iW.CONSULT. LÖSUNGEN FÜR DIE WIRTSCHAFT.

Internationale Wissensnetze

Studie im Auftrag
der Hans-Böckler-Stiftung

Köln 2016

Impressum

IW Consult GmbH
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50668 Köln

Kontakt

Tel: 0221 4981-758
www.iwconsult.de
www.iwkoeln.de

Autoren

Thorsten Lang, Cornelius Bähr, Manuel Fritsch

Inhaltsverzeichnis

1	**Summary**	**8**
2	**Einleitung**	**18**
3	**Untersuchungsansatz**	**21**
3.1	Internationaler Leistungsaustausch	21
3.2	Internationale FuE-Ausgaben	22
3.3	Leistungsaustausch und FuE-Intensität	23
3.4	Patente im Leistungsaustausch	24
3.5	Vernetzung über Patente	25
4	**Technologiegeber und Technologienehmer im Leistungsaustausch**	**28**
4.1	Gesamtverflechtungen der Länder	28
4.2	Gesamtverflechtungen der Branchen	37
4.3	Verflechtungen nach Einzelbranchen	45
5	**Leistungsaustausch und Patente**	**83**
5.1	Patentverflechtungen im Maschinenbau	83
5.2	Patentverflechtungen im Automobilbau	85
5.3	Patentverflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei	88
5.4	Patentverflechtungen der Hersteller von Metallerzeugnissen	90
5.5	Patentverflechtungen in der Elektrotechnik	93
6	**Leistungsaustausch und Wissensnetze unterscheiden sich**	**97**
7	**Wissensnetzwerke**	**99**
7.1	Internationale Wissensnetzwerke	99
7.2	Interdisziplinäre Wissensnetzwerke	135
7.3	Schlüsseltechnologien der Digitalisierung	140
8	**Wie können die FuE-Netzwerke in Deutschland gestärkt werden?**	**142**
9	**Literatur**	**146**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Grundschema der Produktionsverflechtung ... 22
Abbildung 3-2: Ermittlung der Technologiegeber und -nehmer ... 24
Abbildung 4-1: FuE-Ausgaben nach Beschäftigtengrößenklassen ... 31
Abbildung 4-2: FuE-Austausch Deutschlands mit verschiedenen Ländern ... 35
Abbildung 4-3: Innovationszusammenarbeit mit Partnern aus unterschiedlichen Regionen ... 36
Abbildung 4-4: Saldo der FuE-Ausgaben nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs innerhalb Deutschlands ... 42
Abbildung 4-5: Saldo der FuE-Ausgaben deutscher Branchen nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs mit dem Ausland ... 43
Abbildung 4-6: FuE-Quote in deutschen Branchen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 44
Abbildung 4-7: Leistungsaustausch im deutschen Maschinenbau ... 47
Abbildung 4-8: FuE-Quoten vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zum deutschen Maschinenbau ... 50
Abbildung 4-9: FuE-Saldo im deutschen Maschinenbau durch den Leistungsaustausch ... 51
Abbildung 4-10: Herkunft der im Leistungsaustausch des Maschinenbaus enthaltenen FuE-Ausgaben ... 52
Abbildung 4-11: Leistungsaustausch im deutschen Automobilbau ... 55
Abbildung 4-12: FuE-Quoten der Automobilindustrie vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich mit der deutschen Automobilindustrie ... 58
Abbildung 4-13: FuE-Saldo in der deutschen Automobilindustrie durch den Leistungsaustausch ... 59
Abbildung 4-14: Herkunft der in den Vorleistungen des Automobilbaus enthaltenen FuE-Ausgaben ... 60
Abbildung 4-15: Leistungsaustausch der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei in Deutschland ... 63
Abbildung 4-16: FuE-Quoten des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zur deutschen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ... 66
Abbildung 4-17: FuE-Saldo der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch ... 67
Abbildung 4-18: Herkunft der in den Vorleistungen des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei enthaltenen FuE-Ausgaben ... 68
Abbildung 4-19: Leistungsaustausch in der Herstellung von Metallerzeugnissen in Deutschland ... 70
Abbildung 4-20: FuE-Quoten der Hersteller von Metallerzeugnissen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zu den deutschen Herstellern ... 72
Abbildung 4-21: FuE-Saldo der Hersteller von Metallerzeugnissen in Deutschland durch den Leistungsaustausch ... 73
Abbildung 4-22: Herkunft der in den Vorleistungen der Metallerzeugnisse enthaltenen FuE-Ausgaben ... 74

