dagegen zu einer Zunahme der positiven Differenz (Australien, Schweiz, USA). In Finnland führte der starke Strukturwandel zwischen 2009 und 2017 dazu, dass die strukturbere-

reingete FuE-Intensität nicht mehr deutlich unter, sondern etwas über der tatsächlichen liegt, d.h. Finnland hat sich von einer FuE-intensiven Wirtschaftsstruktur wegbewegt.

Abbildung 54: Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Als zweiter Indikator wird die **strukturell zu erwartende** FuE-Intensität eines Landes ($^{se}fin_i$) betrachtet. Sie ergibt sich, indem die FuE-Intensität eines Wirtschaftszweigs im Durchschnitt der Vergleichsländer (fin_k) mit dem Strukturanteil des Wirtschaftszweigs im jeweiligen Land (P_{ik} / P_i) gewichtet und über alle Wirtschaftszweige aufsummiert wird:

$$^{se}fin_i = \sum_k [(fin_k \cdot (P_{ik} / P_i))]$$

Die durchschnittliche branchenspezifische FuE-Intensität in den Vergleichsländern wurde unter Ausschluss von China ermittelt, da die chinesische Wirtschaft aufgrund ihrer besonderen Situation (Entwicklungsland in der Phase einer raschen Modernisierung) wenig geeignet ist, als Referenz für eine typische FuE-Intensität in einem Wirtschaftszweig von marktwirtschaftlich orientierten und technologisch hochentwickelten Industrieländern zu dienen.

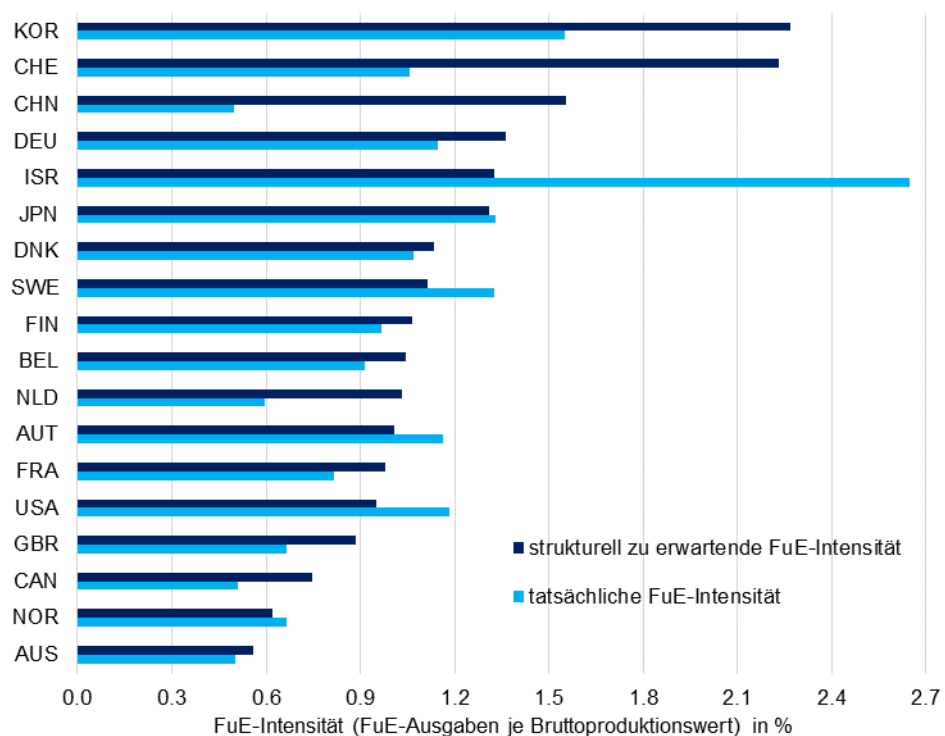
Die höchsten aufgrund der Wirtschaftsstruktur zu erwartenden FuE-Intensitäten (auf Basis des Bruttoproduktionswerts) weisen Südkorea und die Schweiz auf. In beiden Ländern liegt die tatsächliche FuE-Intensität deutlich unter dem strukturell zu erwartenden Wert, d.h. diese Länder hätten wirtschaftsstrukturell noch ein beachtliches Potenzial zur Erhöhung ihrer FuE-Intensität (Abbildung 88). Dasselbe Ergebnis in noch stärker ausgeprägter Form zeigt sich für China, was allerdings aufgrund der Situation, in der sich China von seiner Wirtschaftsentwicklung her befindet (Aufholprozess in Richtung entwickelte Industrieländer, der von einer niedrigen FuE-Intensität ausging), nicht weiter verwundert.

Für Deutschland liegt die strukturell zu erwartende FuE-Intensität mit 1,36 % ebenfalls über der tatsächlichen (1,15 %), d.h. die deutsche Wirtschaftsstruktur würde eine höhere FuE-Intensität nahelegen, sofern sich die Wirtschaftszweige in Deutschland jeweils an der durchschnittlichen FuE-Intensität ihres Wirtschaftszweigs orientieren. Unter den betrachteten Vergleichsländern weist Deutschland die vierthöchste strukturell zu erwartende FuE-Intensität auf, d.h. die Wirtschaftsstruktur ist stärker als in den meisten anderen Ländern auf Wirtschaftszweige mit hoher FuE-Intensität ausgerichtet. Dies liegt an den hohen Strukturgewichten von forschungsintensiven Industriebranchen bei vergleichsweise niedrigen Strukturgewichten von Dienstleistungsbranchen mit sehr geringer FuE-Intensität. Bei der Verwendung der Bruttowertschöpfung anstelle des Bruttoproduktionswerts für die Berechnung der FuE-Intensitäten weist Deutschland sogar die dritthöchste strukturell zu erwartende FuE-Intensität auf (2,89 %), die deutlich über der tatsächlichen (2,35 %) liegt (vgl. Abbildung 88 im Anhang).

Nur in wenigen Ländern liegt die strukturell zu erwartende FuE-Intensität merklich unter der tatsächlichen. Dazu zählen Israel, die USA, Schweden und Österreich. In diesen Ländern wird also eine höhere FuE-Intensität erzielt, als es die Branchenstruktur der Wirtschaft nahelegt. Geringfügig niedrigere strukturell zu

erwartende FuE-Intensitäten weisen Norwegen und Japan auf. Die sehr hohe Differenz für Israel resultiert zum einen aus hohen Strukturanteilen von Dienstleistungssektoren mit niedriger globaler FuE-Intensität (freiberufliche und technische Dienstleistungen, öffentliche, kulturelle und persönliche Dienstleistungen), während die sehr hohe tatsächliche FuE-Intensität wesentlich durch die IKT-Dienstleistungen bestimmt wird. In den USA ist die strukturell zu erwartende FuE-Intensität mit 0,95 % merklich niedriger als in Deutschland, was an den hohen Strukturgewichten von Dienstleistungsbranchen liegt.

Abbildung 55: Strukturell zu erwartende und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

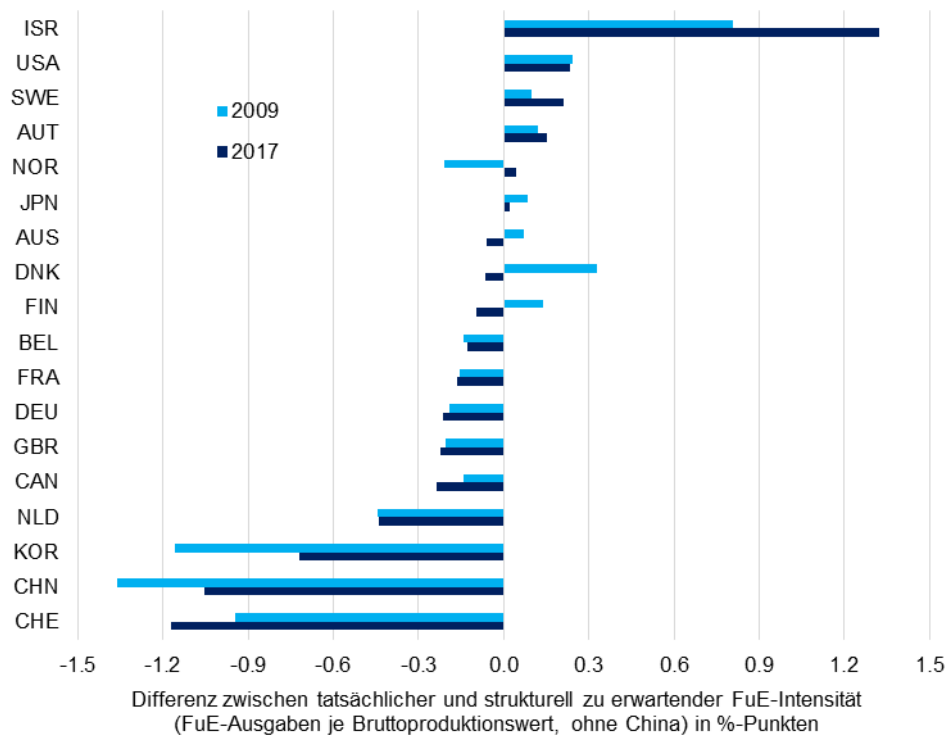
Strukturell zu erwartende FuE-Intensität über den gewichteten Durchschnitt der betrachteten Länder ohne China berechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Ein Vergleich der Differenz zwischen der tatsächlichen und der strukturell zu erwartenden FuE-Intensität für die Jahre 2009 und 2017 zeigt, dass die positive

Differenz im Jahr 2017 in einigen Ländern höher ausfällt als 2009 (Israel, Schweden, Österreich, Norwegen), d.h. die im Vergleich zur Branchenstruktur höhere FuE-Intensität dieser Länder hat weiter zugenommen (Abbildung 56). In Australien, Finnland und Dänemark kam es zu einem Wechsel des Vorzeichens der Differenz, d.h. die im Vergleich zur Branchenstruktur überdurchschnittliche FuE-Intensität im Jahr 2009 fiel bis 2017 unter den strukturell zu erwartenden Wert.

Abbildung 56: Differenz zwischen tatsächlicher und strukturell zu erwartender FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009-2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Strukturell zu erwartende FuE-Intensität über den gewichteten Durchschnitt der betrachteten Länder ohne China berechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

In Deutschland kam es zu einer geringfügigen Zunahme der negativen Differenz, d.h. der Abstand zur strukturell möglichen FuE-Intensität hat sich leicht

vergrößert. Diese Entwicklung ist stärker ausgeprägt, wenn nicht der Bruttoproduktionswert, sondern die Bruttowertschöpfung zur Berechnung der FuE-Intensität herangezogen wird (vgl. Abbildung 89 im Anhang).

5.4 "Strukturmögliche" Höhe der FuE-Ausgaben Deutschlands

Die strukturmögliche Höhe der FuE-Ausgaben der Wirtschaft Deutschlands gibt die Höhe der FuE-Ausgaben an, die sich ergäbe, wenn jeder Wirtschaftszweig in Deutschland zumindest jene FuE-Intensität aufweisen würde, die sich im Durchschnitt der betrachteten Länder für einen Wirtschaftszweig ergibt. Für Wirtschaftszweige, in der Deutschland eine überdurchschnittliche FuE-Intensität aufweist, bleibt die Höhe der strukturmöglichen FuE-Ausgaben unverändert, während sie für Wirtschaftszweige mit einer unterdurchschnittlichen FuE-Intensität auf den Durchschnittswert heraufgesetzt wird.

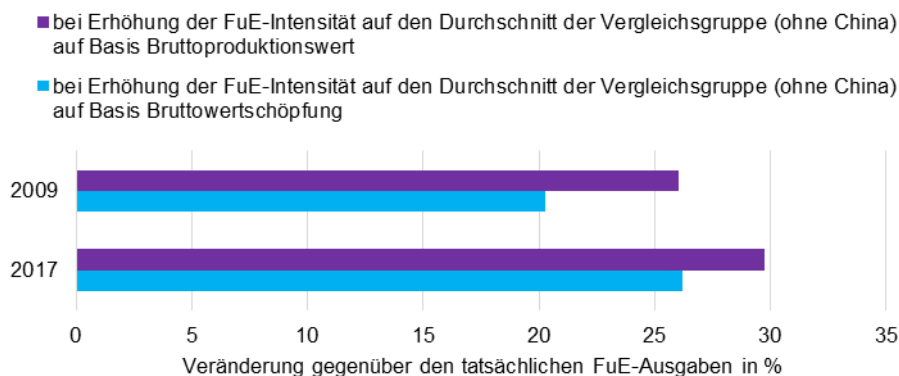
Die Relation zwischen der strukturmöglichen Höhe der FuE-Ausgaben und der tatsächlichen Höhe der FuE-Ausgaben der Wirtschaft Deutschlands zeigt an, inwieweit durch eine Anpassung von unterdurchschnittlichen FuE-Intensitäten an den internationalen Maßstab die FuE-Ausgaben erhöht werden können (wobei die FuE-Intensität von Wirtschaftszweigen mit einer überdurchschnittlichen FuE-Intensität im internationalen Vergleich unverändert bleibt, d.h. die Potenzialrechnung kann nur zu einem positiven Ergebnis führen. Dieser Rechnung liegt die Annahme zugrunde, dass es einem Land grundsätzlich möglich sein sollte, den Wert der derzeitigen durchschnittlichen FuE-Intensität eines Wirtschaftszweigs zu erreichen, da dieser Wert jene FuE-Intensität anzeigt, die unter den gegebenen Wettbewerbs- und Rahmenbedingungen in einer Branche wettbewerbsfähig ist.

Das Vorgehen zur Ermittlung der strukturmöglichen Höhe der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft entspricht dem Vorgehen im vorangegangenen Abschnitt zur Ermittlung der strukturell zu erwartenden FuE-Intensität. Die strukturmögliche Höhe der FuE-Ausgaben wird sowohl anhand der FuE-Intensitäten auf Basis des Bruttoproduktionswerts als auch auf Basis der Bruttowertschöpfung berechnet.

Das Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft ist beträchtlich. Auf Basis der über Bruttoproduktionswerte berechneten FuE-Intensitäten könnten die FuE-Ausgaben im Jahr 2017 um knapp 30 % höher liegen

(Abbildung 57). Im Vergleich zu 2009 (26 %) ist dieses Potenzial weiter angestiegen. Für FuE-Intensitäten auf Basis der Bruttowertschöpfung ist das Potenzial etwas niedriger, mit plus 26 % (2017) und plus 20 % (2009) gleichwohl erheblich.

Abbildung 57: Strukturmögliches Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017



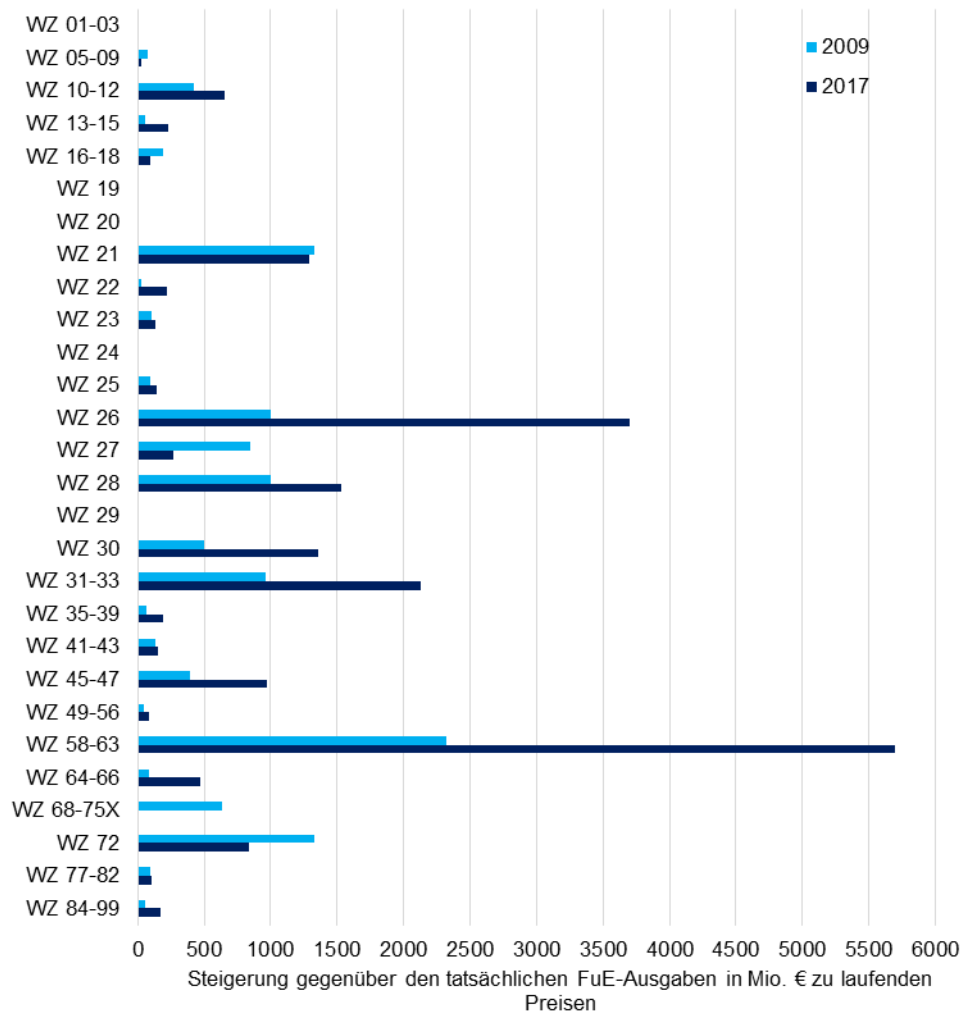
FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

In absoluten Zahlen bedeuten die Berechnungen, dass im Jahr 2017 die FuE-Ausgaben um 20,5 Mrd. € (anhand der FuE-Intensität auf Basis Bruttoproduktionswert) oder 18,0 Mrd. € (Basis Bruttowertschöpfung) höher gelegen wäre, wenn jeder Wirtschaftszweig in Deutschland zumindest die durchschnittliche FuE-Intensität der Vergleichsländergruppe aufgewiesen hätte. Für 2009 lauten diese Zahlen 11,8 Mrd. € bzw. 9,2 Mrd. €.

Dieses Potenzial verteilt sich sehr ungleich auf die einzelnen Wirtschaftszweige. Nur sechs der 28 betrachteten Wirtschaftszweige wiesen 2017 in Deutschland eine überdurchschnittliche FuE-Intensität im Vergleich zu den 16 Vergleichsländern (ohne China) auf (dies gilt sowohl auf Basis des Bruttoproduktionswerts - vgl. Abbildung 58 - als auch der Bruttowertschöpfung - vgl. Abbildung 90 im Anhang). Es sind dies die Land- und Forstwirtschaft (WZ 01-03), die Mineralölverarbeitung (WZ 19), die Chemieindustrie (WZ 20), die Metallerzeugung (WZ 24), der Automobilbau (WZ 29) und die freiberuflichen und technischen Dienstleistungen ohne FuE-Dienstleistungen (WZ 68-75X).

Abbildung 58: Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017 nach Wirtschaftszweigen bei Erhöhung der FuE-Intensität auf die durchschnittliche FuE-Intensität in der Vergleichsgruppe (Basis Bruttoproduktionswert)



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Vergleichsgruppe: Vergleichsländer ohne China.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Das größte Steigerungspotenzial der FuE-Ausgaben bei einer Erhöhung der FuE-Intensität auf den internationalen Durchschnitt zeigen die IKT-Dienstleistungen

(WZ 58-63: +5,7 Mrd. € in 2017 für die FuE-Intensität auf Basis Bruttoproduktionswert), die Elektronik-, Messtechnik- und Optikindustrie (WZ 26: 3,7 Mrd. €), die sonstige Konsumgüterindustrie (inkl. Medizintechnik) einschließlich Reparatur/Installation von Maschinen/Anlagen (WZ 31-33: 2,1 Mrd. €), der Maschinenbau (WZ 28: 1,5 Mrd. €), der Schiff-, Bahn-, Flugzeug- und Zweiradbau (WZ 30: 1,4 Mrd. €) sowie die Pharmaindustrie (WZ 21: 1,3 Mrd. €). Diese sechs Branchen repräsentieren 77 % des gesamten Steigerungspotenzials. Im Jahr 2009 war das Steigerungspotenzial in diesen sechs Branchen mit einem Anteil von 60 % (absolut: 7,1 Mrd. €) deutlich niedriger. 2009 wiesen die FuE-Dienstleistungen (WZ 72) sowie die elektrotechnische Industrie (WZ 27) noch ein größeres Steigerungspotenzial auf. Aufgrund einer Annäherung der FuE-Intensitäten in diesen Branchen an den Durchschnitt der Vergleichsländer reduzierte sich dieses Potenzial bis 2017 merklich.

Die Bewertung dieses Ergebnisses zum strukturbedingten Potenzial zur Steigerung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft ist allerdings nicht einfach. Denn eine niedrige FuE-Intensität eines Wirtschaftszweigs in Deutschland gegenüber den wichtigsten Wettbewerbsländern muss kein FuE-Defizit anzeigen. Angesichts der hohen internationaler Wettbewerbsfähigkeit der meisten Wirtschaftszweige in Deutschland kann sie auch hohe Effizienz von FuE-Prozessen der deutschen Wirtschaft widerspiegeln. Eine Erhöhung der FuE-Intensität würde dann nicht unbedingt zu höherer (innovationsbasierter) Wettbewerbsfähigkeit, sondern primär zu höheren Kosten führen. Wenn diesen kein höherem (Innovations-)Output gegenübersteht, würde eine Steigerung der FuE-Ausgaben in diesen Branchen zu einer Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit führen. Worauf das Ergebnis allerdings sehr wohl hinweist ist, dass sich die deutsche Wirtschaft in einigen Wirtschaftszweigen nicht auf die besonders FuE-intensiven Aktivitäten spezialisiert hat. Dies gilt insbesondere für die IKT-Dienstleistungen. Hier liegt Deutschland mit einer FuE-Intensität (Basis Bruttoproduktionswert) im Jahr 2017 von 1,17 % deutlich unter dem Durchschnittswert der Vergleichsländer (2,22 %), woraus sich ein entsprechend hohes Steigerungspotenzial ergibt.

6 FuE-Ausgaben und Produktivitätsentwicklung

Investitionen in FuE sowohl von privater wie von öffentlicher Seite sind ein wesentlicher Einflussfaktor für die Erhöhung der Produktivität von wirtschaftlichen Aktivitäten und damit des gesellschaftlichen Wohlstands (Audretsch et al. 2002). Der Zusammenhang zwischen FuE-Ausgaben und Produktivität ist allerdings komplex. Erstens resultieren FuE-Ausgaben i.d.R. nicht direkt in produktivitätssteigernden Ergebnissen, sondern bedürfen weiterer Entwicklungs- und Umsetzungsschritte, um positive Produktivitätseffekte zu entfalten. So ist es notwendig, das in FuE geschaffene neue Wissen z.B. in vermarktungsfähige Produkte zu überführen, in alltagstaugliche Verfahren in Produktion, Distribution oder Dienstleistungserbringung umzusetzen, in Geschäftsprozessen anzuwenden oder für neue Geschäftsmodelle zu nutzen. Dies kann oft erhebliche Zeiträume in Anspruch nehmen und erfordert meist zusätzliche, risikobehaftete Investitionen.

Zweitens muss zur Erzielung von Produktivitätseffekten oft unterschiedliches Wissen kombiniert werden, d.h. es müssen FuE-Ergebnisse, die an unterschiedlichen Stellen (Branchen, Ländern) entstanden sind, zusammengeführt werden. Dadurch treten mögliche Produktivitätseffekte von FuE nicht nur bei den Akteuren auf, die die FuE durchgeführt haben, sondern auch bei Dritten. Dieser Umstand wird erheblich dadurch verstärkt, dass es sich bei den FuE-Ergebnissen oft um eine Art öffentliches Gut handelt, d.h. Dritte können nur bedingt von der Nutzung des hervorgebrachten Wissens ausgeschlossen werden, und die Nutzung dieses Wissens durch Dritte schränkt nicht die Nutzung desselben Wissens durch den Wissensproduzenten selbst ein. Die Nutzung von FuE-Ergebnissen durch Dritte erfolgt z.B. über Lerneffekte oder die Übernahme und Nutzung des von anderen produzierten Wissens ("Wissens-Spillovers"). Solche Wissens-Spillovers können sowohl zwischen Unternehmen derselben Branche als auch branchenübergreifend auftreten. Gleichzeitig machen Wissens-Spillovers nicht an Staatsgrenzen halt, d.h. ein Land kann von dem in einem anderen Land über FuE-Aktivitäten hervorgebrachtem neuen Wissen profitieren und dieses für Produktivitätssteigerungen nutzen.

Drittens ist die Richtung des Zusammenhangs zwischen FuE-Ausgaben und Produktivität nicht eindeutig. In einer statischen Betrachtung ermöglicht ein hohes Produktivitätsniveau die Finanzierung eines hohen Niveaus von FuE-Ausgaben,

da dadurch zusätzliche Mittel jenseits der zur Finanzierung von Basisaktivitäten notwendigen Mittel verfügbar sind. Dies gilt sowohl auf einer einzelwirtschaftlichen Ebene - Unternehmen können sich eher dann eine FuE-Abteilung leisten, wenn sie ein hohes Produktivitätsniveau aufweisen und damit entsprechende Überschüsse erzielen - als auch auf gesamtwirtschaftlicher Ebene - reiche Länder können eher Ressourcen für Wissenschaft und Forschung freimachen als arme Länder, die in die Basisversorgung der Bevölkerung und die Schaffung der grundlegend notwendigen Infrastruktur investieren müssen. Aus diesem Grund besteht ein sehr stabiler Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-Einkommen eines Landes (das wesentlich durch das Produktivitätsniveau bestimmt wird) und dem Anteil des BIP, der in FuE investiert wird.

In einer dynamischen Betrachtung geht kurzfristig die Einflussrichtung tendenziell von der Produktivität auf die FuE-Ausgaben als umgekehrt. Denn durch die Erhöhung der Produktivität stehen zusätzliche Ressourcen zur Verfügung, die zur Finanzierung von Aktivitäten genutzt werden können, die erst künftig Erträge abwerfen. Und FuE-Ausgaben stellen eine solche Zukunftsinvestition dar. Gleichzeitig erhöhen steigende FuE-Ausgaben kurzfristig zunächst nur die Inputseite, der noch keine höheren Outputs gegenüberstehen, woraus sich ein negativer Effekt auf das Produktivitätsniveau ergibt. Dies ist insbesondere auf einzelwirtschaftlicher Ebene relevant, z.B. in Unternehmen, die sich noch in der Entwicklungsphase befinden und bei denen eine hohe FuE-Intensität mit einer niedrigen Produktivität einhergeht, weil die FuE-Ergebnisse noch nicht zur Einführung von wettbewerbsfähigen Produkten oder zur Hochskalierung und Effizienzsteigerung der Produktion geführt haben. Längerfristig betrachtet führen FuE-Ausgaben jedoch zu einer höheren Produktivität, insbesondere wenn die oben angeführten Spillover-Effekte berücksichtigt werden (vgl. Peters et al. 2009). Und in ganz langer Sicht stellen neues Wissen und neue Technologien - einschließlich ihrer Diffusion, z.B. durch Lernen - de facto die einzige Quelle von Produktivitätswachstum dar (Romer 1986, Atkinson und Stiglitz 1969).

Die empirische Untersuchung dieser komplexen Zusammenhänge zwischen FuE und Produktivität ist im Rahmen dieser Studie nicht leistbar. Dieser Arbeitsschritt konzentriert sich auf drei konkrete, deskriptiv ausgerichtete Analysen:

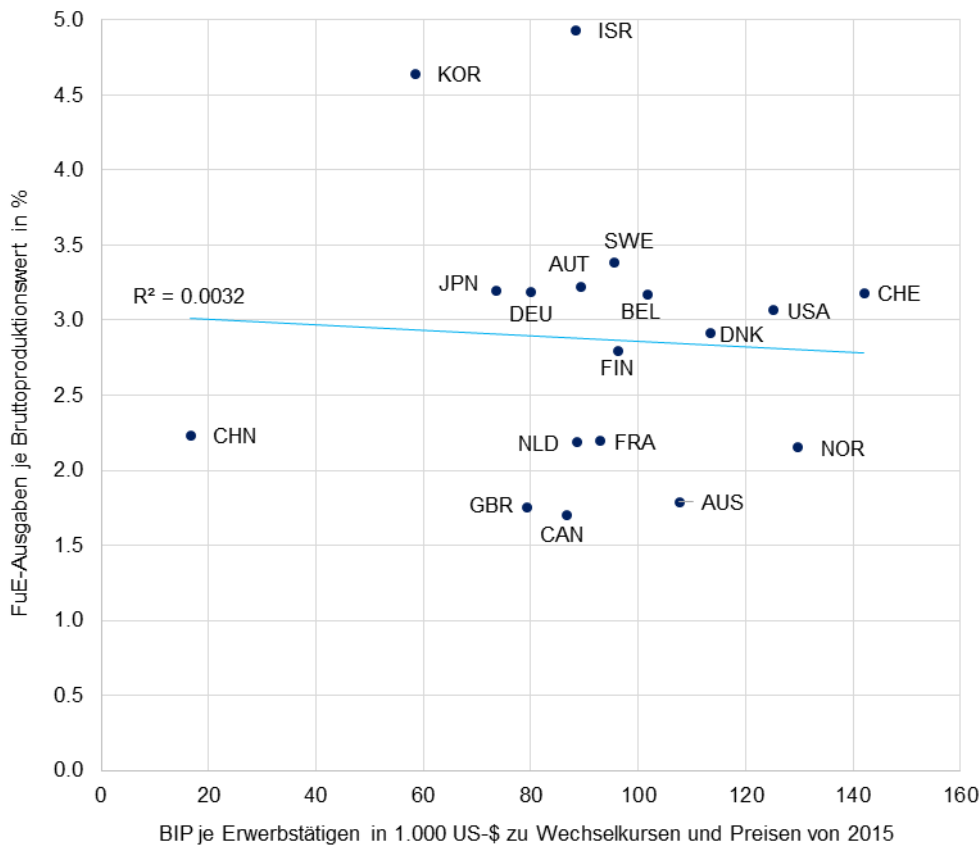
- Im **Ländervergleich** wird der Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsmaßen (BIP pro Kopf, BIP pro Beschäftigten) im Zeitablauf analysiert.
- Im **Branchenvergleich** wird der Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität für einzelne Wirtschaftszweige (Wertschöpfung je Beschäftigten) untersucht. Mit Hilfe einfacher regressionsanalytischer Verfahren wird der Beitrag der FuE-Ausgaben zur Produktivität im Rahmen einer Produktionsfunktion geschätzt.
- Für Deutschland wird auf **einzelwirtschaftlicher Ebene** (d.h. auf Ebene von Unternehmen) der Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität mit Hilfe der Daten des Mannheimer Innovationspanels untersucht. Hierfür wird auf panelökonometrische Methoden der Produktivitätsschätzung (vgl. Akerberg et al. 2015, Levinsohn und Petrin 2003, Olly und Pakes 1996) und auf bereits vorliegende Ergebnisse (vgl. Roth et al. 2021, Trunschke et al. 2020) zurückgegriffen. Die Produktionsfunktion zur Schätzung der Einflussfaktoren des Outputs eines Unternehmens umfasst dabei Messgrößen für den Arbeits- und Kapitalinput (inkl. immaterieller Kapitalgüter) sowie FuE als zentraler Wissensinput. Die Schätzungen werden differenziert nach Branchengruppen (zusammengefasste Wirtschaftszweige) vorgenommen, um Unterschiede im Produktivitätsbeitrag von FuE nach Branchen herauszuarbeiten. Außerdem werden die Produktionsfunktionen getrennt für Teilzeiträume geschätzt, um so mögliche Veränderungen im Produktivitätsbeitrag von FuE zu identifizieren.

6.1 Ländervergleich

Für die in dieser Studie untersuchten 18 Länder besteht bei einer statischen Betrachtung kein statistischer Zusammenhang zwischen der Höhe der FuE-Intensität und der Höhe der Produktivität (BIP je Erwerbstätigen). Dies gilt sowohl für die Berechnung der Produktivität auf Basis von Wechselkursen (Abbildung 59) als auch auf Basis von Kaufkraftparitäten (Abbildung 91 im Anhang). Dies liegt zum einen daran, dass es in der betrachteten Ländergruppe zahlreiche Länder

mit einem fast identischen Niveau der FuE-Intensität gibt (z.B. Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Japan, Österreich, Schweden und die USA), die Produktivität aber deutlich unterschiedlich ist. Zum anderen setzen sich die Länder mit besonders hoher FuE-Intensität (Israel, Südkorea) und mit relativ niedriger FuE-Intensität (Großbritannien, Kanada, Australien) in Bezug auf die Produktivität nicht wesentlich von den anderen Ländern ab. Schließlich weist ein Land in der Gruppe - China - eine erheblich niedrigere Produktivität bei gleichem Niveau der FuE-Intensität wie Frankreich, die Niederlande und Norwegen auf, die jedoch erheblich höhere Produktivitätswerte zeigen.

**Abbildung 59: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(auf Basis Wechselkurse) 2019 in den 18 betrachteten Ländern**

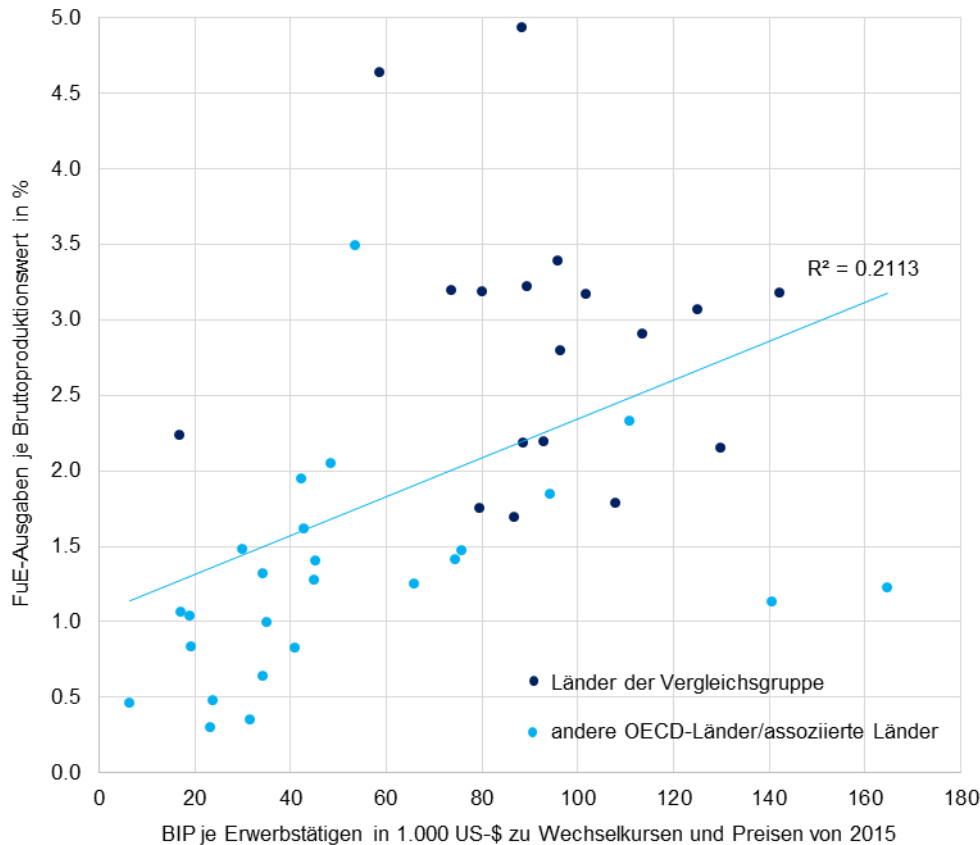


BIP über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Das Ergebnis ändert sich jedoch, sobald weitere OECD-Länder außerhalb der Vergleichsgruppe sowie einige mit der OECD assoziierte Länder, die in den OECD-Datenquellen enthalten sind (Argentinien, Rumänien, Russland, Singapur, Südafrika, Taiwan), hinzugenommen werden. Auf Basis der über Wechselkurse umgerechneten Produktivität zeigt sich ein deutlicher und statistisch signifikanter positiver Zusammenhang (Abbildung 60). Dieser ist allerdings weniger stark ausgeprägt, wenn die Produktivität auf Basis von Kaufkraftparitäten umgerechnet wird (Abbildung 92 im Anhang). Dies liegt daran, dass durch die Ausweitung der betrachteten Ländergruppe zahlreiche Länder mit niedriger FuE-Intensität und niedriger Produktivität, aber nur vereinzelt Länder mit hoher Produktivität und eher niedriger FuE-Intensität (Irland, Luxemburg) bzw. mit hoher FuE-Intensität und eher niedriger Produktivität (Taiwan) hinzukommen. Der Zusammenhang wäre noch deutlicher, wenn man alle Länder, für die Angaben zu FuE-Intensität und Produktivität vorliegen, einbeziehen würden, da dann der Zusammenhang stark bestimmt wird von einer großen Zahl an Ländern mit sehr niedriger FuE-Intensität und sehr niedriger Produktivität.

**Abbildung 60: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(auf Basis Wechselkurse) 2019 in allen OECD-Ländern und
ausgewählten assoziierten Ländern**



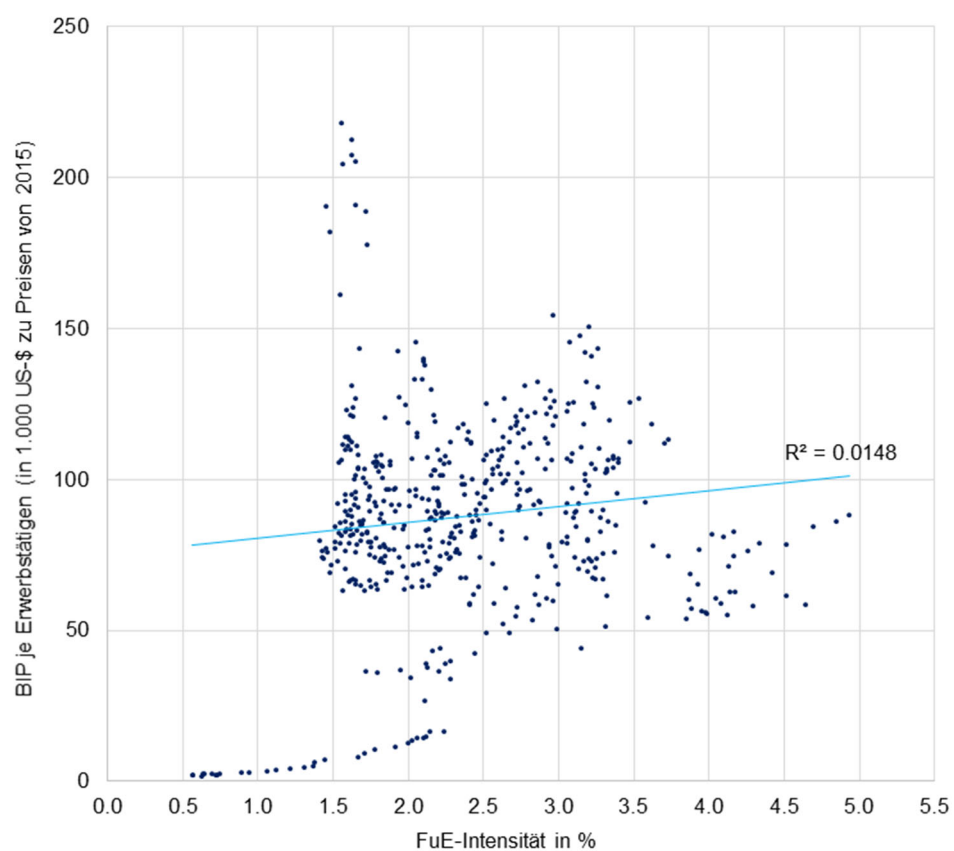
BIP über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Dieses Ergebnis spiegelt in erster Linie den eingangs angesprochenen Umstand wider, dass ein bestimmtes Entwicklungsniveau notwendig ist, damit in einem Land Ressourcen für FuE freigemacht werden können. Bei einer dynamischen Betrachtung, d.h. bei Berücksichtigung der Entwicklung von FuE-Intensität und Produktivität über die Zeit, zeigt sich für den Zeitraum 1991-2019 jedoch auch für die 18 in dieser Studie betrachteten Länder ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang (Abbildung 61). Dieses Ergebnis zeigt an, dass sich FuE-Intensität und Produktivität über die Zeit tendenziell ähnlich entwickeln, sodass die Korrelation bei einer dynamischen Betrachtung positiv ist. Der positive Zusammenhang ist stärker für die über Kaufkraftparitäten ermittelte Produktivität

(Korrelationskoeffizient von +0,27) als bei der über Wechselkurse berechneten Produktivität (0,12) (vgl. auch Abbildung 93 im Anhang). Bezieht man alle OECD-Länder sowie ausgewählte assoziierte Länder mit ein, so erhöht sich der Zusammenhang erheblich (Korrelationskoeffizient von 0,50 auf Basis Kaufkraftparitäten und 0,48 auf Basis Wechselkurse) (vgl. auch Abbildung 94 im Anhang).

Abbildung 61: Zusammenhang zwischen der Entwicklung der FuE-Intensität und der Entwicklung der Produktivität (Basis Wechselkurse) 1991-2019 in den 18 betrachteten Ländern



BIP über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Um den Zusammenhang über reine Korrelationen hinaus zu untersuchen, werden Regressionsanalysen durchgeführt, die den Einfluss der FuE-Intensität (FuE-Ausgaben je BIP) auf das Produktivitätsniveau im Folgejahr für die 18 betrachteten Länder sowie für das erweiterte Länderset analysieren, wenn gleichzeitig

für allgemeine länderspezifische und jahresspezifische Einflussfaktoren ("fixed-effect" Schätzungen) sowie für die Zusammensetzung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben (Anteil Wirtschaft, Hochschulen und Forschungseinrichtungen/Gemeinnützige) kontrolliert wird. Um eine mögliche zeitliche Verzögerung zwischen FuE-Ausgaben und Produktivität abzubilden, wurde ein Zeitverzug von einem Jahr zwischen den beiden Variablen berücksichtigt, d.h. die Produktivität im Jahr t wurde auf die FuE-Intensität im Jahr $t-1$ regressiert. Als gesamtwirtschaftliche Produktivitätsmaße wurden das BIP je Erwerbstätigen und das Pro-Kopf-Einkommen (BIP je Einwohner) herangezogen, wobei die Umrechnung auf einheitliche Währung zum einen über Wechselkurse und zum anderen über Kaufkraftparitäten erfolgte.

Für die meisten Schätzvarianten zeigt sich ein positiver, statistisch signifikanter Einfluss der FuE-Intensität auf die Produktivität (Tabelle 3). Dies gilt insbesondere für die Modelle auf Basis der 18 Vergleichsländer. Die stärksten Effekte zeigen sich, wenn die Produktivitätsmaße anhand von Kaufkraftparitäten (KKP) umgerechnet werden. Eine Erhöhung der FuE-Intensität um einen Prozentpunkt führt zu einem um 3.200 US-KKP (zu Preisen von 2015) höheren BIP je Erwerbstätigen und zu einem um 2.400 US-\$ höheren Pro-Kopf-Einkommen. Legt man diese Effekte auf die Situation von Deutschland um, so hätte die Erhöhung der FuE-Intensität von 2006 bis 2019 (+ 0,7 %-Punkte) zu einem zusätzlichen BIP pro Kopf von 1.660 US-\$ geführt. Dies entspricht einer Steigerung des BIP Deutschlands in diesem Zeitraum von knapp 100 Mrd. US-KKP (auf Basis des Effekts auf das BIP je Erwerbstätigen) bzw. knapp 140 Mrd. US-KKP (auf Basis des Effekts auf das BIP pro Kopf). Damit könnte in etwa ein Zehntel des Anstiegs des BIP Deutschlands zwischen 2006 und 2019 auf die Erhöhung der FuE-Intensität zurückgeführt werden.

Weniger eindeutig sind die Ergebnisse, wenn alle OECD-Länder und assoziierten Länder betrachtet werden. Hier findet sich sogar ein schwach signifikanter negativer Effekt für das BIP je Erwerbstätigen bei Umrechnung über Kaufkraftparitäten. Wenn nur die OECD-Länder und assoziierten Länder ohne die 18 Vergleichsländer untersucht werden, so ist die statistische Signifikanz des positiven Einflusses von FuE auf die Produktivität am geringsten und beschränkt sich auf die Maße, die auf Basis von Wechselkursen berechnet wurden.

Tabelle 3: Einfluss der FuE-Intensität auf Produktivitätsmaße auf gesamtwirtschaftlicher Ebene (1991-2020) nach betrachteten Ländersets: Ergebnisse von OLS-Regressionen (Koeffizienten, t-Werte in Klammern)

	BIP je Erwerb- stätigen (Wech- selkurse)	BIP je Erwerb- stätigen (Kauf- kraftparitäten)	Pro-Kopf-Ein- kommen (Wech- selkurse)	Pro-Kopf-Ein- kommen (Kauf- kraftparitäten)
18 Vergleichsländer				
FuE-Intensität	2,92 (1,77)*	3,20 (4,45)***	2,26 (2,41)**	2,39 (5,90)***
Anteil Wirtschaft ^{b)}	-0,53 (-4,42)***	-0,35 (-7,08)***	-0,30 (-4,55)***	-0,19 (-7,07)***
Anteil Hochschulen ^{b)}	0,03 (0,19)	0,39 (4,23)***	0,01 (0,12)	0,17 (4,07)***
R ²	0,92	0,97	0,91	0,96
Beobachtungen	502	509	503	510
alle OECD-Länder^{a)}				
FuE-Intensität	5,78 (3,31)***	-1,56 (-1,79)*	3,44 (3,69)***	0,48 (1,07)
Anteil Wirtschaft ^{b)}	-0,23 (-3,17)***	-0,05 (-1,18)	-0,16 (-4,04)***	-0,06 (-2,78)***
Anteil Hochschulen ^{b)}	0,02 (0,21)	0,11 (1,93)*	-0,02 (-0,47)	0,08 (3,01)***
R ²	0,91	0,94	0,92	0,96
Beobachtungen	1.120	1.153	1.144	1.184
OECD-Länder^{a)} ohne Vergleichsländer				
FuE-Intensität	9,13 (2,46)**	-1,40 (-0,84)	4,82 (2,41)**	0,65 (0,67)
Anteil Wirtschaft ^{b)}	-0,09 (-0,96)	-0,02 (-0,55)	-0,10 (-2,02)**	-0,05 (-1,89)*
Anteil Hochschulen ^{b)}	0,17 (1,49)	0,09 (1,33)	0,02 (0,44)	0,08 (2,52)**
R ²	0,89	0,93	0,92	0,95
Beobachtungen	618	644	641	674

a) inkl. ausgewählte assoziierte Länder - b) Referenz: Anteil Forschungseinrichtungen/Gemeinnützige
Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen für Länder und Jahre. FuE-Intensität und Anteile
Wirtschaft/Hochschulen in % gemessen und zeitverzögert (Werte des Vorjahres).

***, **, *: statistisch signifikant bei <1 %, <5 % bzw. <10% Fehlerwahrscheinlichkeit

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Interessant ist weiterhin das Ergebnis, dass vom Anteil der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben, die im Bereich der gewerblichen Wirtschaft durchgeführt werden, ein negativer Einfluss auf die Produktivität ausgeht. Dies bedeutet, dass Länder, in denen auf die Wissenschaft (Hochschulen, Forschungseinrichtungen) ein höherer Anteil der FuE-Ausgaben entfällt, eine höhere Produktivität aufweisen. Dies kann zum einen an Spillover-Effekten der wissenschaftlichen Forschung liegen. Zum anderen muss der Einfluss aber auch nicht ursächlich sein, sondern könnte anzeigen, dass Länder mit hohem Produktivitätsniveau sich eher eine umfangreiche Finanzierung wissenschaftlicher Forschung leisten

können. Darauf deutet das Ergebnis unter Einschluss weiterer OECD-Länder und assoziierter Länder sowie das Ergebnis bei Ausschluss der 18 Vergleichsländer hin. In beiden Fällen fällt der negative Effekt des FuE-Anteils der Wirtschaft deutlich geringer aus und ist teilweise auch nicht statistisch signifikant. Eine Kausalanalyse dieses Zusammenhangs ist im Rahmen dieser Studie und mit den verfügbaren Daten nicht möglich.

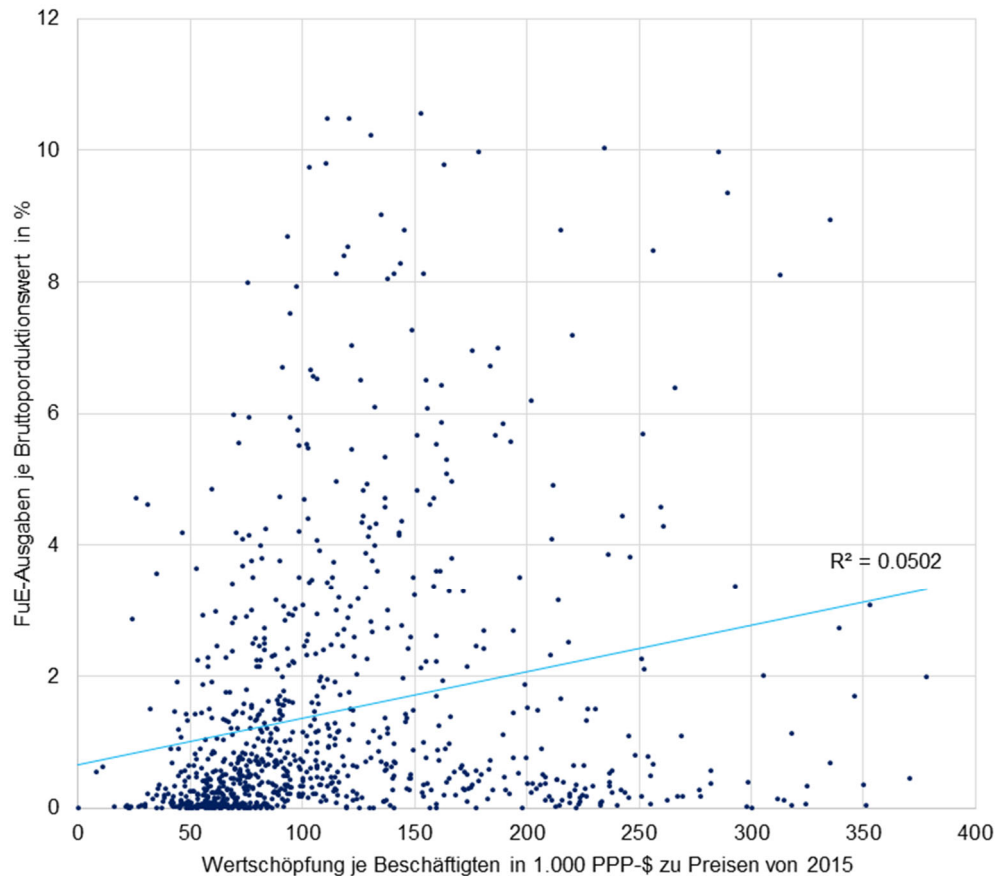
6.2 Branchenvergleich

Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen FuE-Intensität und Produktivität wird auf dieselbe Datenbasis wie in Abschnitt 4 zurückgegriffen, d.h. es werden die FuE-Ausgaben der Wirtschaft für die 18 Vergleichsländer differenziert nach 28 Branchengruppen betrachtet. Zunächst erfolgt eine deskriptive Analyse des Zusammenhangs auf Basis der beiden Beobachtungsjahre 2009 und 2017. Anschließend wird, analog zum vorangegangenen Abschnitt, eine Regressionsanalyse durchgeführt, für die alle verfügbaren Angaben zur FuE-Intensität (FuE-Ausgaben je Bruttoproduktionswert) und Produktivität (Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen) im Zeitraum 1991 bis 2019 genutzt werden.

Eine deskriptive Analyse zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen der FuE-Intensität und der Produktivität für die beiden Beobachtungsjahre 2009 und 2017 (Abbildung 62). Der Korrelationskoeffizient liegt bei 0,22. Dieser positive Zusammenhang tritt allerdings nur auf, wenn man Wirtschaftszweige mit einer sehr hohen FuE-Intensität (>10,6 %) und einer sehr hohen Produktivität (>383 Tsd. PPP- $\text{\$}$ Wertschöpfung je Erwerbstätigen) ausschließt. Bei Einschluss aller Beobachtungswerte liegt der Korrelationskoeffizient bei lediglich 0,03.⁷ Der positive Zusammenhang ist für das Jahr 2017 höher (Korrelationskoeffizient 0,26) als für das Jahr 2009 (0,18).

⁷ Der Grund für den geringen Zusammenhang bei Betrachtung aller Werte liegt zum einen an wenigen sehr FuE-intensiven Branchen mit sehr niedriger Produktivität, insbesondere WZ 72 (FuE-Dienstleistungen) sowie an wenigen Branchen mit sehr hoher Produktivität und sehr niedriger FuE-Intensität, insbesondere WZ 05-09 (Bergbau) und WZ 19 (Mineralölverarbeitung).

Abbildung 62: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität auf Ebene von Wirtschaftszweigen 2009 und 2017 in den 18 betrachteten Ländern



Ein Punkt repräsentiert einen Wirtschaftszweig eines Landes zu einem Zeitpunkt.
Bruttowertschöpfung über Kaufkraftparitäten in US-\$ umgerechnet.
Ohne sehr hohe Werte bei FuE-Intensität und Produktivität (Ausschluss von 11 % der Beobachtungen)
Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Für die Regressionsanalysen werden ebenfalls Beobachtungen mit extrem hohen und extrem niedrigen Produktivitätswerten (oberstes und unterstes Perzentil) ausgeschlossen, ebenso Beobachtungen mit einer FuE-Intensität im obersten Perzentil. Die Produktivität wird zum einen als absoluter Wert (Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen in Tsd. PPP-\$) als auch als logarithmierter Wert gemessen. In der logarithmierten Variante spielen Wirtschaftszweige mit einer sehr hohen Produktivität für das Ergebnis eine geringere Rolle als in der

Variante mit absoluten Größen. Die Regressionsanalysen enthalten Indikatorvariablen für Länder, Wirtschaftszweige und Jahre ("fixed-effect" Schätzungen).

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen (Tabelle 4) zeigen einen statistisch signifikanten positiven Einfluss der FuE-Intensität eines Wirtschaftszweigs auf die Produktivität des Wirtschaftszweigs (bei Berücksichtigung einer Verzögerung von einem Jahr) für die logarithmierte Variante, nicht aber für die Schätzung auf die absolute Höhe der Produktivität. Dies weist darauf hin, dass für Branchen mit sehr hoher Produktivität kein positiver Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität besteht.

Tabelle 4: Einfluss der FuE-Intensität auf Produktivitätsmaße auf Branchenebene (1991-2019) in den 18 betrachteten Ländern: Ergebnisse von OLS-Regressionen (Koeffizienten, t-Werte in Klammern)

	BWS je Erwerb- stätigen (Wechselkurse)	BWS je Erwerb- stätigen (Kauf- kraftparitäten)	BWS je Erwerb- stätigen (Wechselkurse), logarithmiert	BWS je Erwerb- stätigen (Kauf- kraftparitäten), logarithmiert
	(1)	(2)	(3)	(4)
FuE-Intensität	0,43 (0,89)	0,56 (1,23)	0,80 (3,28)***	0,83 (3,31)***
R ²	0,72	0,75	0,82	0,82
Beobachtungen	7.637	7.660	7.637	7.660

BWS: Bruttowertschöpfung; FuE-Intensität in Modellen (1) und (2) in %, in Modellen (3) und (4) als Anteilswert (Wertebereich zwischen 0 und 1) gemessen.

a) inkl. ausgewählte assoziierte Länder - b) Referenz: Anteil Forschungseinrichtungen/Gemeinnützige
Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen für Wirtschaftszweige, Länder und Jahre.

***, **, *: statistisch signifikant bei <1 %, <5 % bzw. <10% Fehlerwahrscheinlichkeit

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Eine Erhöhung der FuE-Intensität um einen Prozentpunkt führt zu einer Erhöhung der Produktivität um ca. 0,8 %. Legt man die Zunahme der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft zwischen 2006 und 2019 (von 1,73 auf 2,18 %) zugrunde, dann würde der geschätzte Effekt 15 % des Anstiegs der Bruttowertschöpfung (gemessen zu Wechselkursen) im deutschen Unternehmenssektor zwischen 2006 und 2019 entsprechen. Für die Bruttowertschöpfung gemessen zu Kaufkraftparitäten wäre der Beitrag mit rund 5 % deutlich niedriger, da die die Bruttowertschöpfung zu KKP aufgrund einer Erhöhung der Kaufkraftparität Deutschlands gegenüber dem US-\$ sehr stark angestiegen ist.

6.3 Analyse auf Unternehmensebene

Der Zusammenhang zwischen FuE-Ausgaben und Produktivität wird auf Unternehmensebene mit Hilfe der Daten des Mannheimer Innovationspanels (MIP) untersucht (vgl. Peters und Rammer 2013, Behrens et al. 2017). Methodisch wird auf panelökonometrische Methoden der Produktivitätsschätzung zurückgegriffen. Zum Einsatz kommt die von Akerberg et al. (2015) entwickelte Schätzmethode, die eine Weiterentwicklung der Ansätze von Levinsohn und Petrin (2003) sowie Olley und Pakes (1996) darstellt. Es wird eine Produktionsfunktion geschätzt, in der der Output eines Unternehmens (Umsatz) über Messgrößen des Vorleistungs-, Arbeits- und Sachanlagekapitaleinsatzes erklärt wird. Zusätzlich zu diesen traditionellen Produktionsfaktoren wird FuE als Investition in neues Wissen berücksichtigt. Darüber hinaus werden auch andere Investitionen in immaterielle Kapitalgüter einbezogen, die als wichtige Bestimmungsgrößen der Produktivität angesehen werden (vgl. Corrado et al. 2007). Dazu zählen Investitionen in Weiterbildung, Software und Datenbanken, anderes nicht-technisches Wissen (z.B. Design) sowie Markenwerte und Unternehmensreputation.

Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse von Produktivitätsschätzungen bauen auf Vorarbeiten des ZEW auf (Crass und Peters 2014, Rammer und Peters 2016, Trunschke et al. 2020, Roth et al. 2021), in denen die Datenbasis, methodische Details sowie die konkrete Messung der Variablen beschrieben sind. Die Schätzungen werden in drei Modellvarianten vorgenommen. Ein Basismodell (Variante 1) enthält lediglich die traditionellen Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Vorleistungen sowie die FuE-Ausgaben. Ein erweitertes Modell enthält zusätzlich auch die Ausgaben für verschiedene weitere immaterielle Investitionen. Dieses erweiterte Modell wird wiederum in zwei Varianten geschätzt, nämlich einmal einschließlich der Ausgaben für sonstiges nicht-technisches Wissen, Weiterbildung und Marketing (Variante 2) sowie einmal zusätzlich mit den Ausgaben für Software und Datenbanken (Variante 3). Diese Trennung wird vorgenommen, da Angaben zu den Ausgaben für Software und Datenbanken für einen kürzeren Zeitraum (2011-2018) vorliegen, die Angaben für die drei anderen Investitionen in immaterielles Kapital für einen längeren Zeitraum (2006-2018). Die Modelle werden differenziert nach vier Branchengruppen (forschungsintensive Industrie, sonstige Industrie, wissensintensive Dienstleistungen, sonstige

Dienstleistungen)⁸ sowie getrennt für zwei Teilzeiträume (2006-2012, 2013-2018, ausgenommen Variante 3) geschätzt. Die geschätzten Koeffizienten für FuE und die weiteren immateriellen Investitionen stellen Elastizitäten dar, d.h. das Ausmaß, zu dem sich die Produktivität bei einer Änderung der Investitionen verändert. Die Höhe der Elastizitäten kann zwischen den einzelnen Investitionsarten direkt verglichen werden.

Die Ergebnisse für das Basismodell zeigen, dass die FuE-Ausgaben einen signifikanten positiven Einfluss auf die Produktivität haben, d.h. je höher die FuE-Ausgaben der Unternehmen sind, desto höher ist der Output gegeben den Input an Arbeit, Kapital und Vorleistungen. Eine Erhöhung der FuE-Ausgaben um 10 %⁹ führt im Durchschnitt aller Unternehmen zu einer Erhöhung der Produktivität um 0,21 %. Die Höhe des positiven Beitrags von FuE unterscheidet sich nicht zwischen den beiden Teilzeiträumen (Tabelle 5, Teil a.). Der Beitrag ist in den wissensintensiven Dienstleistungen mit +0,37 % am höchsten, gefolgt von der forschungsintensive Industrie (0,31 %) und der sonstige Industrie (0,24 %). Für die sonstigen Dienstleistungen zeigt sich ein deutlich geringer Einfluss (0,05 %).

Die Ergebnisse zum Produktivitätsbeitrag von FuE ändern sich allerdings, wenn weitere Investitionen in immaterielle Kapitalgüter berücksichtigt werden (Tabelle 5, Teil b.). Bezieht man auch die Ausgaben für sonstiges nicht-technisches Wissen, für Weiterbildung und für Marketing mit ein, halbiert sich der FuE-Effekt auf 0,11 %, bleibt aber weiterhin hochsignifikant positiv.

⁸ Forschungsintensive Industrie: WZ 20-21, 26-30, sonstige Industrie: WZ 1-33 ohne forschungsintensive Industrie, wissensintensive Dienstleistungen: WZ 58-66, 69-71, 73-75, sonstige Dienstleistungen: WZ 35-99 ohne wissensintensive Dienstleistungen. Die FuE-Dienstleistungen (WZ 72) werden in den Schätzungen nicht berücksichtigt.

⁹ Die in Tabelle 5 ausgewiesenen Koeffizienten stellen Elastizitäten dar, d.h. um wie viel sich die abhängige Variable (Output) ändert, wenn sich die unabhängige Variable um eine Einheit verändert. Ein Koeffizient von 0,021 bedeutet, dass eine Erhöhung der FuE-Ausgaben um 1 % zu einer Outputerhöhung von 0,021 % führt. Aus Darstellungszwecken wird im Folgenden immer eine Erhöhung der FuE-Ausgaben um 10 % zugrunde gelegt. Da die Outputerhöhung die Beiträge der anderen Inputfaktoren (Arbeit, Kapital, Vorleistungen) berücksichtigt, kann sie als Produktivitätsveränderung (Outputveränderung bei gegebenen Inputs) interpretiert werden.

Tabelle 5: Einfluss von FuE auf Produktivität auf Unternehmensebene (Deutschland, 2006-2018): Ergebnisse von Akerberg-Caves-Frazer-Produktivitätsschätzungen

	2006-2018, alle	2006-2012, alle	2013-2018, alle	2006-2018, fwInd	2006-2018, solInd	2006-2018, wiDL	2006-2018, soDL
a. Basismodell mit FuE							
FuE-Ausgaben	0,021 ***	0,025 ***	0,024 ***	0,031 ***	0,024 ***	0,037 ***	0,005 ***
Beschäftigte	0,557 ***	0,563 ***	0,556 ***	0,450 ***	0,467 ***	0,725 ***	0,670 ***
Kapitalstock	0,045 ***	0,043 ***	0,056 ***	0,027 ***	0,031 ***	0,019 *	0,027 ***
Vorleistungen	0,450 ***	0,453 ***	0,455 ***	0,525 ***	0,483 ***	0,292 ***	0,342 ***
Beobachtungen	38.885	21.180	17.705	5.507	3.682	2.398	7.796
b. Erweitertes Modell mit weiteren immateriellen Investitionen							
FuE-Ausgaben	0,011 ***	0,009 ***	0,015 ***	0,023 ***	0,034 ***	0,016 ***	0,009 ***
Sonst. Inn.aufw.	0,002 ***	0,001	0,002	0,001	0,007 **	0,008	0,000
Weiterbild.aufw.	0,046 ***	0,038 ***	0,054 ***	0,028 ***	0,033 ***	0,020 **	0,038 ***
Marketingaufw.	0,023 ***	0,021 ***	0,025 ***	0,016 ***	0,021 ***	0,017 ***	0,030 ***
Beschäftigte	0,524 ***	0,521 ***	0,522 ***	0,428 ***	0,456 ***	0,680 ***	0,650 ***
Kapitalstock	0,035 ***	0,032 ***	0,045 ***	0,031 ***	0,052 ***	0,014 ***	0,031 ***
Vorleistungen	0,431 ***	0,426 ***	0,427 ***	0,522 ***	0,475 ***	0,276 ***	0,342 ***
Beobachtungen	30.779	16.174	14.605	4.124	2.846	1.940	6.291

fwInd: forschungsintensive Industrie; solInd: sonstige Industrie; wiDL: wissensintensive Dienstleistungen; soDL: sonstige Dienstleistungen.

Sonst. Inn.aufw.: sonstige laufende Aufwendungen für Innovationen (d.h. Innovationsausgaben ohne FuE-Ausgaben und ohne Anlageinvestitionen), diese umfassen insbesondere Aufwendungen für Design, Konzeption, Konstruktion.

***, **, *: Koeffizienten mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von <1 %, <5 % bzw. <10 % statistisch signifikant.

Quelle: ZEW - MIP. Berechnungen des ZEW.

Getrennt nach Teilzeiträumen zeigt sich ein höherer Produktivitätsbeitrag von FuE in der aktuellen Periode (2013-2018) von 0,15 %. Dies kann zum einen auf eine steigende Bedeutung von FuE für die Produktivitätsentwicklung hindeuten. Allerdings unterscheiden sich die beiden Teilzeiträume auch durch die konjunkturellen Rahmenbedingungen, die im ersten Teilzeitraum (2006-2012) durch die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/09 geprägt waren. Insofern kann der höhere Effekt in der zweiten Periode, die durch einen kontinuierlichen Konjunkturaufschwung geprägt war, auch auf die Bedeutung stabiler konjunktureller Rahmenbedingungen hinweisen, um hohe Produktivitätsbeiträge durch FuE zu erzielen.

Differenziert nach den vier Branchengruppen zeigt sich bei Berücksichtigung weiterer immaterieller Investitionen der höchste Effekt für die sonstige Industrie (+0,34 %). Dieser liegt sogar höher als im Basismodell. Dies deutet darauf hin, dass sich die Produktivitätsbeiträge von FuE und anderen immateriellen Investitionen in der sonstigen Industrie ergänzen. Am zweithöchsten ist der FuE-Beitrag zur Produktivität in der forschungsintensiven Industrie. Hier ist der Effekt bei Einbeziehung weiterer immaterieller Investitionen mit +0,23 % etwas niedriger als im Basismodell, d.h. ein Teil des FuE-Effekts im Basismodell ist auf andere immaterielle Investitionen zurückzuführen. In den wissensintensiven Dienstleistungen sinkt der FuE-Effekt dagegen sehr deutlich auf +0,16 %. In den sonstigen Dienstleistungen ist er mit +0,09 % zwar etwas höher als im Basismodell, gleichwohl aber niedriger als in den anderen drei Branchengruppen.

Die drei anderen Ausgaben für immaterielles Kapital sind in der Modellschätzung für den gesamten Zeitraum und alle Branchen zusammen durchweg hochsignifikant. Am höchsten ist der Effekt für Weiterbildungsaufwendungen (viermal so hoch wie für FuE, d.h. eine Erhöhung der Weiterbildungsaufwendungen um 10 % führt zu einer Produktivitätserhöhung von 0,46 %), am zweithöchsten für Marketingaufwendungen (doppelt so hoch wie für FuE: +0,23 %). Der Effekt für sonstige laufende Innovationsauswendungen, die als Indikator für die Ausgaben in sonstiges nicht-technisches Wissen dienen, ist dagegen sehr gering (+0,02 %). Der Effekt dieser Ausgabenart wird in den getrennten Modellschätzungen außerdem insignifikant, ausgenommen für die Unternehmen aus der sonstigen Industrie.

Die Ergebnisse für die dritte Modellvariante inkl. der Ausgaben für Software und Datenbanken, die sich auf einen kürzeren Referenzzeitraum (2011-2018) beziehen, bestätigen die Ergebnisse der Variante 2 für die Schätzung für alle Branchengruppen zusammen (Tabelle 6). Der Effekt für FuE (+0,14 %) ist sogar leicht höher als in der Variante 2, was auf sich gegenseitig verstärkende Effekte von Ausgaben für FuE und für Software/Datenbanken hindeutet. Der Produktivitätsbeitrag der Software-/Datenbankausgaben ist fast dreimal so hoch wie der von FuE (+0,37 %) und erreicht fast die Höhe des Effekts der Weiterbildungsaufwendungen (der sich kaum verändert und bei 0,45 % liegt). Auch der Beitrag der Marketingaufwendungen und der sonstigen Innovationsausgaben ändert sich bei Einbeziehung von Software- und Datenbankausgaben kaum.

Tabelle 6: Einfluss von FuE auf Produktivität auf Unternehmensebene (Deutschland, 2006-2018): Ergebnisse von Akerberg-Caves-Frazer-Produktivitätsschätzungen (erweitertes Modell inkl. Software-/Datenbankausgaben)

	2011-2018, alle	2011-2018, fwInd	2011-2018, soInd	2011-2018, wiDL	2011-2018, soDL
FuE-Ausgaben	0,014 ***	0,025 ***	0,044 ***	0,033	0,001 **
sonst. Inn.aufw.	0,002 ***	0,001	0,014 ***	0,001	0,001
Weiterbild.aufw.	0,045 ***	0,036 ***	0,040 ***	0,031	0,033 ***
Marketingaufw.	0,024 ***	0,025 ***	0,039 ***	0,030 *	0,019 ***
Softw.-/DB-Ausg.	0,037 ***	0,016 ***	0,042 ***	0,039 ***	0,037 ***
Beschäftigte	0,521 ***	0,419 ***	0,466 ***	0,696 ***	0,622 ***
Kapitalstock	0,047 ***	0,046 ***	0,079 ***	0,033 *	0,030 ***
Vorleistungen	0,429 ***	0,521 ***	0,503 ***	0,286 ***	0,348 ***
Beobachtungen	19.416	2.748	1.819	1.310	4.475

fwInd: forschungsintensive Industrie; soInd: sonstige Industrie; wiDL: wissensintensive Dienstleistungen; soDL: sonstige Dienstleistungen.

Sonst. Inn.aufw.: sonstige laufende Aufwendungen für Innovationen (d.h. Innovationsausgaben ohne FuE-Ausgaben und ohne Anlageinvestitionen), diese umfassen insbesondere Aufwendungen für Design, Konzeption, Konstruktion.

***, **, *: Koeffizienten mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von <1 %, <5 % bzw. <10 % statistisch signifikant.

Quelle: ZEW - MIP. Berechnungen des ZEW.

In den nach den vier Branchengruppen getrennten Schätzungen ändert sich der Produktivitätsbeitrag von FuE bei Einbeziehung von Software-/Datenbankaus-

gaben für die beiden Industriebranchengruppen nur wenig. In der sonstigen Industrie nimmt der positive Effekt von FuE sogar zu und liegt mit 0,44 % auf demselben Niveau wie die Effekte der Investitionen in Software/Datenbanken, Weiterbildung und Marketing. Außerdem erhöht sich der positive Produktivitätsbeitrag der Investitionen in sonstiges nicht-technisches Wissen deutlich. In dieser Branchengruppe ist somit eine diversifizierte Investitionsstrategie am erfolgversprechendsten, um eine hohe Produktivität zu erreichen.

In den wissensintensiven Dienstleistungen zeigt sich bei Einbeziehung der Ausgaben für Software und Datenbanken dagegen kein statistisch signifikanter Produktivitätsbeitrag von FuE. Dies bedeutet, dass der positive Beitrag von FuE in den ersten beiden Varianten letztlich ein indirekter Effekt der Software- und Datenbankausgaben ist. Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da in den wissensintensiven Dienstleistungen - zu denen neben den IKT-Dienstleistungen u.a. die Mediendienstleistungen (Verlage, Film, Rundfunk), Ingenieurbüros, Unternehmens-, Rechts- und Steuerberatung, sowie Werbung und andere Kreativdienstleistungen zählen - FuE-Aktivitäten sehr eng mit Digitalisierungsprojekten verbunden sind. Der entscheidende Produktivitätsbeitrag kommt dabei offenbar aus den Ausgaben für Digitalisierung selbst. Bei Einbeziehung der Ausgaben für Software und Datenbanken verschwindet außerdem der positive signifikante Effekt von Weiterbildung, und der Effekt der Marketingaufwendungen ist nur mehr schwach signifikant. Somit erweisen sich Software- und Datenbankausgaben, also Investitionen in die Digitalisierung, als der wichtigste Produktivitätstreiber in den wissensintensiven Dienstleistungen.

In den sonstigen Dienstleistungen reduziert sich der Produktivitätsbeitrag von FuE bei Einbeziehung der Ausgaben für Software und Datenbanken erheblich (von 0,05 auf 0,01 %), bleibt aber statistisch signifikant. Die positiven Beiträge von Weiterbildung und Marketing fallen etwas niedriger aus, sind aber weiterhin hochsignifikant. Der Beitrag der Software-/Datenbankausgaben ist höher als der von Weiterbildung und Marketing, d.h. auch in diesem Dienstleistungsbe- reich kommt der Digitalisierung eine große Bedeutung für die Produktivitätsentwicklung zu.

Die Analyse auf Unternehmensebene zeigt somit, dass FuE ein wichtiger Treiber für Produktivität ist, aber nicht der einzige. Andere Investitionen in unterneh-

mensspezifische Kompetenzen und immaterielle Kapitalgüter sind ebenso wichtig und zeigen teilweise höhere Produktivitätsbeiträge. Dies gilt allen voran für Investitionen im Bereich der Digitalisierung (Software, Datenbanken) in den Dienstleistungen. In der forschungsintensiven Industrie spielt FuE eine wichtige Rolle, aber auch hier sind z.B. Investitionen in die Weiterbildung ein mindestens ebenso wichtiger Faktor, um die Produktivität zu erhöhen. Die relativ größte Bedeutung hat FuE in der sonstigen Industrie. Eine Ausweitung der FuE-Ausgaben um 10 % führt dort zu höheren Produktivitätszuwächsen als die Steigerung anderer Investitionen um diesen Faktor.

Bei der Interpretation der Produktivitätsbeiträge von FuE und anderen immateriellen Investitionen ist zu beachten, dass die einzelnen immateriellen Investitionen unterschiedliche positive externe Effekte (d.h. Spillovers, von denen andere Unternehmen profitieren) aufweisen. Für FuE dürften diese Spillovers am höchsten sein, während sie für Software- und Datenbankausgaben vermutlich gering sind, da Softwarecodes i.d.R. nicht offengelegt werden müssen und Datenbanken gut vor der Nutzung durch Dritte geschützt werden können. Im Bereich der Weiterbildungsaufwendungen kann es insbesondere dann zu Spillovers kommen, wenn die Beschäftigten zu anderen Unternehmen wechseln und das über die Weiterbildung vermittelte Wissen mitnehmen. Marketingaufwendungen sollten ebenfalls niedrigere Spillovers aufweisen, wenn diese Investitionen mit Markennamen verknüpft und die Marken über das Markenrecht geschützt werden. Der Schutz der Investitionen über FuE über die Anmeldung von Patenten oder Gebrauchsmuster sichert zwar die direkten ökonomischen Erträge der FuE-Ergebnisse. Allerdings kann er nicht verhindern, dass andere Unternehmen von den FuE-Ergebnissen lernen und das Wissen für die eigenen FuE-Aktivitäten verwenden.

Diese insgesamt höheren positiven externen Effekte von FuE können dazu beitragen, dass die Produktivitätsbeiträge im FuE betreibenden Unternehmen eher niedrig ausfallen. Dies kann erklären, warum auf Länder- und Branchenebene relativ hohe Produktivitätsbeiträge von FuE gefunden werden, auf einzelwirtschaftlicher Ebene jedoch merklich niedrigere. Für die Forschungs- und Innovationspolitik bedeutet dies, FuE betreibende Unternehmen umso mehr bei ihren FuE-Anstrengungen zu unterstützen, um zum einen Anreize zu setzen, dass trotz der externen Effekte umfangreich in FuE investiert wird. Zum anderen werden

dadurch die Möglichkeiten für Wissens-Spillovers und damit positiven gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsbeiträgen erhöht (vgl. Peters et al. 2009).

7 Wirtschafts- und innovationspolitische Schlussfolgerungen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der in den vorangegangenen Abschnitten durchgeführten empirischen Analysen aus Perspektive Deutschlands zusammengefasst und bewertet. Dabei wird insbesondere herausgearbeitet, inwieweit sich die Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland von anderen Ländern unterscheidet und welche Besonderheiten sich erkennen lassen. Diese Besonderheiten werden in den Kontext der Forschungs- und Innovationspolitik in Deutschland in den vergangenen drei Jahrzehnten gesetzt. Vor diesem Hintergrund werden Empfehlungen abgeleitet, wie eine weitere Stärkung der FuE-Ausgaben Deutschlands - und insbesondere der deutschen Wirtschaft - erreicht werden kann.

Hohe FuE-Dynamik ab 2006

Die Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland in den vergangenen drei Jahrzehnten kann aus forschungspolitischer Sicht in zwei Phasen unterteilt werden. Von 1991 bis 2005 erhöhten sich die FuE-Kapazitäten in Deutschland nur langsam (jahresdurchschnittlicher Anstieg von 1,4 %) und blieben klar hinter der internationalen Entwicklung zurück. Ab 2006 entsprach das reale Wachstum der FuE-Ausgaben in Deutschland (2005-2019: +3,4 % p.a.) dagegen annähernd dem Durchschnitt der Vergleichsländer, der durch die enorm hohen Wachstumsraten von China stark nach oben gedrückt wird. Die FuE-Dynamik ab 2006 war höher als in anderen großen, hochentwickelten Industrieländern (USA, Japan, Frankreich, Großbritannien). Unter den größeren Volkswirtschaften wiesen nur China und Südkorea ein höheres FuE-Ausgabenwachstum auf. Die FuE-Ausgaben in Deutschland wuchsen rascher als das BIP, sodass sich die FuE-Intensität deutlich erhöht hat - und zwar kräftiger als im Durchschnitt der Vergleichsländer.

Deutlich steigender FuE-Kapitalstock

Die steigenden FuE-Ausgaben in Deutschland haben zu einem stetig wachsenden FuE-Kapitalstock geführt. Im Zeitraum 2000 bis 2019 nahm er mit jahresdurchschnittlich rund 3 % zu. Das Wachstum des FuE-Kapitalstocks in Deutschland war ab ca. 2008 höher als in anderen großen Industrieländern wie den USA,

Großbritannien und Frankreich. Dies gilt auch für die Relation von FuE-Kapitalstock zu BIP. Höhere FuE-Intensitäten auf Basis des FuE-Kapitalstocks als Deutschland weisen Israel, Südkorea, Japan, die Schweiz, Schweden und Österreich auf. Die Betrachtung von FuE-Kapitalstöcken erbringt im internationalen Vergleich allerdings kaum zusätzliche Erkenntnisse im Vergleich zu einer Betrachtung der jährlichen FuE-Ausgaben.

Neuausrichtung der Forschungspolitik

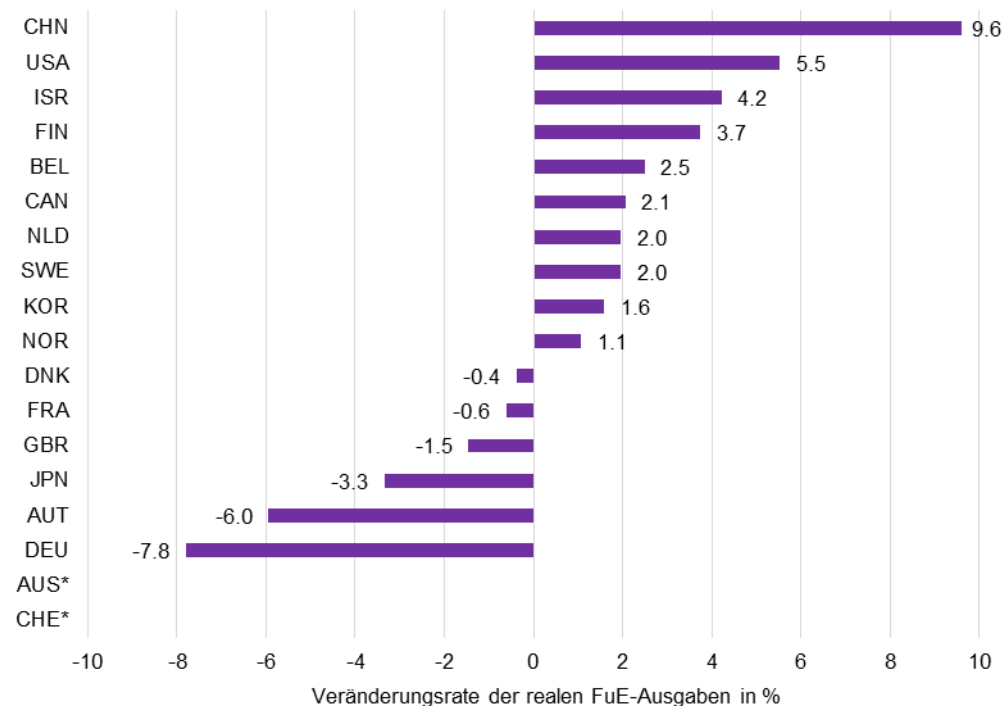
Die FuE-Intensivierung der deutschen Volkswirtschaft ab 2006 steht im Zusammenhang mit einer Neuausrichtung der Forschungspolitik. 2006 wurde die erste Hightech-Strategie der Bundesregierung vorgestellt, die klare Prioritäten für verstärkte Investitionen in Forschung und neue Technologien setzte. Im Jahr 2006 trat gleichzeitig der Pakt für Forschung und Innovation in Kraft, der eine kontinuierliche Erhöhung der Finanzierung der außeruniversitären Forschungseinrichtungen vorsah. Die Exzellenzinitiative, die ab 2006 umgesetzt wurde, war die dritte große neue Maßnahme, die den Wechsel in Richtung höhere FuE-Ausgaben bestimmte. Entscheidend für die kontinuierliche Expansion der FuE-Kapazitäten in Deutschland war, dass diese neuen Initiativen längerfristig angelegt waren, d.h. über die Länge einer Legislaturperiode hinausgingen. Dadurch wurde auch der Wirtschaft eine klare Orientierung und somit Planungssicherheit gegeben. Dies dürfte ein wesentlicher Grund dafür gewesen sein, dass auch die Unternehmen ab 2006 - unterstützt durch einen Konjunkturaufschwung, der insbesondere durch die steigende Nachfrage aus Schwellenländern angetrieben wurde - ihre FuE-Ausgaben merklich und kontinuierlich erhöht haben. Dabei kam ihnen die Bundesregierung in der Wirtschaftskrise 2008/09 mit einem Konjunkturpaket zu Hilfe, das insbesondere die FuE-Förderung gestärkt hat (Verdoppelung der ZIM-Mittel, zusätzliche Mittel für die Technologieförderung) und den langfristigen FuE-Expansionspfad stützte.

Tiefer Einschnitt durch die Corona-Pandemie

In der durch die Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung ausgelösten Wirtschaftskrise 2020/21 wurde von dieser Politik allerdings abgewichen und auf spezifische und unmittelbar wirksame Maßnahmen zur Förderung gleichbleibend hoher FuE-Ausgaben in der Wirtschaft verzichtet. Die im Juni 2020 beschlossene Erhöhung der Forschungszulage dürfte keine kurzfristig stützende

Wirkung entfaltet haben, da das Instrument für die Unternehmen neu und aufwendig zu beantragen war und ein Finanzierungsbeitrag erst mit großer zeitlicher Verzögerung eintritt. Als Ergebnis gingen die internen FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft im Jahr 2020 deutlich zurück (-7,8 % zu konstanten Preisen) und viel stärker als in irgendeinem anderen der Vergleichsländer (Abbildung 63). In China und den USA nahmen die FuE-Ausgaben der Wirtschaft dagegen auch 2020 kräftig zu. Merkliche Anstiege trotz der Pandemiesituation verzeichneten außerdem Israel, Finnland, Belgien, Kanada, die Niederlande und Schweden. Eine deutliche Abnahme der FuE-Ausgaben der Wirtschaft gab es außer in Deutschland nur in Österreich und Japan.

Abbildung 63: Veränderung der realen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 2019-2020 in Deutschland und den Vergleichsländern



* keine Angaben verfügbar.

Reale FuE-Ausgaben auf Basis des BIP-Deflators berechnet.

Quelle: OECD - MSIT. Berechnungen des ZEW.

Ob der Einbruch der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft im Jahr 2020 durch entsprechend hohe Zuwächse in den Folgejahren wieder wettgemacht wird oder eine Trendwende zu einer weniger dynamischen Entwicklung der

FuE-Ausgaben einleitet, kann zum Zeitpunkt der Berichtslegung (Frühjahr 2022) nicht gesagt werden. Viel wird davon abhängen, ob die Forschungspolitik von Bund und Ländern wieder klare, langfristig ausgerichtete Impulse für zusätzliche private Investitionen in FuE gibt. Mit der 2020 eingeführten steuerlichen FuE-Förderung ist ein erster Schritt dazu getan, der aber aufgrund der Deckelung der Förderung auf maximal 1 Mio. € pro Jahr und Unternehmen im Bereich der Großunternehmen nur wenig Anreize für zusätzliche FuE-Ausgaben setzt.

EU 3%-Ziel als Stimulator

Deutschland war unter den Vergleichsländern nicht das einzige Land, das durch eine langfristig und auf Expansion orientierte Forschungspolitik die FuE-Ausgaben in den vergangenen zwei Jahrzehnten deutlich steigern konnte. Bereits vor Deutschland haben in Europa Österreich und Dänemark die Forschungspolitik auf eine Erhöhung der FuE-Intensität ausgerichtet. Belgien schwenkte zeitgleich mit Deutschland auf einen solchen Pfad um. Diese Entwicklung fand vor dem Hintergrund einer EU-Politik statt, die die Wettbewerbsfähigkeit der EU mit Hilfe von verstärkten Investitionen in Innovationen erhöhen wollte und hierzu 2002 das Ziel ausgab, die FuE-Intensität (FuE-Ausgaben in % des BIP) bis 2010 europaweit auf 3 % zu erhöhen. Dieses Ziel machten sich auch mehrere Mitgliedstaaten, darunter auch Deutschland, zu Eigen. Damit war eine wichtige externe Legitimation für die Umschichtung von Budgetmitteln in Richtung Forschungsfinanzierung gegeben.

Sehr stabile Strukturen

Ein besonderes Merkmal der Entwicklung in Deutschland gegenüber den Vergleichsländern ist die äußerst gleichmäßige Erhöhung der FuE-Ausgaben in allen drei Sektoren, in denen FuE durchgeführt wird, nämlich in der gewerblichen Wirtschaft, den Hochschulen und den staatlichen Forschungseinrichtungen (inkl. des kleinen Sektors der gemeinnützigen Einrichtungen). Die Anteile der drei Sektoren an den gesamten FuE-Ausgaben blieben in Deutschland in den vergangenen drei Jahrzehnten nahezu unverändert, d.h. die FuE-Ausgaben sind in jedem Sektor fast im Gleichschritt gewachsen. In den meisten Vergleichsländern gab es dagegen ein überdurchschnittliches Wachstum der FuE-Ausgaben der Wirtschaft, in einer kleinen Zahl von Vergleichsländern haben sich die FuE-

Ausgaben in Richtung Hochschulen verschoben (Großbritannien, Kanada, Dänemark, Norwegen, Schweiz). In nahezu allen Vergleichsländern ging der Anteil der staatlichen Forschungseinrichtungen zum Teil erheblich zurück, einzig in Schweden und Belgien gab es leichte Zuwächse.

Die hohe strukturelle Stabilität des deutschen Forschungssystems dürfte eng mit der föderalen Governance-Struktur zusammenhängen. Die Länder, die primär für die Finanzierung der Hochschulen und gemeinsam mit dem Bund für die Finanzierung der staatlichen Forschungseinrichtungen verantwortlich sind, achten i.d.R. sehr darauf, dass die in ihrem Gebiet angesiedelten Einrichtungen nicht gegenüber Einrichtungen in anderen Bundesländern zurückfallen, was wesentlich zu einer gleichmäßigen regionalen Verteilung der zusätzlichen für FuE bereitstehenden Mittel und damit zu einer recht einheitlichen Dynamik beiträgt. Gleichzeitig wurden mit dem Pakt für Forschung und Innovation sowie der Exzellenzinitiative zwei Instrumente geschaffen, die auf eine langfristige und kontinuierliche Erhöhung der Finanzierung der öffentlichen Forschungsinfrastruktur ausgelegt sind.

Der strukturellen Stabilität des deutschen Forschungssystems auf der Durchführungsseite steht auch eine im internationalen Vergleich hohe Stabilität auf der Finanzierungsseite gegenüber. Von Mitte der 1990er bis Ende der 2000er Jahre kam es zu einer leichten Verschiebung der FuE-Finanzierung in Richtung Wirtschaft, seither blieben die Finanzierungsanteil von Wirtschaft und (deutschem) Staat sehr stabil. Eine leicht ansteigende Tendenz zeigt sich für den Finanzierungsbeitrag aus dem Ausland, der neben EU-Mitteln insbesondere konzerninterne Finanzierungsströme sowie FuE-Aufträge durch Unternehmen aus dem Ausland umfasst.

Hoher Finanzierungsbeitrag der Wirtschaft für FuE in der Wissenschaft

Eine Besonderheit des deutschen Forschungssystems ist der hohe Anteil von Wirtschafts-Drittmittel für die Finanzierung von FuE in Hochschulen und staatlichen Forschungseinrichtungen. Der Anteil dieser FuE-Finanzierung am BIP ist in Deutschland mehr als doppelt so hoch wie im Durchschnitt der Vergleichsländer und erhöhte sich in den vergangenen drei Jahrzehnten so stark wie in keinem Vergleichsland. Der Anteil der durch die Wirtschaft finanzierten FuE-Ausgaben der Wissenschaft ist in Deutschland höher als in fast allen Vergleichsländern (nur China weist einen höheren Wert auf). Auch gemessen an den FuE-

Ausgaben der Wirtschaft sind die Mittel, die an die Wissenschaft gehen, außergewöhnlich hoch. Dies weist auf eine sehr intensive Vernetzung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft bei der Durchführung von FuE-Aktivitäten hin. Diese intensive Vernetzung ist wesentlich im FuE-Fördersystem in Deutschland angelegt. Die meisten großen FuE-Förderprogramme fokussieren auf die Förderung von kooperativen Projekten, an denen sowohl Unternehmen wie Wissenschaftseinrichtungen beteiligt sind. Dies gilt für die Fachprogramme des Bundes (Technologieförderung) ebenso wie für ZIM und für viele FuE-Programme der Länder. Hinzu kommen zahlreiche FuE-Förderinitiativen, die explizit auf die Förderung der Verbundforschung abzielen (u.a. Spitzencluster, Forschungscampus). Diese "Verbundorientierung" stärkt die Zusammenarbeit und trägt zu einem gleichmäßig hohem Niveau der Interaktion zwischen Wirtschaft und Wissenschaft bei, wie er sich in den oben angeführten Indikatoren zum Forschungstransfer zeigt.

Niedriger und sinkender staatlicher Finanzierungsbeitrag zur Wirtschafts-FuE

Die Finanzierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft durch den Staat ist in Deutschland rückläufig und niedriger als im Durchschnitt der Vergleichsländer. 2019 wurden nur 3,2 % der FuE-Ausgaben der Wirtschaft durch den Staat finanziert (2000 lag diese Quote noch bei knapp 7 %). Dies liegt daran, dass sich der deutsche Staat immer mehr aus der direkten Finanzierung von Wirtschafts-FuE durch FuE-Aufträge oder durch Zuschussprogramme für FuE-Einzelprojekte zurückgezogen und sich stark auf die Förderung von Verbundforschung fokussiert hat. Dadurch sank der Anteil der Wirtschaft an der gesamten FuE-Finanzierung des Staates von rund 20 % Anfang der 1990er Jahre auf rund 8 % Ende der 2010er Jahre.

Wirtschafts-FuE auf wenige Industriebranchen konzentriert

Die FuE-Ausgaben der Wirtschaft, die rund 70 % der gesamten FuE-Ausgaben Deutschlands ausmachen, sind auf relativ wenige Wirtschaftszweige im Bereich der Industrie konzentriert. Die fünf Branchen mit den höchsten FuE-Ausgaben in Deutschland sind der Automobilbau, die Elektronik-/Messtechnik-/Optik-industrie, der Maschinenbau, die Pharmaindustrie und die Chemieindustrie. Damit ist Deutschland neben Japan und China das einzige Land innerhalb der Vergleichsländer, in dem ausschließlich Wirtschaftszweige aus der Industrie die

fünf größten FuE-Branchen stellen. Herausragend ist die Rolle des deutschen Automobilbaus. Deutschland weist die zweithöchsten FuE-Ausgaben weltweit in dieser Branche auf (noch vor den USA und nur knapp hinter Japan). Mit einem Anteil von 37 % an den gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft konzentriert sich ein beträchtlicher Teil des FuE-Potenzials der Wirtschaft auf eine einzige Branche. Unter den Vergleichsländern weisen nur Israel und Südkorea eine höhere Konzentration der FuE-Ausgaben auf eine einzige Branche auf. Dies spiegelt sich auch in einem sehr hohen Gini-Koeffizienten der branchenspezifischen FuE-Ausgaben, der im vergangenen Jahrzehnt weiter zugenommen hat. Die Branchenschwerpunkte der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft sind relativ ähnlich zu denen von Japan, Südkorea, Frankreich, Österreich und Schweden.

Die Konzentration auf den Automobilbau ist dabei nicht als ein Ergebnis von forschungspolitischen Entscheidungen zu sehen, sondern spiegelt eher eine langfristige Spezialisierungstendenz des Industriestandorts Deutschland wider. Dabei wurden Standortvorteile im Bereich des Automobilmarktes (Deutschland als Leitmarkt für automotive Innovationen, vgl. Cleff et al. 2015) genutzt, um das besonders innovationsorientierte Segment im Automobilbereich ("Premium-Anbieter", vgl. Legler et al. 2009) zu besetzen. Dieses Segment erfordert wiederum hohe FuE-Ausgaben, da technischer Vorsprung eine ganz wesentliche Eigenschaft von Premiumprodukten ist. Eine aktive forschungspolitische Unterstützung des sektoralen Spezialisierungsmusters im deutschen Innovationssystem kommt eher von der Ausrichtung der FuE-Förderung auf "Spitzentechnologien" sowie auf die natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung im Bereich der Wissenschaftseinrichtungen. Die Ergebnisse dieser staatlich finanzierten bzw. geförderten Forschung kommen insbesondere den industriellen Wirtschaftszweigen zugute, sodass diese in Deutschland generell günstige Voraussetzungen für FuE- und Innovationsaktivitäten vorfinden.

Dominanz von Großunternehmen

Die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft sind so stark auf die Gruppe der Großunternehmen konzentriert wie in kaum einem anderen Land. Einzig Japan weist einen höheren Anteil der Großunternehmen an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft auf. In den USA ist dieser Anteilswert etwas niedriger (für China liegen keine Angaben vor). Der Anteilswert hat sich in den vergangenen

zwei Jahrzehnten kaum verändert. Die FuE-Ausgaben der KMU in Deutschland sind im internationalen Vergleich dagegen sehr niedrig. In Relation zum BIP weist lediglich Japan einen niedrigeren Wert auf. In den USA und anderen größeren Ländern wie Großbritannien und Frankreich ist die volkswirtschaftliche Bedeutung der FuE-Ausgaben der KMU merklich höher. Dass der Beitrag der KMU zu den FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft weiterhin gering ist, liegt keineswegs an einer wenig auf KMU abzielenden Förderpolitik. Im Gegenteil, der größte Teil der FuE-Fördermaßnahmen ist explizit auf KMU bzw. mittelständische Unternehmen ausgerichtet. Dass KMU dennoch kein größeres Gewicht zukommt, dürfte eher an den Nachteilen von KMU im Wettbewerb mit Großunternehmen um die für FuE-Aktivitäten wichtigen (und knappen) Ressourcen liegen. Dazu zählt der Zugang zu hochqualifiziertem Personal ebenso wie zu attraktiven Kooperationspartnern auf Seiten der Wissenschaft (vgl. Rammer et al. 2016).

FuE-Dynamik durch Automobilbau bestimmt

Das Wachstum der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft in den 2010er Jahren war wesentlich durch die Wirtschaftsstruktur bestimmt. In Deutschland haben jene Wirtschaftszweige ein überdurchschnittliches Gewicht, die sich in den 2010er Jahren global durch ein hohes Wachstum der FuE-Ausgaben ausgezeichnet haben. Dazu zählen u.a. insbesondere der Automobilbau, aber auch einige nicht-forschungsintensive Industriezweige (Metallindustrie, elektrotechnische Industrie) sowie die IKT-Dienstleistungen. Die Zunahme der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft in den 2010er Jahren wurde wesentlich durch das starke Wachstum von FuE-intensiven Wirtschaftszweigen getrieben, während die Erhöhung der FuE-Intensität in den einzelnen Wirtschaftszweigen eine geringe Rolle gespielt hat. Der Automobilbau war alleine für vier Fünftel des Anstiegs der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft verantwortlich, und zwar vorrangig aufgrund der starken Ausweitung der Produktion und nur zu einem kleinen Teil aufgrund der Erhöhung der FuE-Intensität.

Großes Potenzial für höhere FuE-Ausgaben

Insgesamt ist die FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft niedriger als es die Wirtschaftsstruktur erwarten ließe. Dies bedeutet, dass noch ein erhebliches

Potenzial für eine höhere FuE-Intensität und damit höhere FuE-Ausgaben vorhanden ist. Würde jeder Wirtschaftszweig in Deutschland mit einer gegenüber der Gruppe der Vergleichsländer unterdurchschnittlichen FuE-Intensität diese auf das durchschnittliche Niveau der Vergleichsländer (ohne China) erhöhen, so könnten die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft um 25 bis 30 % höher liegen. Das größte Potenzial für höhere FuE-Ausgaben besteht in den IKT-Dienstleistungen, gefolgt von der Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie, der Medizintechnik, dem Maschinenbau, dem Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau sowie der Pharmaindustrie. Wenngleich die relativ niedrige FuE-Intensität vieler Wirtschaftszweige nicht unbedingt ein FuE-Defizit anzeigen muss, sondern auf besonders effiziente FuE-Prozesse hinweisen kann, so ist dennoch unbestritten, dass die vorhandene Wirtschaftsstruktur in Deutschland eine deutliche Steigerung der FuE-Ausgaben zulassen würde. Für die Forschungspolitik bedeutet dies, dass Maßnahmen, die deutliche Anreize für zusätzliche FuE-Ausgaben setzen, wie z.B. eine steuerliche FuE-Förderung, die auf einen sehr niedrig angesetzten Deckel verzichtet, auf erhebliche Resonanz stoßen können.

Enger Zusammenhang zwischen FuE und Produktivität

Eine Wirtschafts- und Innovationspolitik, die auf eine Steigerung der FuE-Ausgaben setzt, verspricht mittel- bis langfristig positive Beiträge für die Produktivität und damit für den gesellschaftlichen Wohlstand. Allerdings ist der Zusammenhang nicht immer direkt. Die positive Produktivitätswirkung von FuE kann sich oft erst nach einem längeren Zeitraum einstellen. Auch muss sie nicht in den Wirtschaftsbereichen eintreten, in denen die FuE-Ausgaben getätigt wurden, sondern kann aufgrund von Wissens-Spillovers in anderen Branchen oder Regionen auftreten. Dies zeigt sich auch daran, dass der Zusammenhang zwischen FuE und Produktivität auf Länderebene umso stärker ist, je mehr Länder mit einem weniger hohen Entwicklungsniveau einbezogen werden. Auch sind die positiven Produktivitätseffekte von FuE auf Branchenebene tendenziell höher als auf Ebene der FuE betreibenden Unternehmen, was ebenfalls für Wissens-Spillovers von FuE betreibenden zu nicht FuE betreibenden Unternehmen spricht. Diese Wissens-Spillovers sind letztlich das wesentliche Argument für eine staatliche Förderung von FuE. Denn durch die Förderung werden die FuE-Ausgaben der FuE durchführenden Einheiten auf ein höheres Niveau gehoben,

als sich alleine aufgrund von Renditeüberlegungen der FuE durchführenden Einheiten ergäbe, da diese eben nur einen Teil der Erträge von FuE sich - über höhere Produktivität - selbst aneignen können.

Empfehlungen für eine FuE-orientierte Wirtschafts- und Innovationspolitik

Aus den Ergebnissen der empirischen Analysen zur Entwicklung der FuE-Ausgaben in Deutschland im internationalen Vergleich lassen sich verschiedene Schlussfolgerungen für die Wirtschafts- und Innovationspolitik ziehen:

- Die **Hightech-Strategie** der Bundesregierung hat gezeigt, dass sich mit einer konzertierten Initiative, die die politischen Prioritäten in Richtung Forschung und Innovation verschiebt und die eine langfristige Perspektive einnimmt, eine gesamtwirtschaftliche Wende hin zu höheren FuE-Aktivitäten erreichen lässt. **Diese Strategie sollte unbedingt fortgesetzt werden** - gerade auch in Zeiten, in denen aufgrund externer Ereignisse die Beibehaltung hoher Investitionen in FuE schwieriger wird. Das erste Jahr der Corona-Pandemie führte zu einem starken Rückgang der FuE-Ausgaben in der Wirtschaft sowie zu einer Stagnation im Bereich der Wissenschaft. Hier hätte die Politik viel schneller und deutlicher Anreize für FuE-Investitionen setzen müssen. Stattdessen wurde Ende 2021 die Aufnahme neuer Förderanträge im größten FuE-Programm - ZIM - wegen fehlender Haushaltsmittel gestoppt. Dies ist eindeutig das falsche Signal. Für die neue Legislaturperiode sollte daher rasch die Hightech-Strategie fortgesetzt und die ausreichende Mittelausstattung von bewährten FuE-Programmen gesichert werden.
- Die Expansion der FuE-Kapazitäten in Deutschland ab 2006 erfolgte im Gleichschritt von Wirtschaft und Wissenschaft. Dadurch wurden etablierte Strukturen des deutschen Innovationssystems erhalten und gestärkt, insbesondere was die engen Austauschbeziehungen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft betrifft. Hierin setzt sich Deutschland von vielen anderen Ländern ab. Der Ausbau der FuE-Kapazitäten in der Wissenschaft im Tempo der FuE-Expansion in der Wirtschaft verschafft den Unternehmen gleichzeitig die Basis (in Form von Hochschulabsolventen sowie Partnern für gemeinsame Forschungsaktivitäten), um die eigenen FuE-Anstrengungen weiter erhöhen zu können. Diese **gleichmäßige Ent-**

wicklung von FuE in Wirtschaft und Wissenschaft sollte daher beibehalten werden. Dies bedeutet, das Tempo der FuE-Expansion der Wirtschaft auch über entsprechende zusätzliche Mittel für Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen in die Wissenschaft zu übertragen.

- Trotz der hohen FuE-Intensität der deutschen Volkswirtschaft - die FuE-Ausgaben in Relation zum BIP waren 2019 mit 3,17 % die sechsthöchsten unter allen OECD-Ländern - sind die FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft angesichts der spezifischen Branchenstruktur (hoher Anteil von FuE-intensiven Wirtschaftszweigen) relativ niedrig. Im Vergleich zu anderen Industrieländern ist die FuE-Intensität der meisten Wirtschaftszweige in Deutschland unterdurchschnittlich. Gleichzeitig liegen die FuE-Ausgaben der KMU in Deutschland - gemessen an der Landesgröße - deutlich unter denen der meisten anderen Industrieländer. Insofern existiert ein großes Potenzial für eine Erhöhung der FuE-Ausgaben (vgl. Frietsch et al. 2017). Um dieses zu mobilisieren, sind insbesondere **FuE-Anreize für KMU und für die gesamte sektorale Breite** der deutschen Wirtschaft wichtig. Mit der steuerlichen FuE-Förderung (Forschungszulage) wurde 2020 ein hierfür grundsätzlich geeignetes Instrument eingeführt. Allerdings ist die Annahme dieses Instruments bislang zu gering, um einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der FuE-Ausgaben leisten zu können. Dies dürfte u.a. an dem aufwendigen Antragsverfahren liegen (vgl. Rammer 2021). Das **Antragsverfahren zur Forschungszulage sollte rasch vereinfacht** werden. Gleichzeitig sollte die Wirkung der Forschungszulage durch eine **Erhöhung des Deckels** (derzeit 4 Mio. förderfähige FuE-Aufwendungen pro Jahr) und eine **Ausweitung der förderfähigen Kosten** auf alle Arten von FuE-Ausgaben (d.h. inkl. Materialaufwendungen und Investitionen) verbessert werden.
- Gleichzeitig sollten weitere Instrumente genutzt werden, um zusätzliche Anreize für FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor - mit Schwerpunkt auf KMU und das gesamte Branchenspektrum - zu setzen. Hierzu ist das **Programm ZIM** sehr gut geeignet und sollte daher budgetär besser ausgestattet werden. Außerdem sollten **Instrumente**, die neben FuE auch **Investitionen in die Umsetzung von FuE-Ergebnissen** finanzieren, verstärkt herangezogen werden. Dies gilt insbesondere für die Branchen außerhalb der forschungsintensiven Industrie und den wissensintensiven

Dienstleistungen. Denn dort entfalten FuE-Ausgaben umso höhere Produktivitätseffekte, je mehr FuE mit anderen Investitionen in immaterielles Kapital (wie Weiterbildung, Marketing, Digitalisierung, sonstiges nicht-technisches Wissen) kombiniert wird. Eine solche **FuE-Umsetzungsförderung** könnte an einer zuvor erhaltenen FuE-Förderung (aus ZIM, Fachprogrammen des Bundes, FuE-Programme der Länder und der EU) ansetzen. Auf Basis der erzielten FuE-Ergebnisse wäre von dem Unternehmen eine Umsetzungsstrategie und die hierfür notwendigen materiellen und immateriellen Investitionen (inkl. mögliche operative Aufwendungen für Weiterentwicklungen der Technologie oder der Produkte, das Hochfahren einer Produktion oder der Einrichtung von Vertriebswegen) sowie die mit diesen Investitionen einhergehenden Umsetzungsrisiken und Wachstumsperspektiven darzulegen. Die öffentliche Förderung könnte dann aus einem Mix aus Zuschüssen, eigenkapitalähnlichen Darlehen und zinsbegünstigten Krediten bestehen, dessen Höhe vom Risiko und den Wachstumsperspektiven des Umsetzungsprojekts abhängt. Konzeptionell wird ein solcher Ansatz beispielsweise in dem Förderprogramm "Spitze auf dem Land" des Landes Baden-Württemberg verfolgt, wenngleich dort die Förderung auf einen Zuschuss zu einem Kredit und die förderfähigen Kosten auf materielle Investitionen im Rahmen der Errichtung oder Ausweitung von Produktions- und Vertriebsaktivitäten begrenzt sind. Eine FuE-Umsetzungsförderung sollte unbedingt ein breiteres Spektrum an Kostenkategorien und Finanzierungsinstrumenten abdecken. Dabei sollten auch die Erfahrungen aufgegriffen werden, die mit dem 2019 neu eingerichteten Innovationsprogramm Geschäftsmodelle und Pionierlösungen des BMWK im Bereich der Projektauswahl gemacht wurden. Eine Evaluation (Berger et al. 2022) hat gezeigt, dass die neuen Elemente einer Jury und von Pitches für die Präsentation und Auswahl von Projekten gut geeignet sind, um eine große Vielfalt von Projektarten zu bewerten.

- Im Bereich der **wissensintensiven Dienstleistungen** hat sich gezeigt, dass es nicht so sehr FuE ist, die die Produktivitätsentwicklung treibt, sondern Investitionen in die **Digitalisierung**. Gleichzeitig ist eine Trennung zwischen FuE- und Digitalisierungsprojekten in dieser Branchengruppe

schwierig, da die Neu- und Weiterentwicklung von Dienstleistungsangeboten und Prozessen fast immer neue Digitalisierungsansätze und digitale Lösungen erfordert. Diese Entwicklung reflektiert sich u.a. in der Neuausrichtung des KfW-Innovationsprogramms im Jahr 2017 in Form des "ERP-Digitalisierungs- und Innovationskredits", der sowohl Innovations- als auch Digitalisierungsprojekte fördert. Eine Zusammenführung dieser beiden Projekttypen könnte helfen, ein besser auf den Bereich der wissensintensiven Dienstleistungen zugeschnittenes Förderangebot zu erreichen (vgl. auch Rammer et al. 2020). Eine solche stärkere Integration von FuE- und Digitalisierungsprojekten bei der Förderung von Unternehmen in den wissensintensiven Dienstleistungen durch entsprechende Anpassungen bei den förderfähigen Aktivitäten und Kosten wäre auch für andere Förderprogramme wie etwa ZIM angezeigt. Generell legt die Bedeutung des Zusammenspiels von **FuE und anderen immateriellen Investitionen** als Produktivitätstreiber nahe, diese verschiedenen Formen der Investition in neues Wissen und Kompetenzen auch bei der Förderung zu berücksichtigen und sich von einer alleine auf FuE abzielenden Förderung wegzubewegen. Dies setzt allerdings Anpassungen bei der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung der EU (Verordnung 651/2014) voraus und ist somit nur auf europäischer Ebene und auf längere Sicht umsetzbar.

- Eine Stärkung der FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft setzt allerdings voraus, dass ein entsprechendes Angebot an qualifiziertem Personal existiert. Der Fachkräftemangel ist derzeit das größte Hemmnis für investitionsbereite Unternehmen in Deutschland. Dies gilt nicht nur für die Arbeitskräftenachfrage generell (vgl. Hickmann und Malin 2021), sondern in besonderem Maße für die Umsetzung von Innovationsvorhaben (vgl. Rammer et al. 2022). Um das Fachkräfteangebot für FuE-Aktivitäten zu sichern, ist sowohl eine **Ausweitung der akademischen Ausbildung** sowie der **beruflichen Ausbildung** in für FuE-Aktivitäten relevanten Berufen (z.B. IT- und Laborberufe) als auch eine Migrationspolitik nötig, die die **Zuwanderung von qualifizierten Fachkräften** erleichtert.

8 Literatur

Akerberg, D.A., K. Caves, G. Frazer (2015), Identification properties of recent production function estimators, *Econometrica* 83(6), 2411-2451.

Atkinson, A.B., J.E. Stiglitz (1969), A new view of technological change, *The Economic Journal* 79(315), 573-578.

Audretsch, D., B. Bozeman, K. Combs, M. Feldman, A. Link, D. Siegel, P. Stephan, G. Tasse, C. Wessner (2002), The economics of science and technology, *Journal of Technology Transfer* 27(2), 155-203.

Behrens, V., M. Berger, M. Hud, P. Hünermund, Y. Iferd, B. Peters, C. Rammer, T. Schubert (2017), Innovation Activities of Firms in Germany – Results of the German CIS 2012 and 2014. ZEW-Dokumentation Nr. 17-04, Mannheim.

Berger, F., T. Strähle, L. Pschorn, F. Waiblinger, G. Lotz (2022), Begleitende Evaluation des Innovationsprogramms für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen (IGP). Abschlussbericht. Frankfurt: Technopolis.

Berstein, J.I., T.P. Mamuneas (2006), R&D Depreciation, Stocks, User Costs, and Productivity Growth for US R&D Intensive Industries,” *Structural Change and Economic Dynamics* 17, 70-98.

Cleff, T., C. Grimpe, C. Rammer (2015), Identifying Lead Markets in the European Automotive Industry: An Indicator-based Approach, *Industry and Innovation* 22(6), 496-522.

Corrado, C., C. Hulten, D. Sichel (2007), Intangible Capital and Economic Growth, NBER Working Paper 11948. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Crass, D., B. Peters (2014), Intangible Assets and Firm-Level Productivity. ZEW Discussion Paper No. 14-120, Mannheim.

Dunn, E.S. (1960), A statistical and analytical technique for regional analysis, *Papers and Proceedings of the Regional Science Association* 6, 98-112.

Farhauer, O., A. Kröll (2009), Die Shift-Share-Analyse als Instrument der Regional- und Clusterforschung, Passauer Diskussionspapiere - Volkswirtschaftliche Reihe No. V-59-09, Universität Passau.

Foray, D. (2014), *Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*. London: Routledge.

Frietsch, R., C. Rammer, M. Astor, M. Berger, S. Daimer, M. Hud, C. Klaus, C. Lerch, J. Limbers, P. Neuhäusler (2017), *Schrittweise Erhöhung der FuE-Quote auf bis zu 3,5% des BIP – Instrumente und Auswirkungen auf volkswirtschaftliche Kennzahlen*. Karlsruhe, Berlin und Mannheim: Fraunhofer-ISI, Prognos und ZEW.

Hall, B.H. (2007), *Measuring the Returns to R&D: The Depreciation Problem*, NBER Working Paper 13473. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Hickmann, H., L. Malin (2022), *Fachkräftereport März 2022 – offene Stellen und Fachkräftelücke auf Rekordniveau*. KOFA Kompakt 4/2022. Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung,

Legler, H., B. Gehrke, O. Krawczyk, U. Schasse, C. Rammer, N. Leheyda, W. Sofka (2009), *Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Hannover und Mannheim: NIW und ZEW

Levinsohn, J., A. Petrin (2003), *Estimating production functions using inputs to control for unobservables*, *Review of Economic Studies* 70(2), 317-341.

OECD (2015), *Frascati Manual 2015. Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. OECD Publishing, Paris.

OECD (2021a), *R&D Tax Incentives: Belgium, 2021*, Directorate for Science, Technology and Innovation. Paris: OECD.

OECD (2021b), *R&D Tax Incentives: United States, 2021*, Directorate for Science, Technology and Innovation. Paris: OECD.

Olley, G.S., A. Pakes (1996), *The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry*, *Econometrica* 64(6), 1263-1297.

Peters, B., C. Rammer (2013), *Innovation Panel Surveys in Germany*, in: F. Gault, (Hrsgs), *Handbook of Innovation Indicators and Measurement*. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar, 135-177.

Peters, B., G. Licht, D. Crass, A. Kladroba (2009), Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2009. Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.

Polt, W., M. Berger, P. Boekholt, K. Cremers, J. Egel, H. Gassler, R. Hofer, C. Rammer (2010), Das deutsche Forschungs- und Innovationssystem - ein internationaler Systemvergleich zur Rolle von Wissenschaft, Interaktionen und Governance für die technologische Leistungsfähigkeit. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2010, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.

Rammer, C. (2021): Ansätze zur Verbesserung der administrativen Umsetzung der Forschungszulage: Ergebnisse einer Befragung des VDMA, ZEW-Gutachten und Forschungsberichte. Mannheim: ZEW.

Rammer, C., B. Peters (2016), Investitionsschwäche oder Strukturverschiebung der Investitionstätigkeit? Zur Rolle immaterieller Investitionen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Wirtschaftspolitische Blätter 1/2016, 67-86.

Rammer, C., S. Gottschalk, B. Peters, J. Bersch, D. Erdsiek (2016), Die Rolle von KMU für Forschung und Innovation in Deutschland, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2016, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.

Rammer, C., S. Gottschalk, L. Föner (2020), Studie zur Evaluation des KfW-Förderprogramms „ERP-Digitalisierungs- und Innovationskredit“. Abschlussbericht. Mannheim: ZEW.

Rammer, C., B. Krieger, P. Peters (2022), Studie zu den Treibern und Hemmnissen der Innovationstätigkeit im deutschen Mittelstand. Ergebnisbericht. Mannheim: ZEW.

Romer, P.M. (1986), Increasing returns and long-run growth, Journal of Political Economy 94(5), 1002-1037.

Roth, F., A. Sen, C. Rammer (2021), Intangible Capital and Firm-Level Productivity - Evidence from Germany. GLOBALINTO Deliverable 5.11.

Trunschke, M., C. Rammer, F. Roth (2020), Measuring Organisation Capital at the Firm Level: A Production Function Approach. ZEW Discussion Paper No. 20-021, Mannheim.

Warusawitharana, M. (2010), The return to R&D, Federal Reserve Board Working Paper, December 2010.

9 Anhang

9.1 Datenbasis

Die Datenbasis der Studie nutzt im Wesentlichen folgende vier Datenbanken:

- Angaben zu den FuE-Ausgaben nach Durchführungs- und Finanzierungssektoren werden der Datenbank MSTI der OECD entnommen.
- Angaben zu den FuE-Ausgaben nach Wirtschaftszweigen im Durchführungssektor Wirtschaft werden der Datenbank ANBERD der OECD entnommen.
- Angaben zu den FuE-Ausgaben im Durchführungssektor Wirtschaft nach Unternehmensgrößenklassen werden der FuE-Datenbank der OECD (Research and Development Statistics - RDS) entnommen.
- Angaben zum Produktionswert (Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung) und zur Beschäftigung werden der Datenbank STAN der OECD entnommen.

Die Analysen werden für 18 Länder vorgenommen. Neben Deutschland sind dies 16 andere OECD-Länder (Australien, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Israel, Japan, Kanada, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz, Südkorea, USA) sowie China. Für China liegen in STAN keine Angaben zum Produktionswert vor. Diese werden nationalen Statistiken entnommen (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung sowie Industriestatistik des Nationalen Statistischen Amtes von China). Dabei müssen verschiedene Schätzungen und Anpassungen vorgenommen werden, da die sektorale Abgrenzung in den nationalen Statistiken nicht völlig mit der in STAN und ANBERD übereinstimmt.

FuE-Ausgaben und Produktionswerte werden in ein einheitliches Preisniveau anhand des BIP-Deflators umgerechnet, d.h. es wird eine einheitliche Deflationsrate für alle Sektoren herangezogen. Dadurch bleiben die sektoralen Strukturen innerhalb eines Landes unverändert. Für einige vergleichende Analysen ist es notwendig, die nationalen Angaben für die betrachteten Länder zu aggregieren.

gieren. Hierzu werden Angaben in nationaler Währung anhand des jahresdurchschnittlichen Wechselkurses der nationale Währung zum US-\$ umgerechnet. Dadurch können Wechselkursschwankungen die Veränderung der FuE-Ausgaben eines Landes beeinflussen. Auf die sektorale Struktur eines Landes hat diese Umrechnung jedoch keinen Einfluss.

Tabelle 7: Verwendete Wirtschaftszweiggliederung für die Analyse der FuE-Ausgaben nach Wirtschaftszweigen

Nr.	Bezeichnung	Anteil an der Summe der Vergleichsländer in %	
		FuE-Ausg.	Prod.wert
01-03	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,18	1,51
05-09	Bergbau	0,91	1,31
10-12	Nahrungsmittel-/Getränke-/Tabakindustrie	2,00	3,12
13-15	Textil-/Bekleidungs-/Lederindustrie	0,99	0,34
16-18	Holz-/Papierindustrie, Druckereien	0,75	1,24
19	Mineralölverarbeitung	0,41	1,40
20	Chemieindustrie	4,06	1,81
21	Pharmaindustrie	10,69	0,91
22	Gummi-/Kunststoffverarbeitung	1,48	0,90
23	Baustoffindustrie	0,93	0,57
24	Metallerzeugung	2,18	1,46
25	Metallbearbeitung	1,23	1,31
26	Elektronik-/Messtechnik-/Optikindustrie	18,50	1,56
27	Elektrotechnische Industrie	3,33	0,82
28	Maschinenbau	5,99	1,91
29	Automobilbau	9,51	2,82
30	Schiff-/Bahn-/Flugzeug-/Zweiradbau	4,81	0,95
31-33	Möbel-/Konsumg.-/Med.tech.-ind., Rep./Inst. v. Anl.	2,56	0,95
35-39	Energie-/Wasserversorgung, Entsorgung	0,50	2,55
41-43	Baugewerbe	0,83	6,15
45-47	Groß-/Einzelhandel, Kfz-Reparatur	2,12	9,87
49-56	Transport, Post, Gastgewerbe	0,31	7,25
58-63	Informations- und Kommunikationsdienstleistungen	14,67	5,48
64-66	Finanz-/Versicherungsdienstleistungen	1,43	6,59
68-75X	Freiberufl./techn./wissensch./Immob.-DL (o. FuE-DL)	1,94	13,55
72	FuE-Dienstleistungen	5,75	0,81
77-82	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	0,19	3,59
84-99	Öffentliche/persönliche/kulturelle Dienstleistungen	0,28	18,82

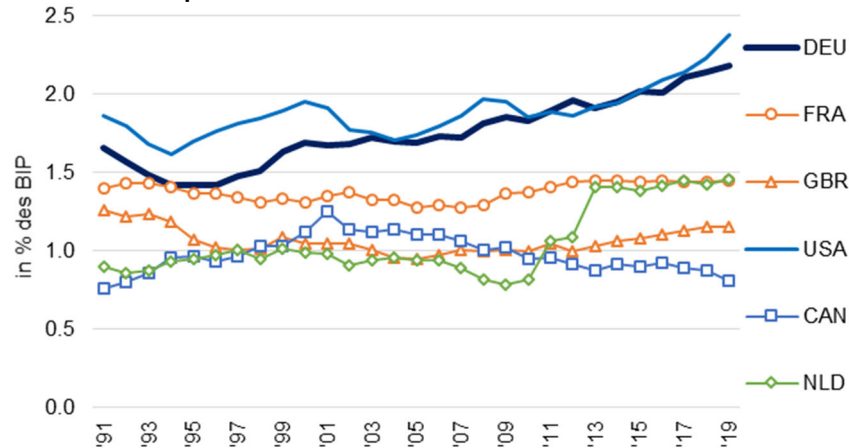
Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

ANBERD und STAN Daten weisen eine unterschiedliche Wirtschaftszweiggliederung auf Basis von ISIC rev. 4 auf. Diese Gliederungen werden so zusammengeführt, dass zum einen eine möglichst große Zahl unterschiedlicher Branchen berücksichtigt werden kann und dass zum anderen zu der gewählten Branchengliederung aus beiden Datenquellen möglichst für alle betrachteten Länder zu allen Indikatoren Informationen vorliegen, sodass nur in sehr geringem Umfang Imputationen notwendig sind. Die gewählte Wirtschaftszweiggliederung ist in Tabelle 7 dargestellt.

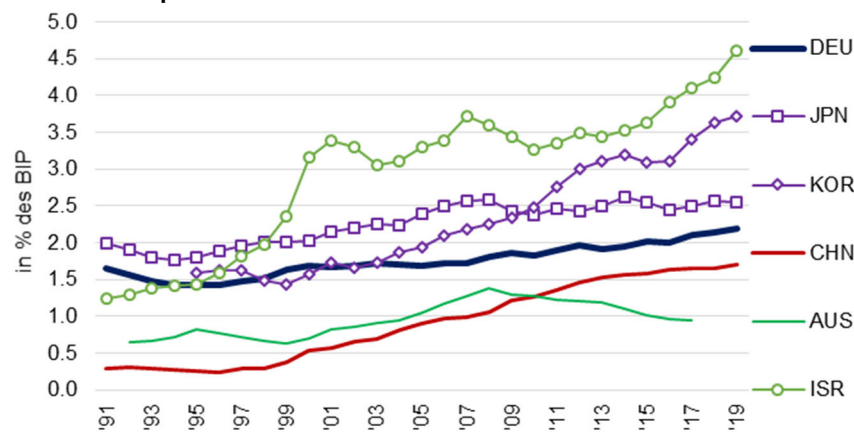
9.2 Zusätzliche Abbildungen

Abbildung 64: Entwicklung der FuE-Intensität im Sektor Wirtschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

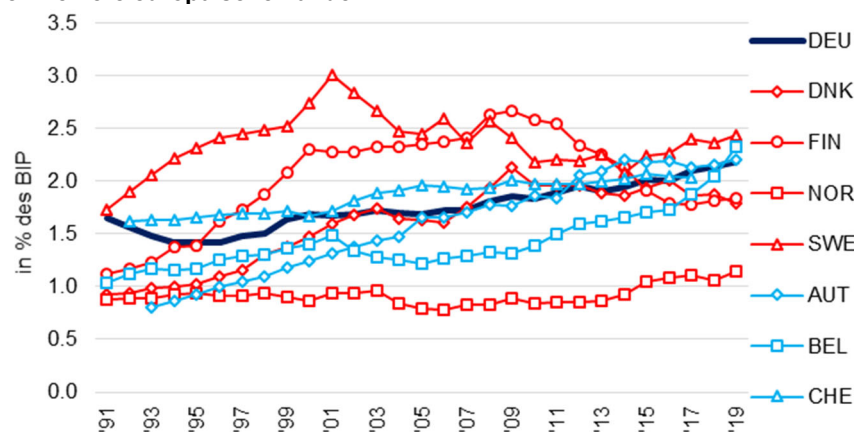
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



c. Kleinere europäische Länder

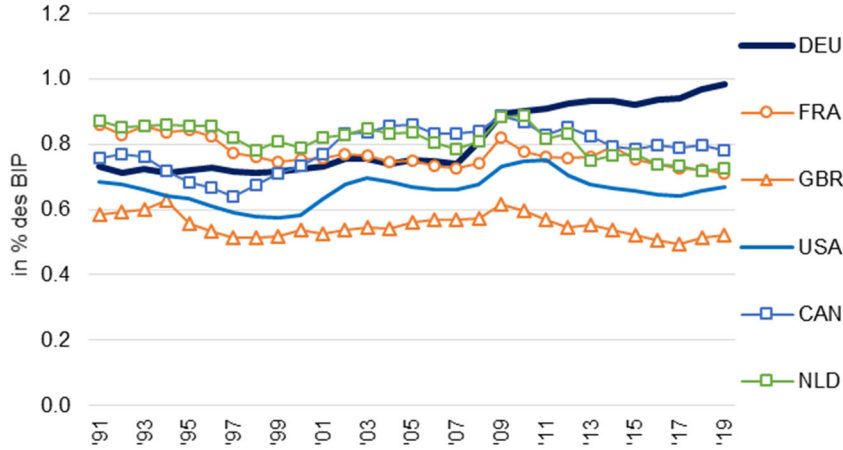


FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

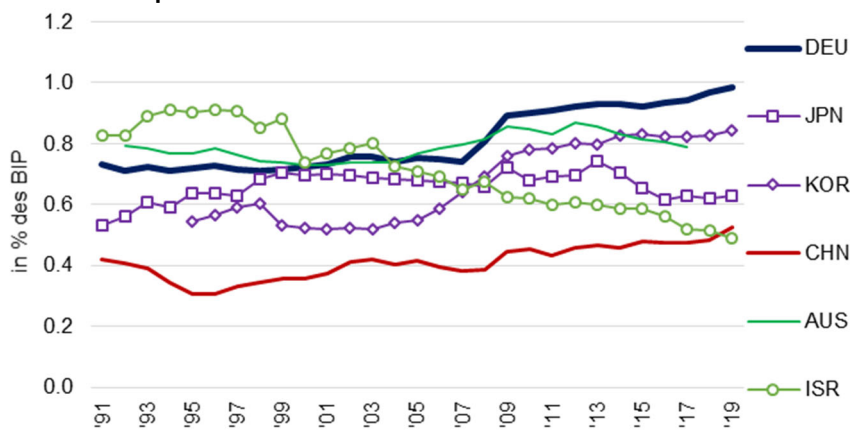
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 65: Entwicklung der FuE-Intensität im Sektor Wissenschaft 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

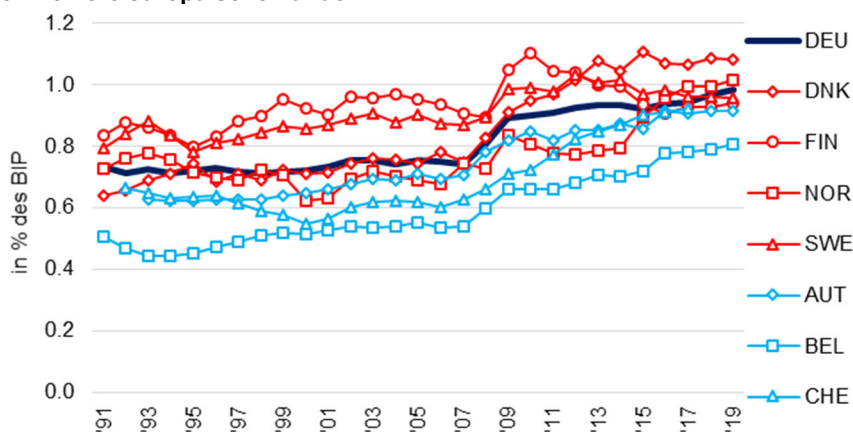
a. Größere europäische und nordamerikanische Länder



b. Asiatische/pazifische Länder



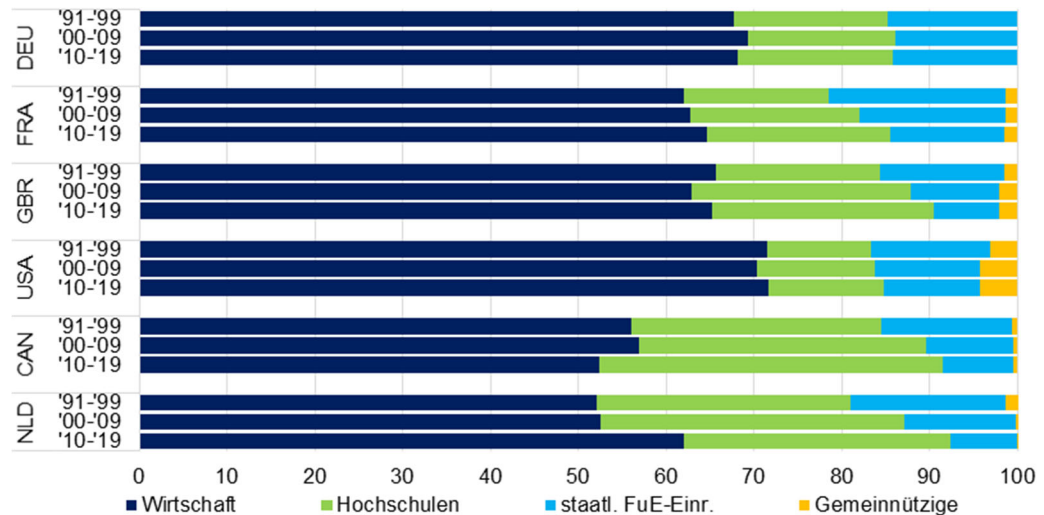
c. Kleinere europäische Länder



FuE-Intensität: FuE-Ausgaben in % des BIP.

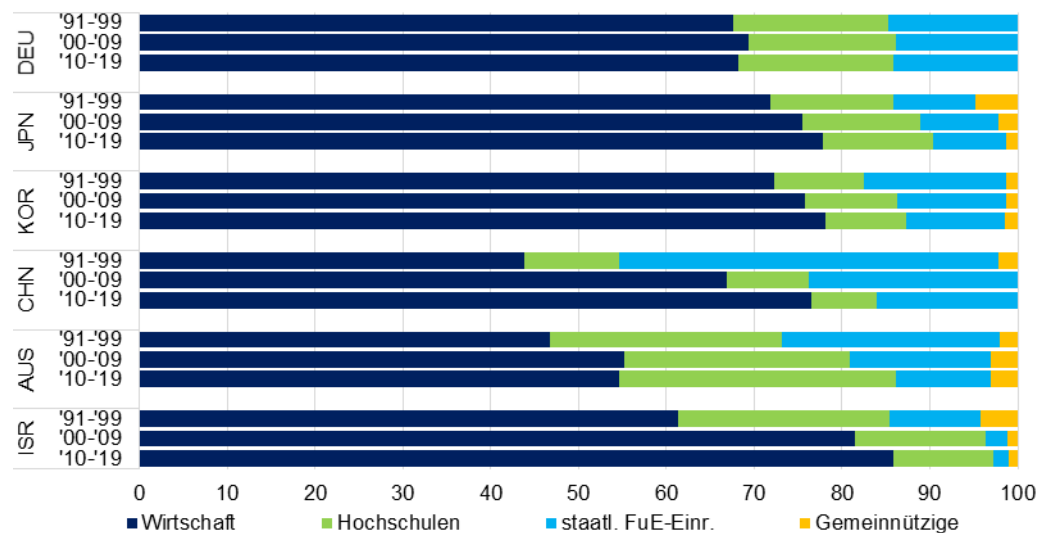
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 66: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren
1991-2019 in Deutschland und den großen
europäischen/nordamerikanischen Vergleichsländern**



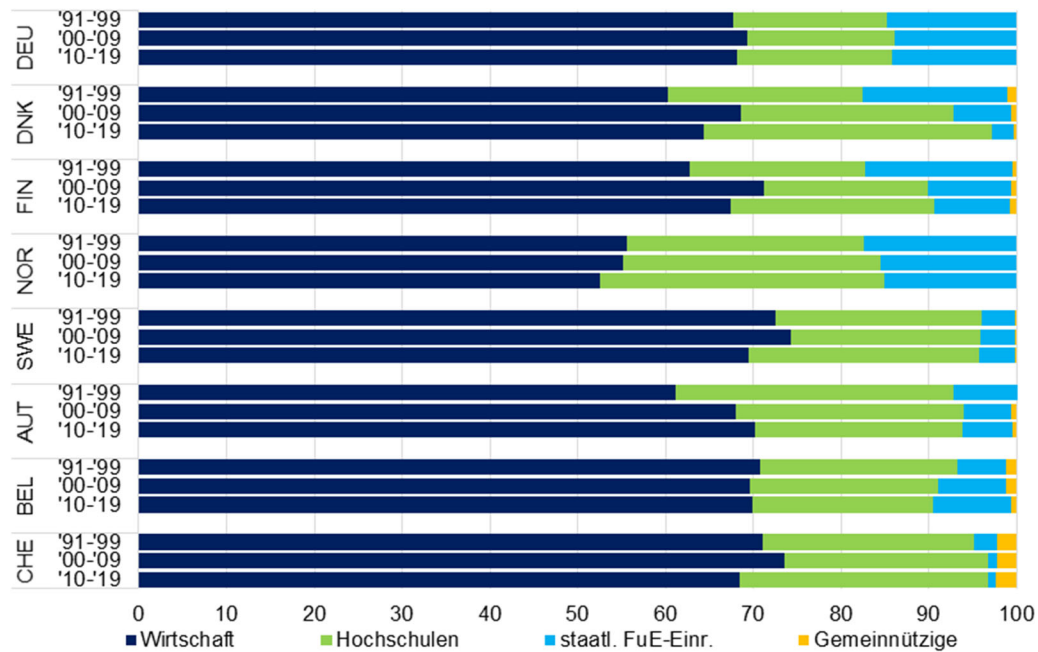
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 67: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren
1991-2019 in Deutschland und den asiatisch-pazifischen
Vergleichsländern**



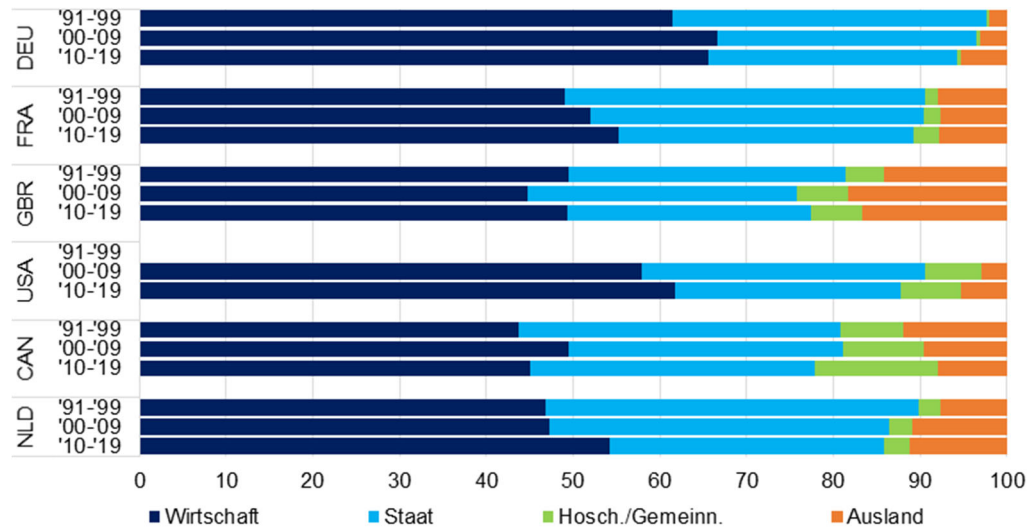
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 68: Verteilung der FuE-Ausgaben nach Durchführungssektoren
1991-2019 in Deutschland und den kleineren europäischen
Vergleichsländern**



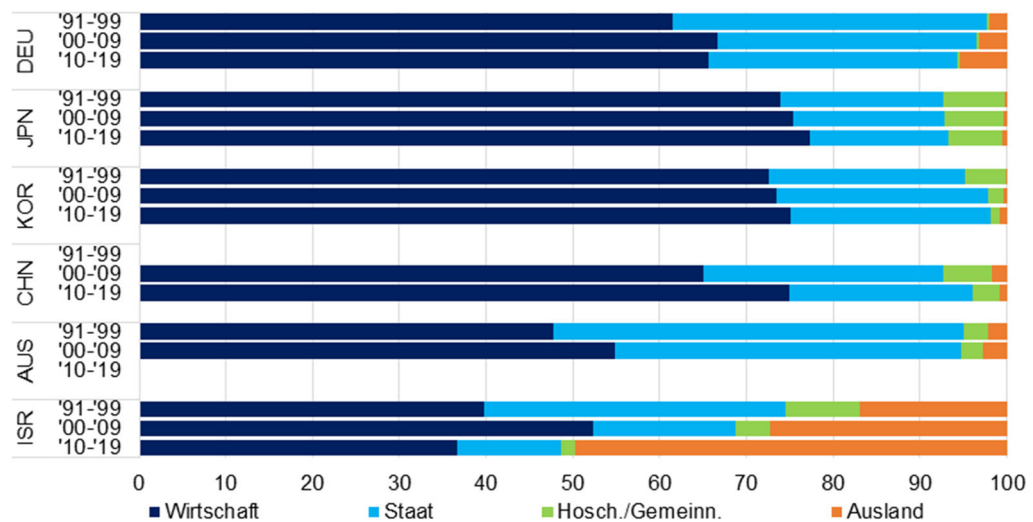
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 69: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den großen europäischen/nordamerikanischen Vergleichsländern



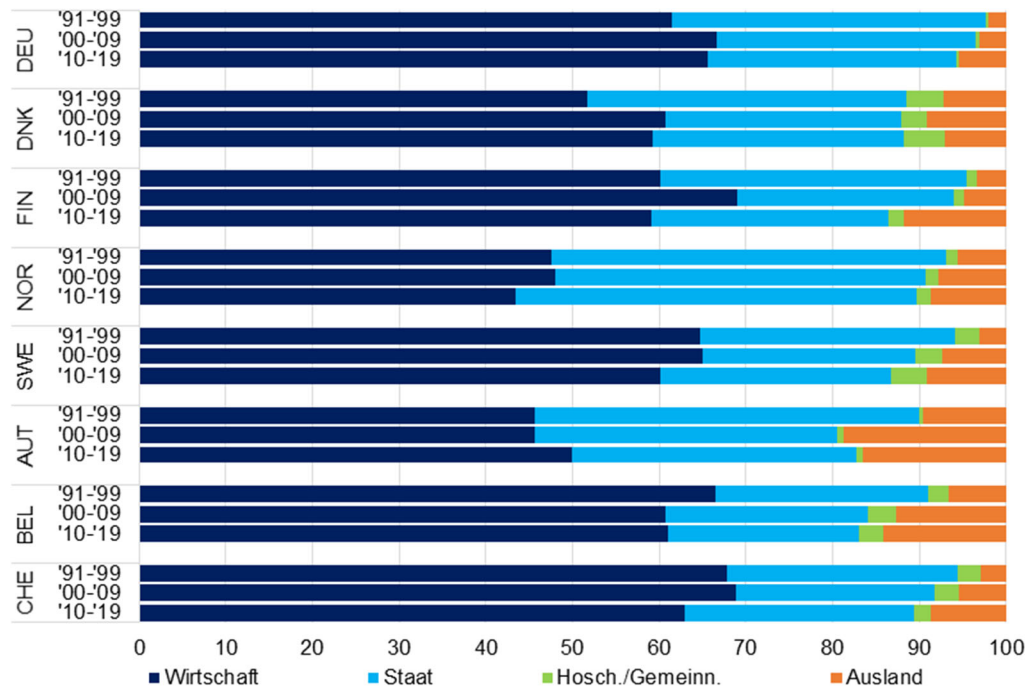
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 70: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den asiatisch-pazifischen Vergleichsländern



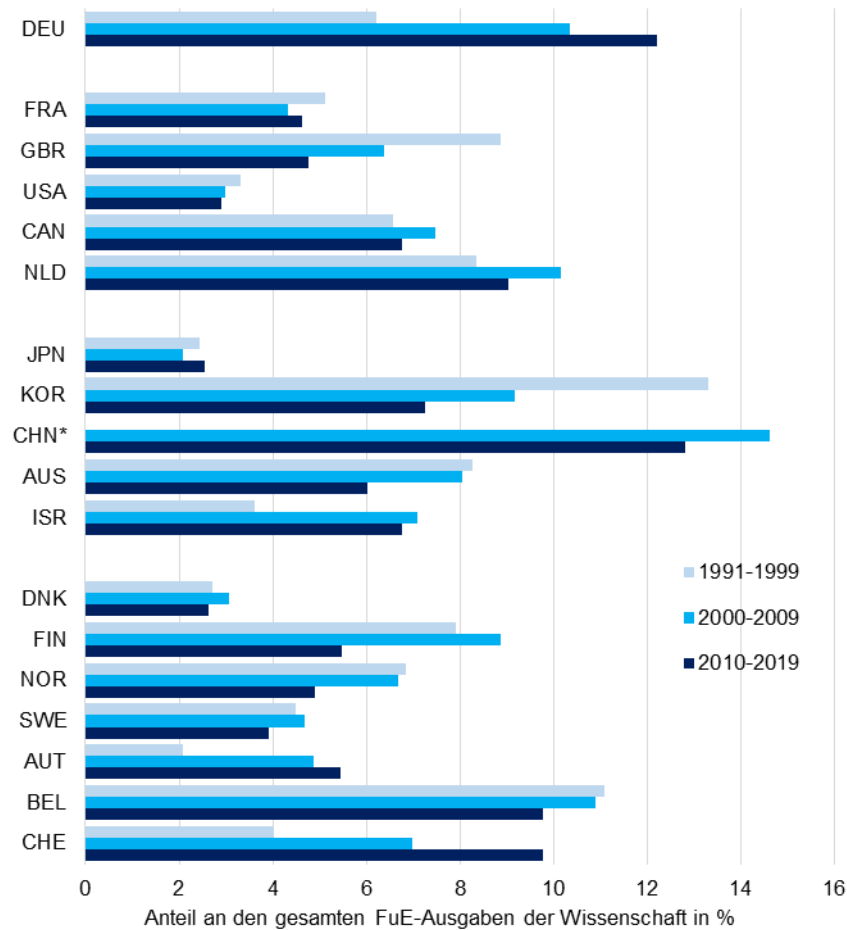
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 71: Finanzierung der gesamtwirtschaftlichen FuE-Ausgaben nach Finanzierungssektoren 1991-2019 in Deutschland und den kleineren europäischen Vergleichsländern



Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

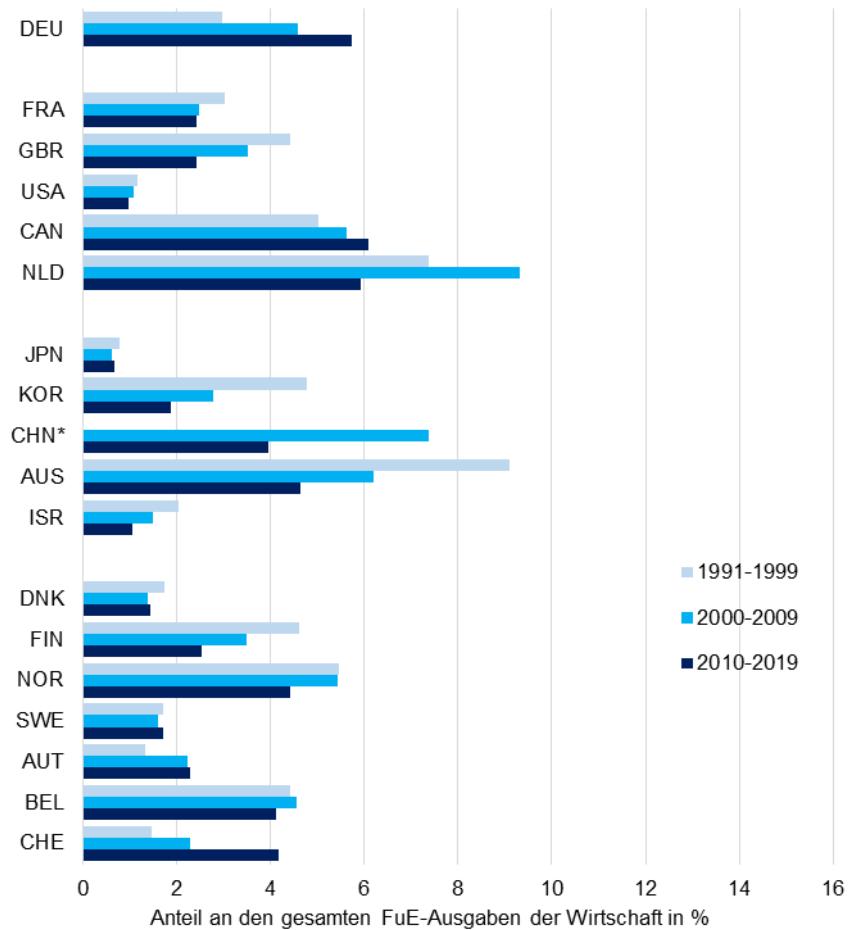
Abbildung 72: Anteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft, die von der Wirtschaft finanziert wurden, 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



* keine Angabe für 1991-1999.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

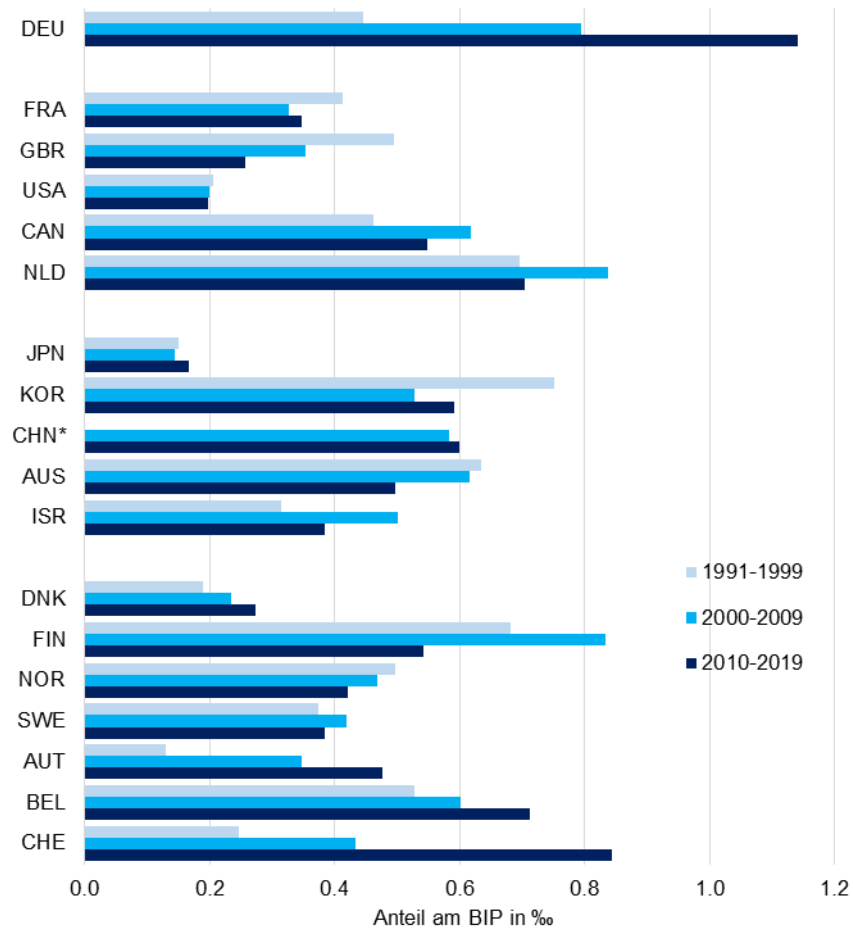
**Abbildung 73: Wirtschafts-Finanzierung von FuE in der Wissenschaft in
Relation zu den internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft 1991-
2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern**



* keine Angabe für 1991-1999.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

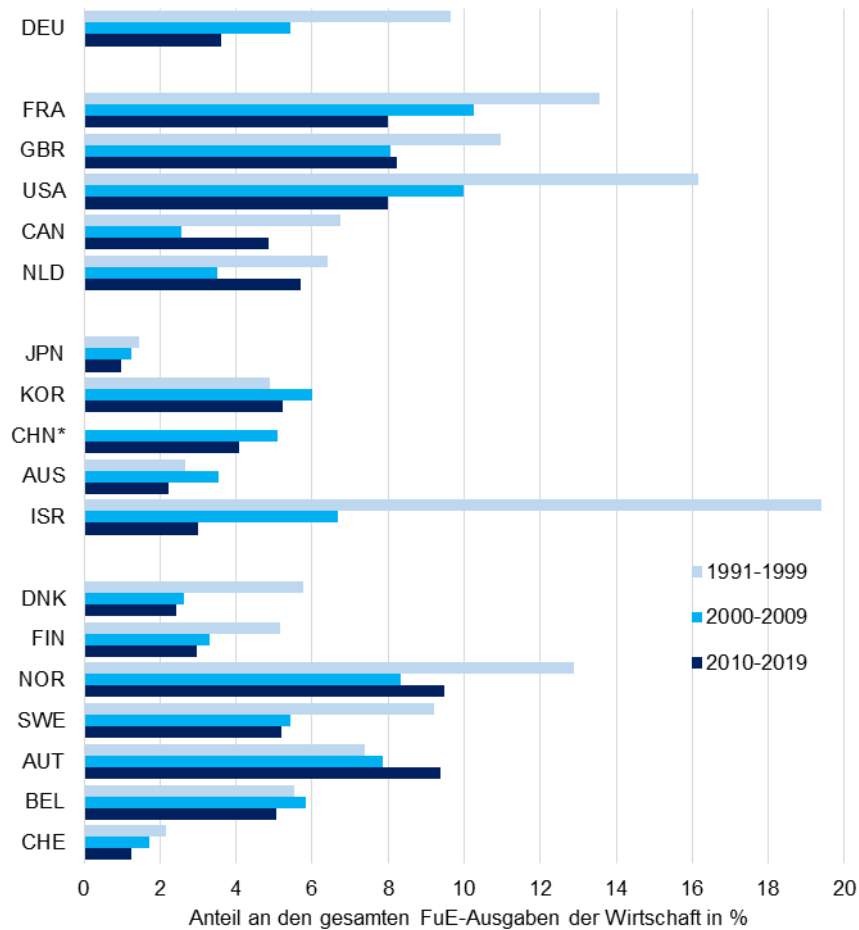
**Abbildung 74: Wirtschafts-Finanzierung von FuE in der Wissenschaft in
Relation zum BIP 1991-2019 in Deutschland und den
einzelnen Vergleichsländern**



* keine Angabe für 1991-1999.

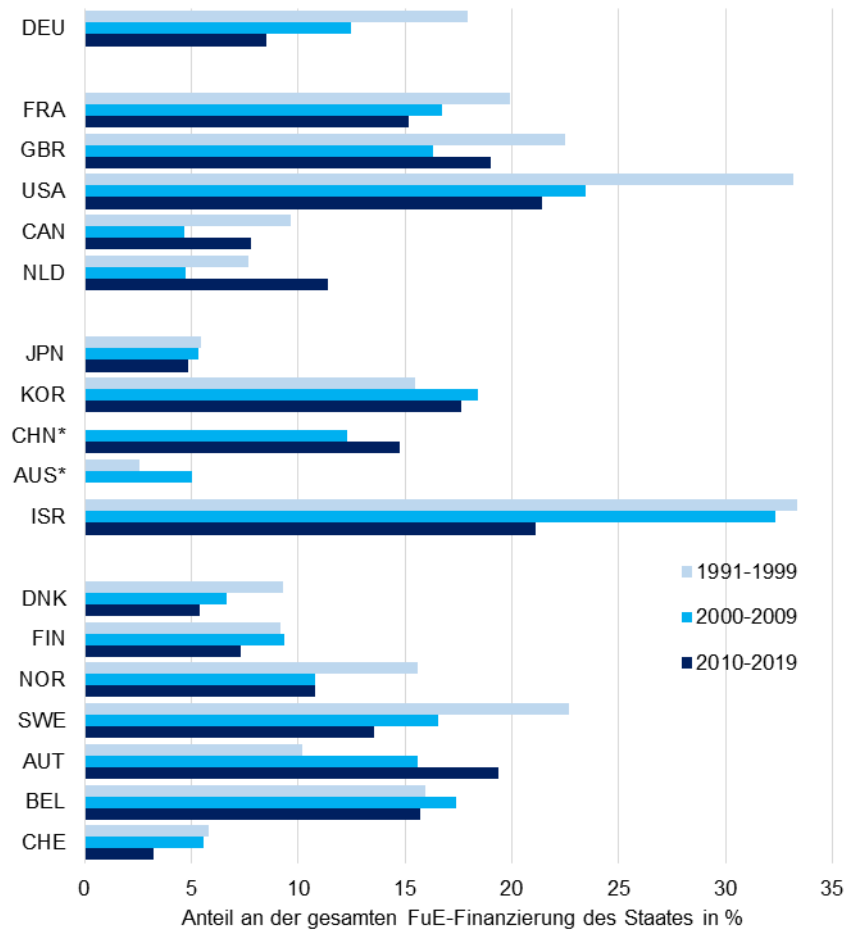
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 75: Anteil der FuE-Ausgaben der Wirtschaft, die vom Staat finanziert wurden, 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



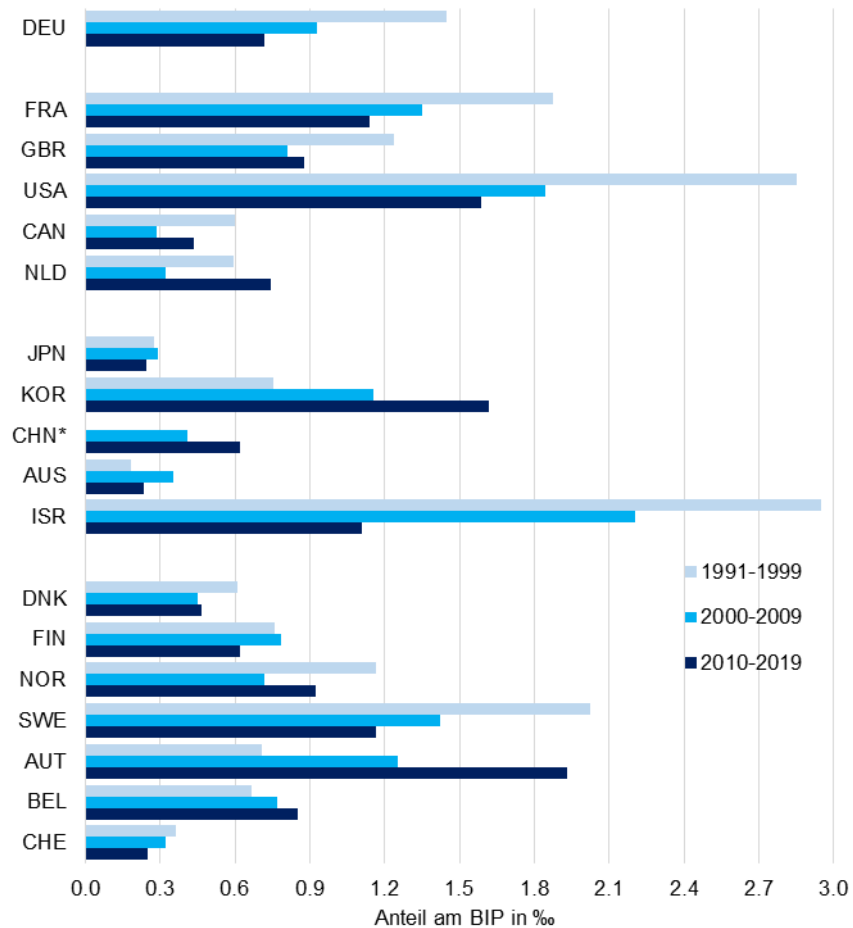
Ohne indirekte Formen der FuE-Finanzierung wie steuerliche Maßnahmen.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 76: Staatliche Finanzierung von FuE in der Wirtschaft in Relation zur gesamten FuE-Finanzierung des Staates 1991-2019 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



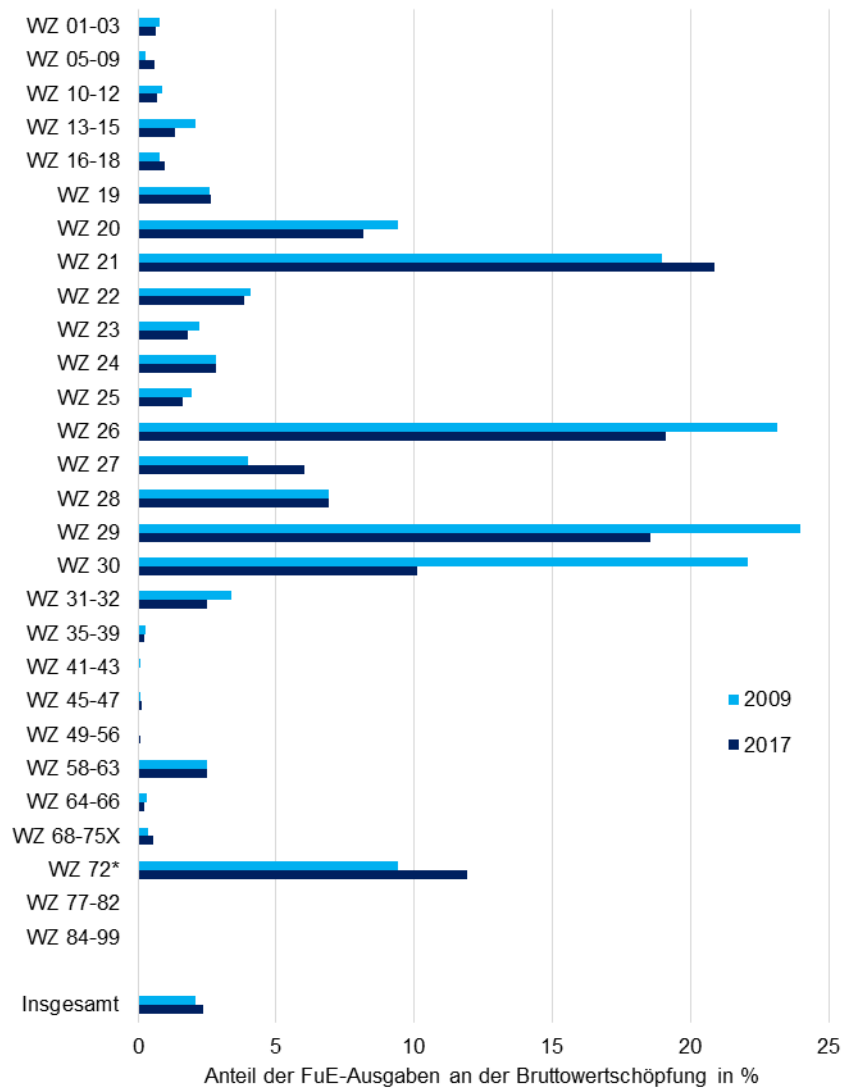
Ohne indirekte Formen der FuE-Finanzierung wie steuerliche Maßnahmen.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 77: Umfang der staatlichen Finanzierung von FuE in der
Wirtschaft in Relation zum BIP 1991-2019 in Deutschland und
den einzelnen Vergleichsländern**



Ohne indirekte Formen der FuE-Finanzierung wie steuerliche Maßnahmen.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 78: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland 2009 und 2017 (Basis: Bruttowertschöpfung)



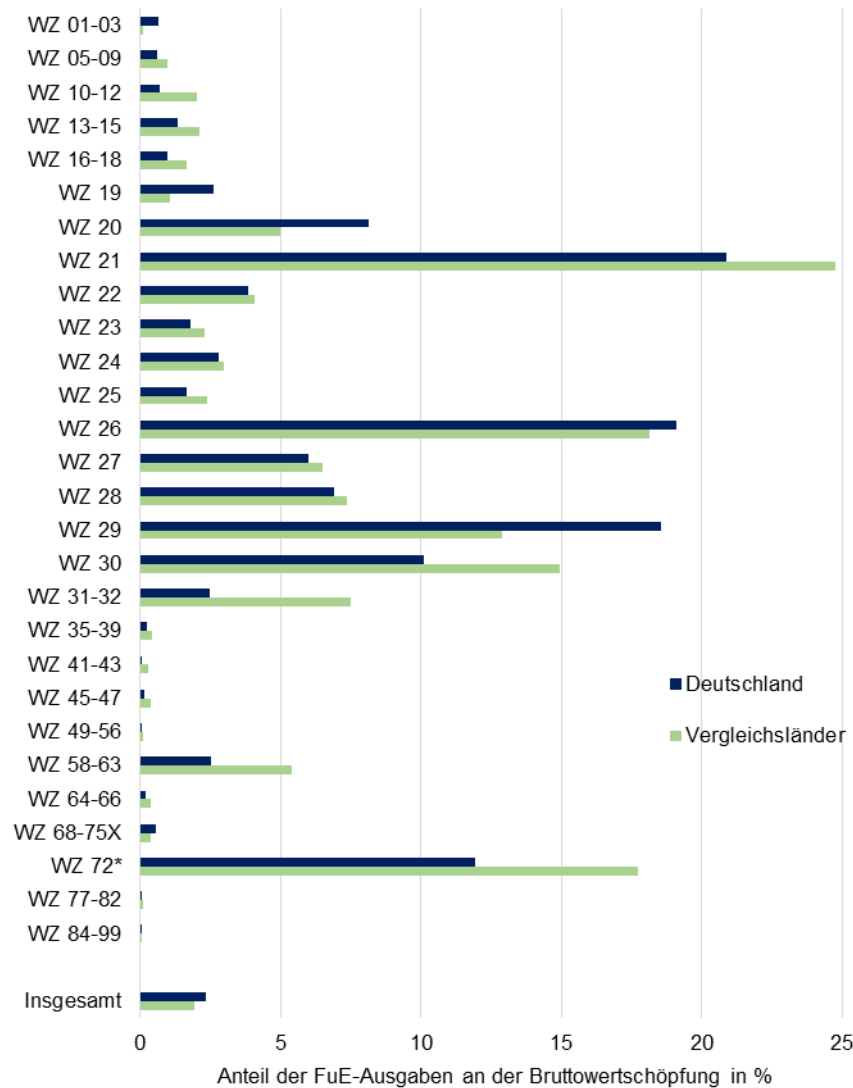
FuE-Intensität: interne FuE-Ausgaben in % der Bruttowertschöpfung.

68-75X: WZ 68 bis 75 ohne WZ 72

* FuE-Intensität in WZ 72 unterschätzt, da in der Bruttowertschöpfung auch die staatlichen Forschungseinrichtungen enthalten sind, deren FuE-Ausgaben hier jedoch nicht berücksichtigt sind.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

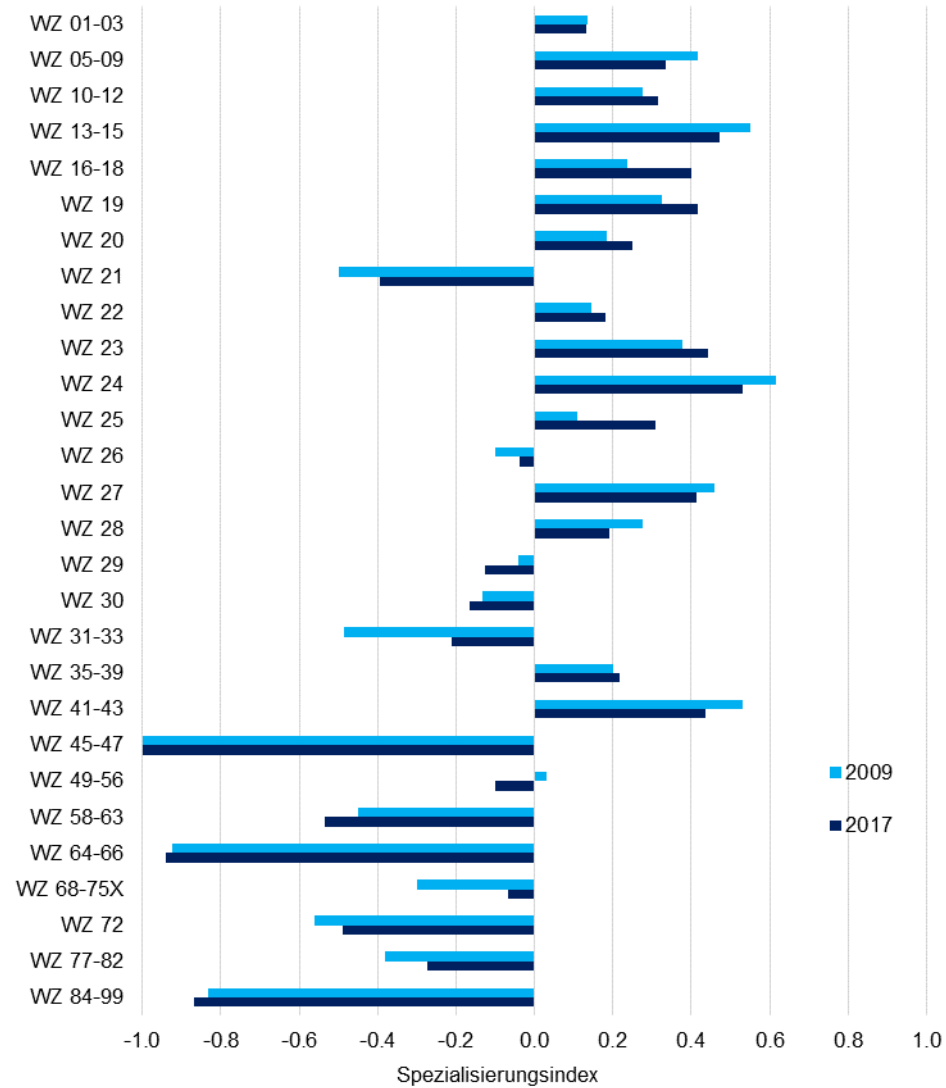
Abbildung 79: FuE-Intensität nach Wirtschaftszweigen in Deutschland und den Vergleichsländern 2017 (Basis: Bruttowertschöpfung)



FuE-Intensität: interne FuE-Ausgaben in % der Bruttowertschöpfung.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

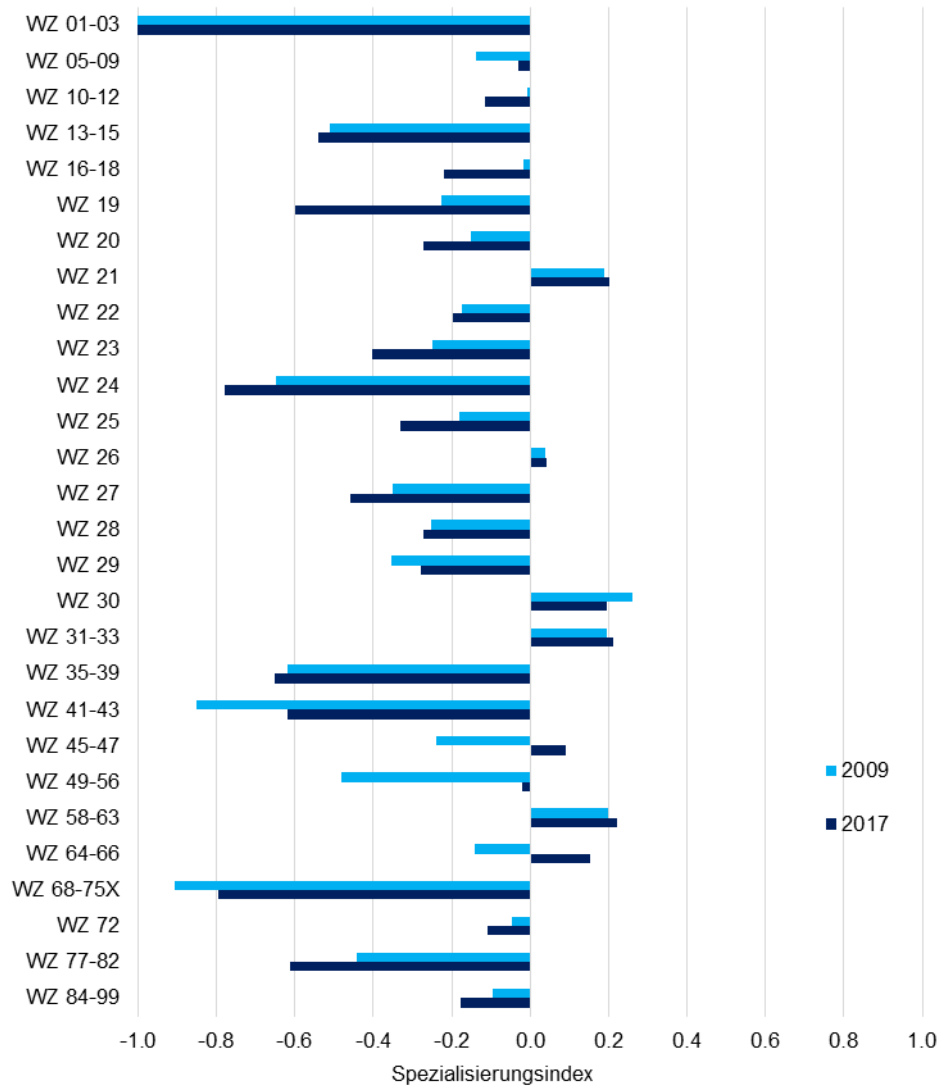
Abbildung 80: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in China 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

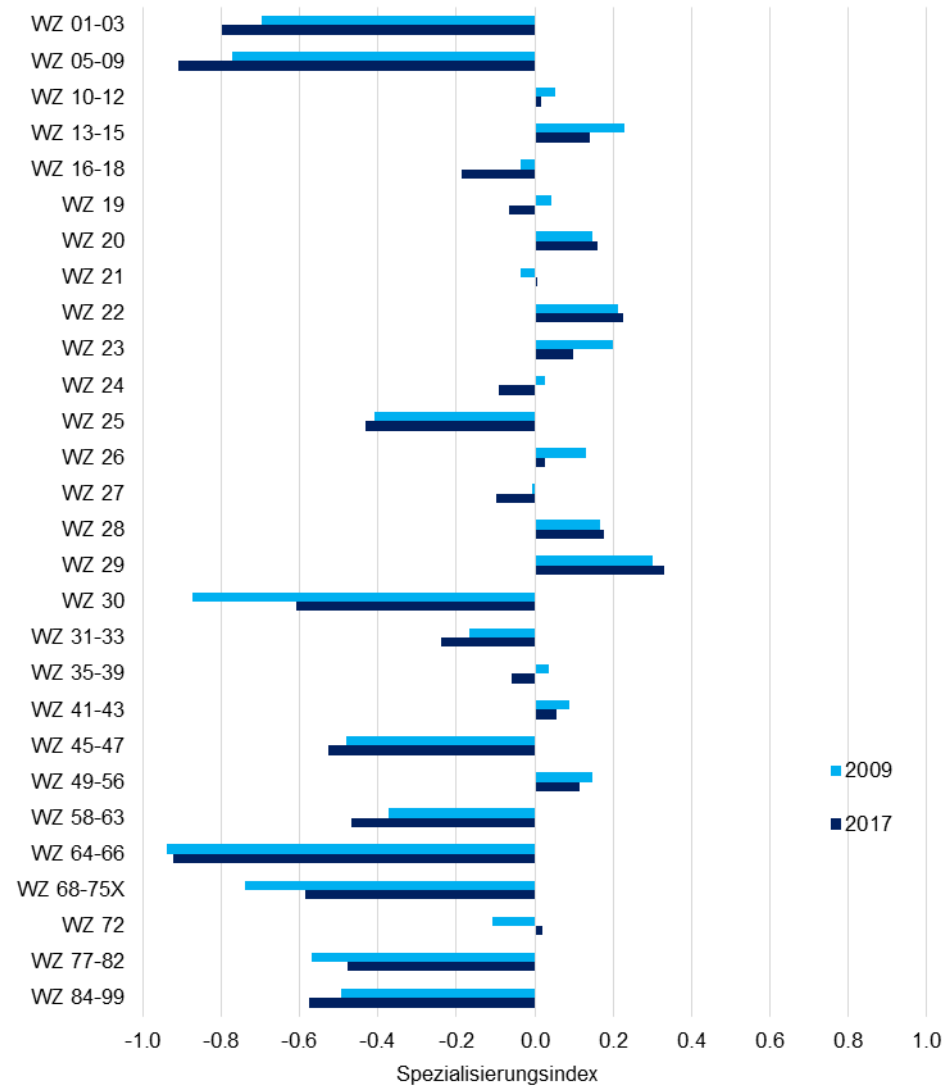
Abbildung 81: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in den USA 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

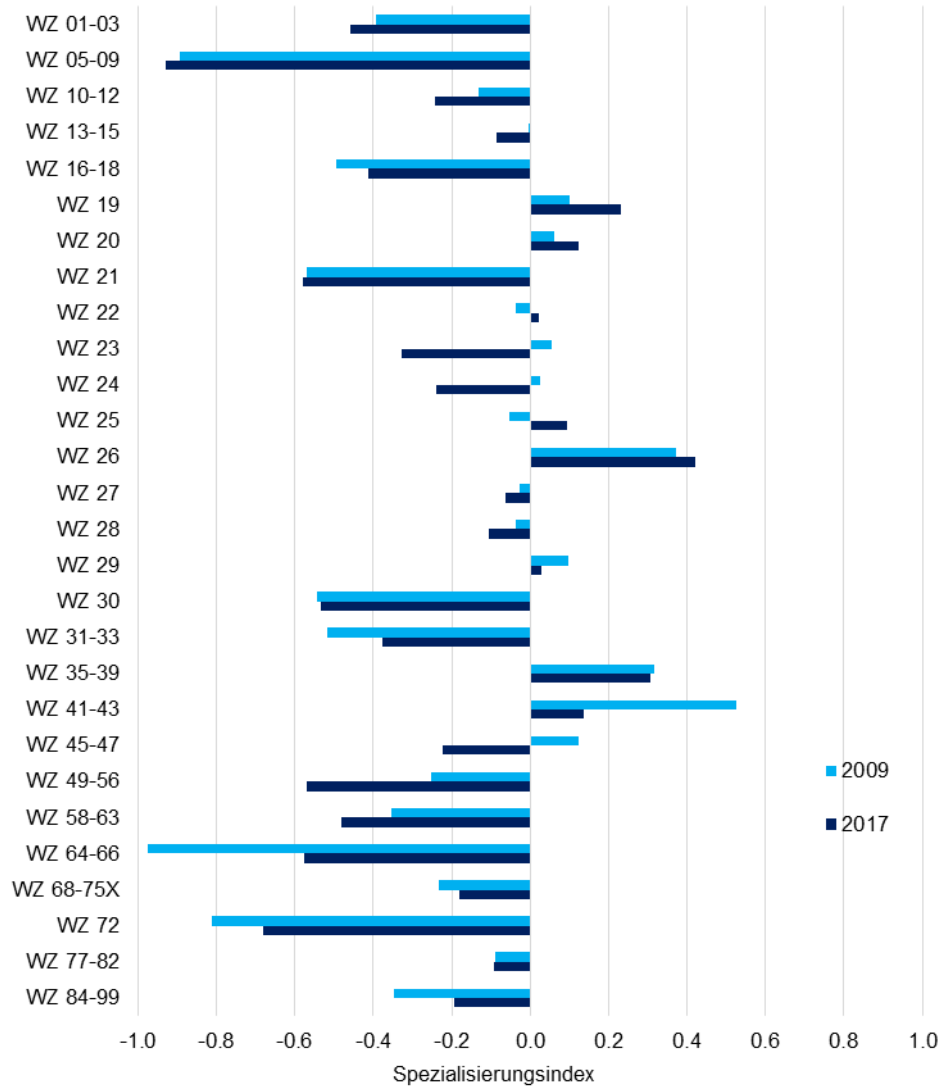
Abbildung 82: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Japan 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

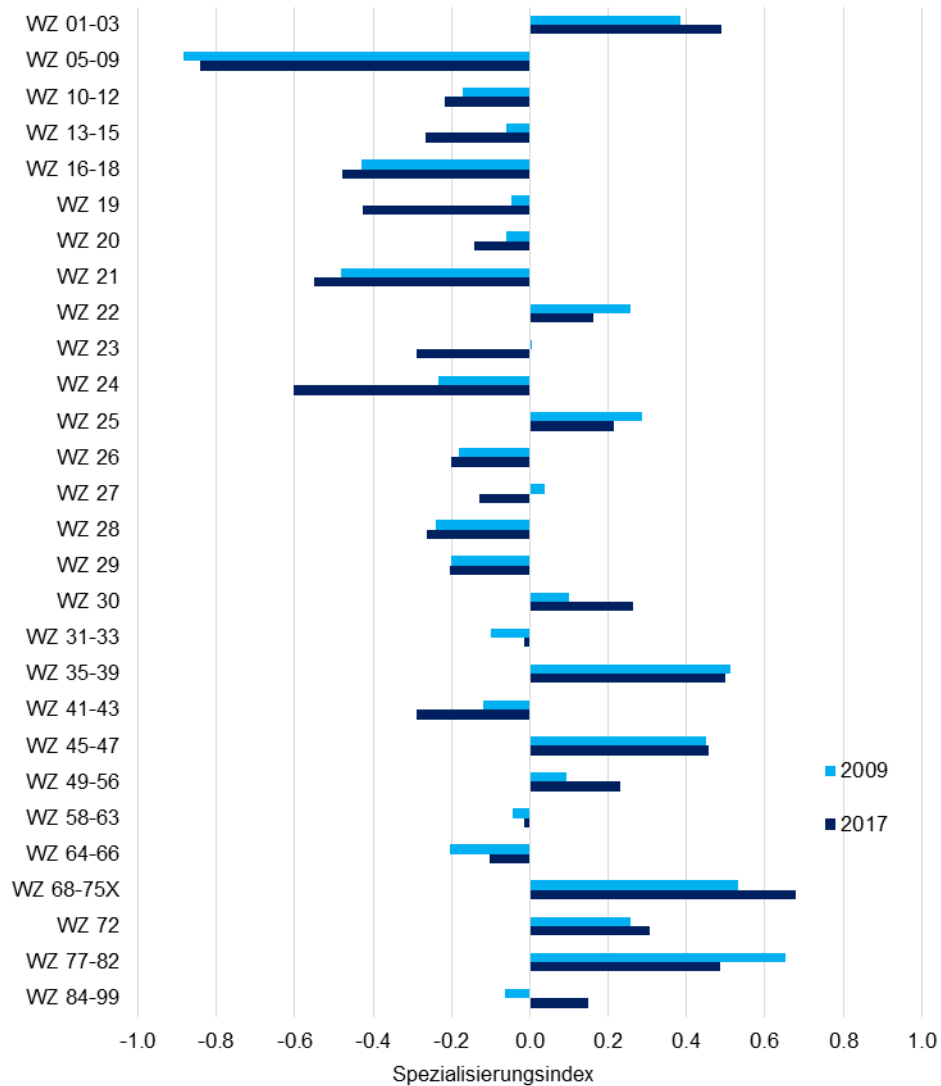
Abbildung 83: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Südkorea 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

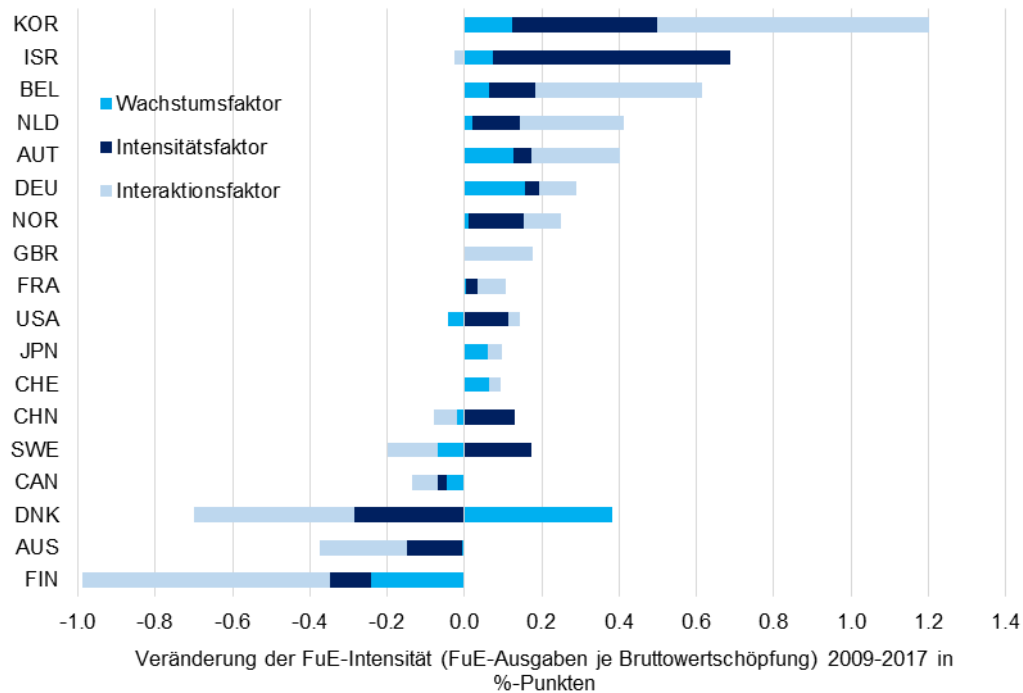
Abbildung 84: Sektorale Spezialisierung der FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Frankreich 2009 und 2017



Spezialisierungsindex: Anteil eines Wirtschaftszweigs an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft in Relation zum entsprechenden Anteilswert für die Gesamtheit der Vergleichsländer (inkl. Deutschlands); aus Darstellungsgründen ist der Tangens hyperbolicus des Logarithmus dieser Relation abgetragen.

Quelle: OECD - ANBERD. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 85: Faktoren der Veränderung der FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) der Wirtschaft 2009-2017 in den betrachteten Ländern

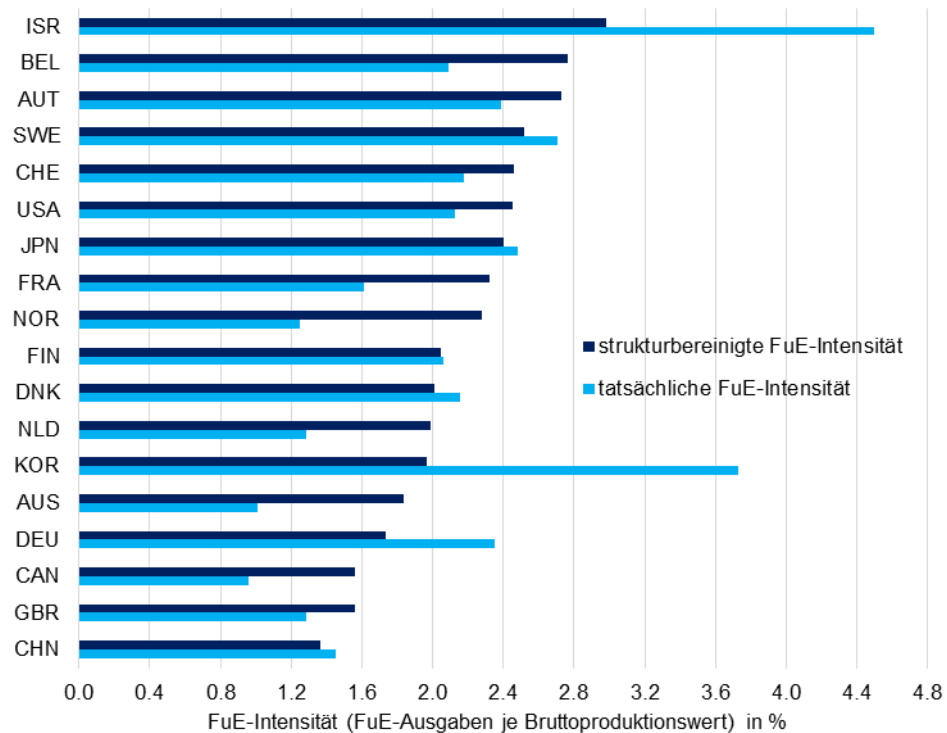


Reihenfolge der Länder entsprechend der Veränderung der FuE-Intensität 2009-2017.

FuE-Ausgaben und Bruttowertschöpfung auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

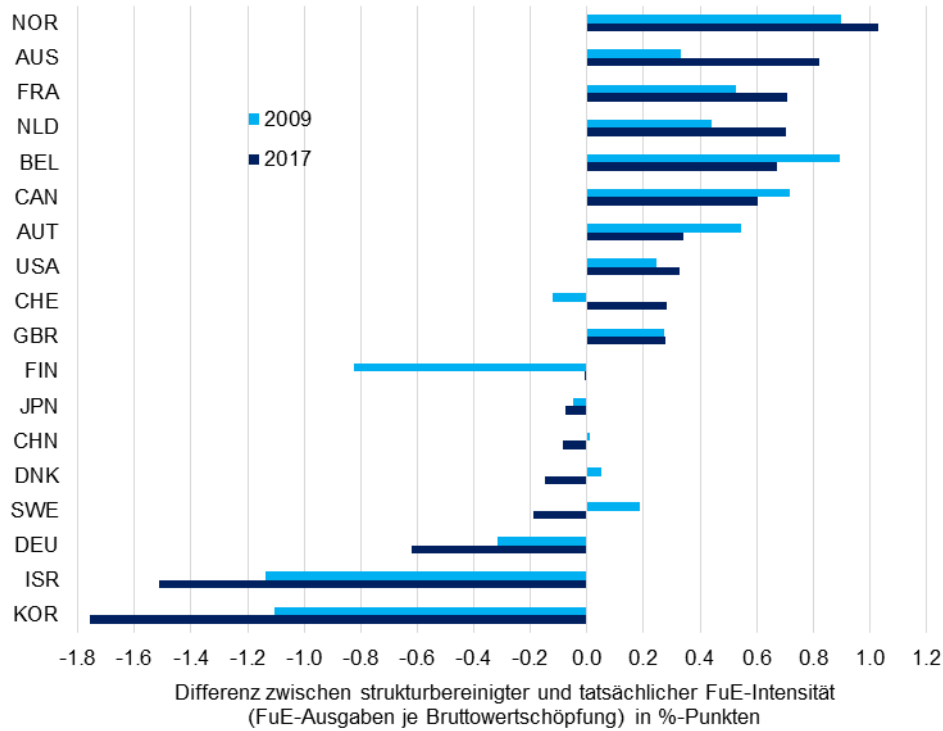
Abbildung 86: Strukturbereinigte und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttowertschöpfung auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

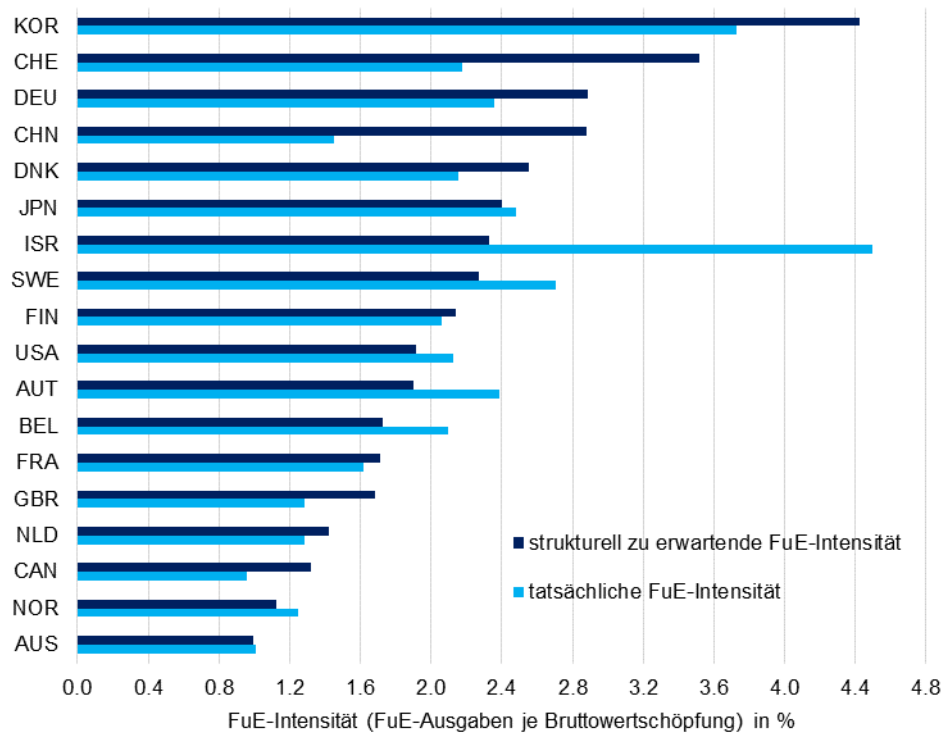
Abbildung 87: Differenz zwischen strukturbereinigter und tatsächlicher FuE-Intensität (auf Basis Bruttoproduktionswert) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern



FuE-Ausgaben und Bruttowertschöpfung auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 88: Strukturell zu erwartende und tatsächliche FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

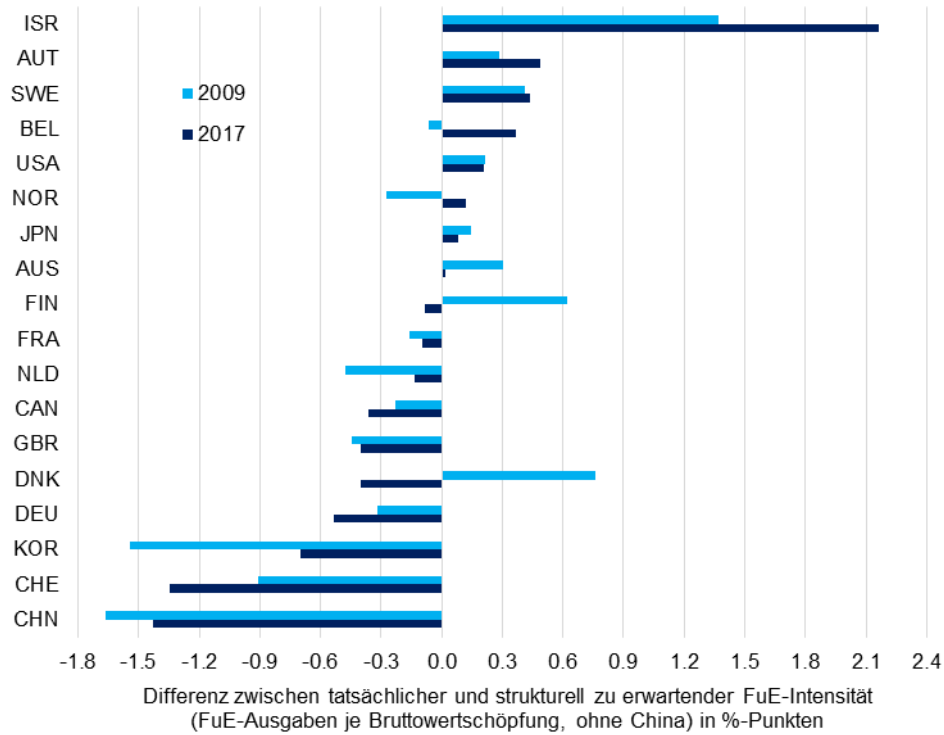


FuE-Ausgaben und Bruttowertschöpfung auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Strukturell zu erwartende FuE-Intensität über den gewichteten Durchschnitt der betrachteten Länder ohne China berechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 89: Differenz zwischen tatsächlicher und strukturell zu erwartender FuE-Intensität (auf Basis Bruttowertschöpfung) 2009 und 2017 in Deutschland und den einzelnen Vergleichsländern

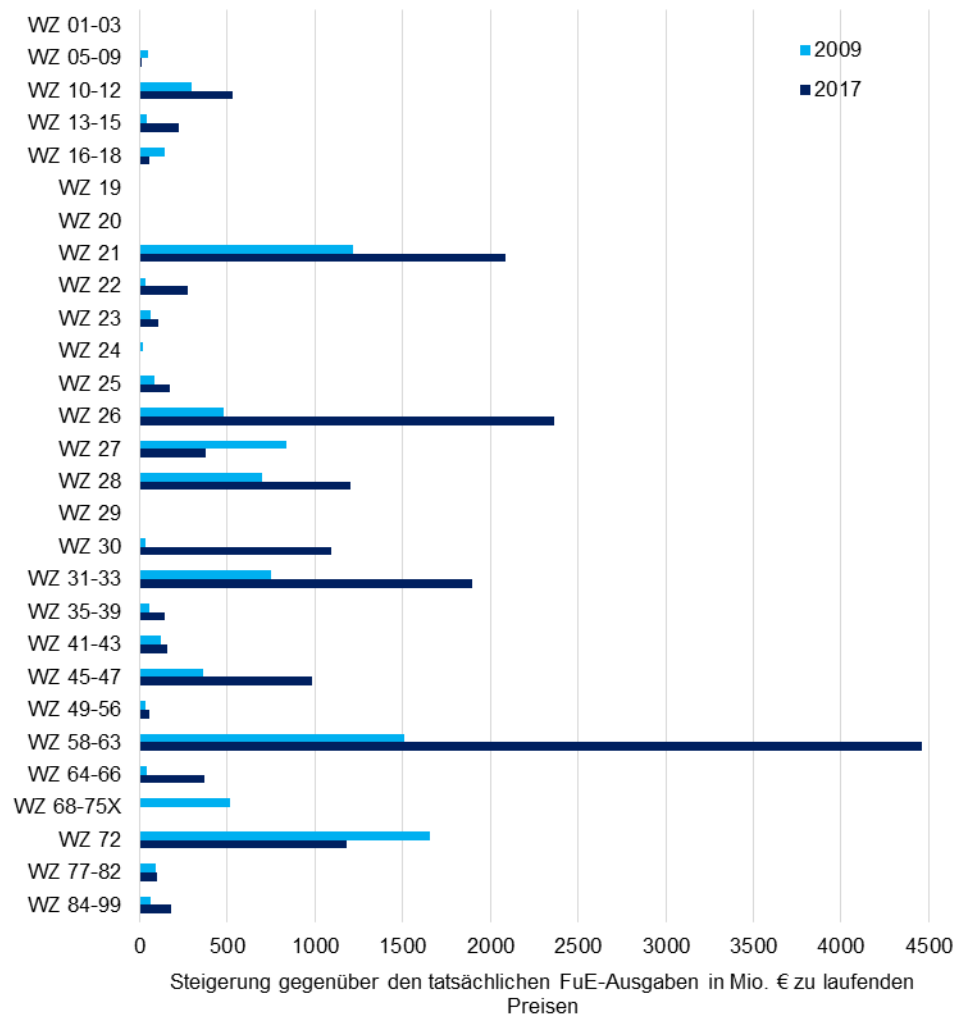


FuE-Ausgaben und Bruttowertschöpfung auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Strukturell zu erwartende FuE-Intensität über den gewichteten Durchschnitt der betrachteten Länder ohne China berechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

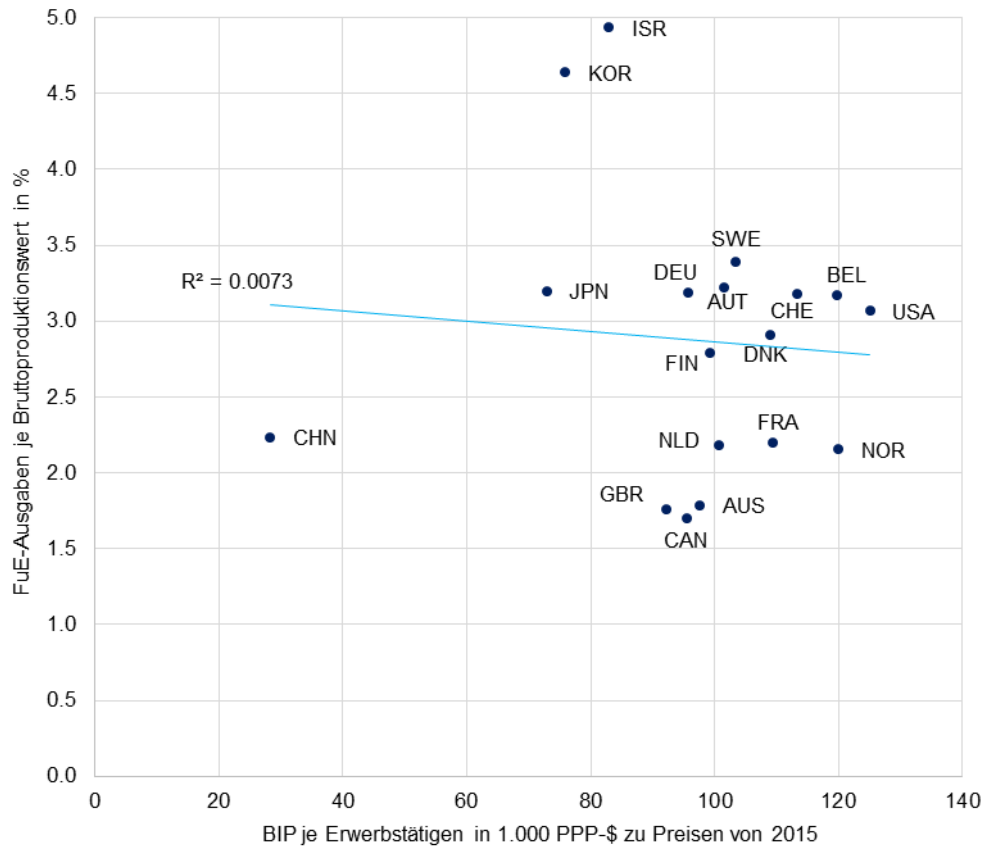
Abbildung 90: Potenzial zur Erhöhung der FuE-Ausgaben der deutschen Wirtschaft 2009 und 2017 nach Wirtschaftszweigen bei Erhöhung der FuE-Intensität auf die durchschnittliche FuE-Intensität in der Vergleichsgruppe (Basis Bruttowertschöpfung)



FuE-Ausgaben und Bruttoproduktionswert auf Basis des BIP-Deflators deflationiert. Angaben in nationaler Währung wurden über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - ANBERD, STAN. Berechnungen des ZEW.

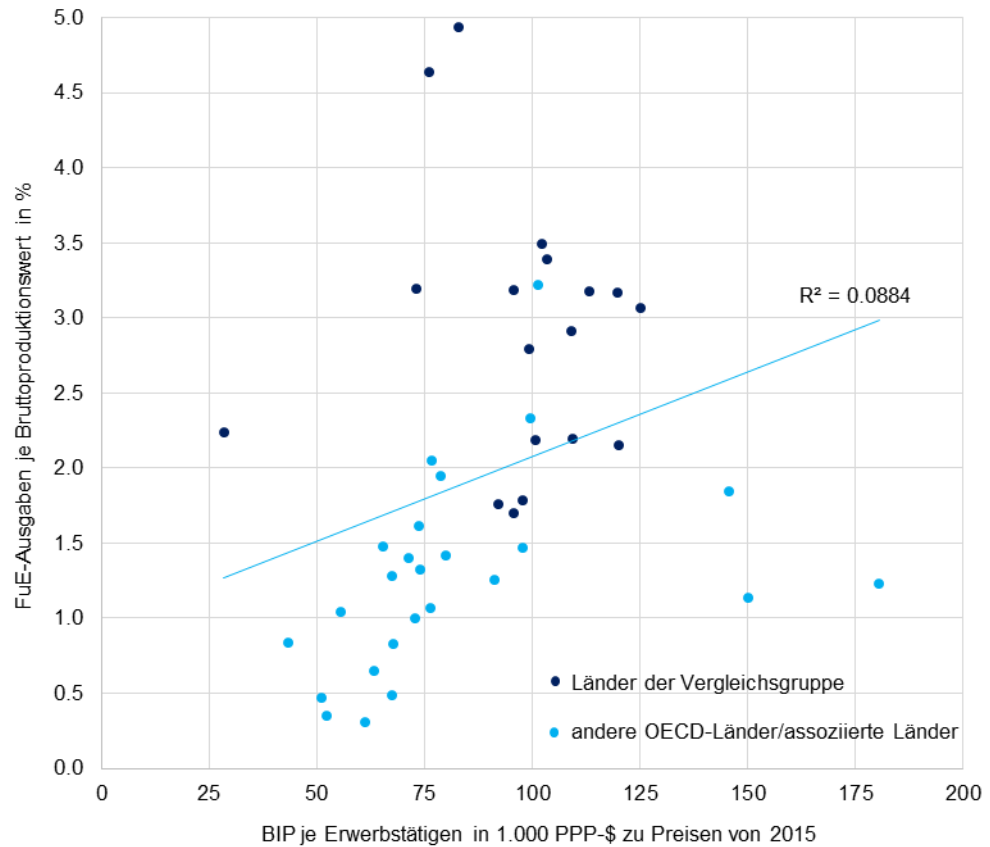
**Abbildung 91: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(auf Basis Kaufkraftparitäten) 2019 in der Gruppe der
Vergleichsländer**



BIP über Kaufkraftparitäten (PPP) in US-\$ umgerechnet.

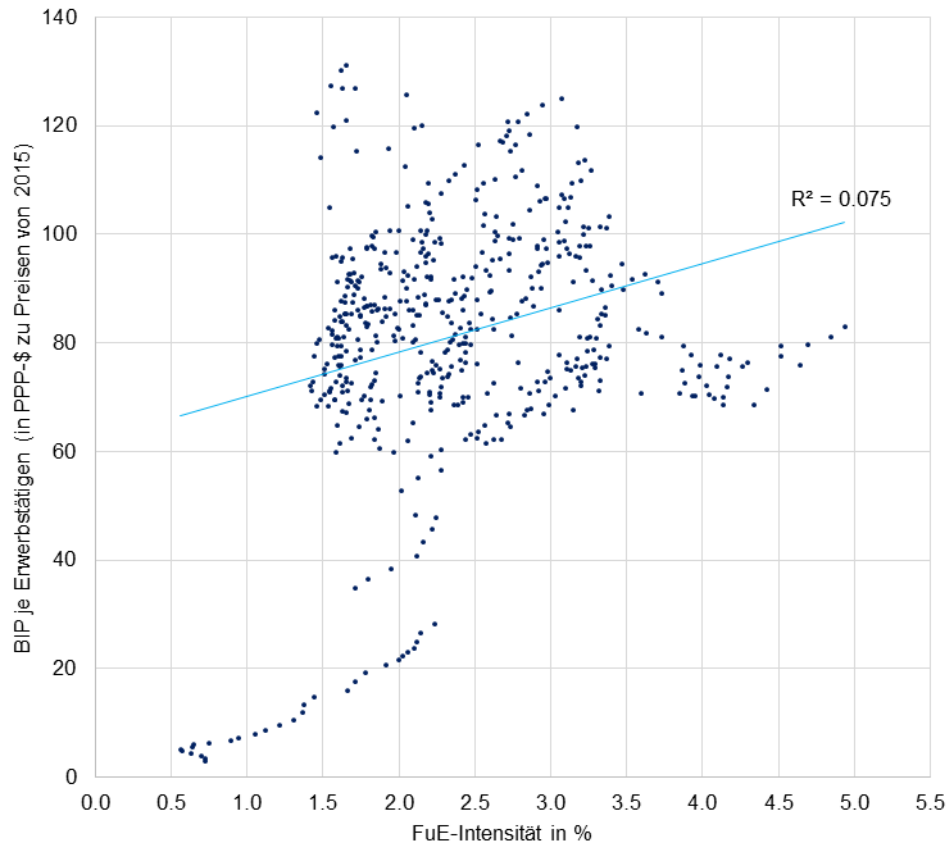
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 92: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(auf Basis Kaufkraftparitäten) 2019 in allen OECD-Ländern und
ausgewählten assoziierten Ländern**



BIP über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

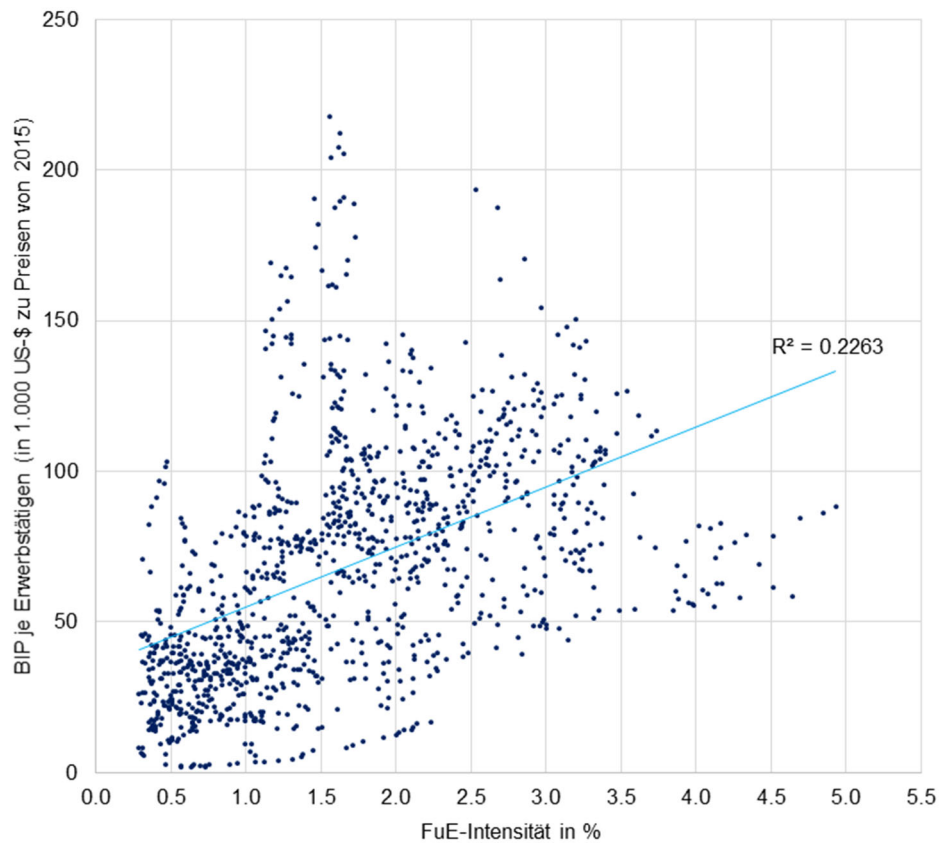
**Abbildung 93: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(Basis Kaufkraftparitäten) 1991-2019 in der Gruppe der
Vergleichsländer**



BIP über Kaufkraftparitäten in US-\$ umgerechnet.

Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.

**Abbildung 94: Zusammenhang zwischen FuE-Intensität und Produktivität
(Basis Wechselkurse) 1991-2019 in allen OECD-Ländern und
ausgewählten assoziierten Ländern**



BIP über den Wechselkurs in US-\$ umgerechnet.
Quelle: OECD - MSTI. Berechnungen des ZEW.