Abbildung 4-23: Leistungsaustausch in der deutschen Elektrotechnik ... 77
Abbildung 4-24: FuE-Quoten der Elektrotechnik vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zur deutschen Elektrotechnik ... 80
Abbildung 4-25: FuE-Saldo in der deutschen Elektrotechnik durch den Leistungsaustausch ... 81
Abbildung 4-26: Herkunft der in den Vorleistungen der Elektrotechnik enthaltenen FuE-Ausgaben ... 82
Abbildung 5-1:Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des deutschen Maschinenbaus ... 85
Abbildung 5-2: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des deutschen Automobilbaus ... 87
Abbildung 5-3: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ... 90
Abbildung 5-4: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen der Hersteller von Metallerzeugnissen ... 92
Abbildung 5-5: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen der Elektrotechnik ... 95
Abbildung 6-1: Leistungsaustausch und Wissensnetzwerke im Vergleich ... 98
Abbildung 7-1: Ko-Erfindernetzwerk international 1995 und 2014 ... 100
Abbildung 7-2: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, alle Themenfelder ... 101
Abbildung 7-3: Zahl der Ko-Erfindernationen ... 103
Abbildung 7-4: Anteil der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern eines Landes ... 104
Abbildung 7-5: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern ... 105
Abbildung 7-6: Beteiligung an weltweiten Patenten mit Ko-Erfindern ... 106
Abbildung 7-7: Chinas grenzüberschreitende Patente nach Ko-Erfinder ... 111
Abbildung 7-8: Anteil der Top-10-Unternehmen eines Technologiefeldes an allen Patenten mit Ko-Erfindern ... 112
Abbildung 7-9: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Automobilbau ... 114
Abbildung 7-10: Anzahl der kooperierenden Nationen im Automobilbau ... 115
Abbildung 7-11: Bedeutung länderübergreifender Patente im Automobilbau ... 116
Abbildung 7-12: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Automobilbau ... 117
Abbildung 7-13: Internationales Patentnetzwerk innerhalb des Automobilbaus ... 119
Abbildung 7-14: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Elektrotechnik ... 121
Abbildung 7-15: Anzahl der kooperierenden Nationen im Bereich Elektrotechnik ... 122
Abbildung 7-16: Bedeutung länderübergreifender Patente im Bereich Elektrotechnik ... 123
Abbildung 7-17: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Bereich Elektrotechnik ... 124
Abbildung 7-18: Internationales Patentnetzwerk innerhalb der Elektrotechnik ... 126

Abbildung 7-19: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 128
Abbildung 7-20: Anzahl der kooperierenden Nationen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 129
Abbildung 7-21: Bedeutung länderübergreifender Patente im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 130
Abbildung 7-22: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 131
Abbildung 7-23: Internationales Patentnetzwerk innerhalb des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 132
Abbildung 7-24: Patentdynamik in Deutschland 134
Abbildung 7-25: Weltweite interdisziplinäre Vernetzung 1995 und 2014 136
Abbildung 7-26: Interdisziplinäre Verflechtungen im Automobilbau 137
Abbildung 7-27: Interdisziplinäre Verflechtungen in der Elektrotechnik 138
Abbildung 7-28: Interdisziplinäre Verflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 139
Abbildung 7-29: Patentanteil und Überschussdynamik bei Schlüsseltechnologien der Digitalisierung 141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: FuE-Quoten im internationalen Vergleich ... 28
Tabelle 4-2: FuE-Quoten vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 30
Tabelle 4-3: Veränderung der FuE-Ausgaben (BERD) vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 32
Tabelle 4-4: FuE-Quoten nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 34
Tabelle 4-5: FuE-Austausch zwischen den Branchen ... 38
Tabelle 4-6: FuE-Quoten der weltweiten Branchen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 40
Tabelle 4-7: Vorleistungsverflechtungen im Maschinenbau ... 46
Tabelle 4-8: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch im Maschinenbau ... 48
Tabelle 4-9: FuE-Quoten des Maschinenbaus vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 49
Tabelle 4-10: Vorleistungsverflechtungen im Automobilbau ... 54
Tabelle 4-11: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch der Automobilindustrie ... 56
Tabelle 4-12: FuE-Quoten der Automobilindustrie vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 57
Tabelle 4-13: Vorleistungsverflechtungen der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ... 61
Tabelle 4-14: Veränderung der FuE-Ausgaben der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch ... 64
Tabelle 4-15: FuE-Quoten der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 65
Tabelle 4-16: Vorleistungsverflechtungen in der Herstellung von Metallerzeugnissen ... 69
Tabelle 4-17: Veränderung der FuE-Ausgaben der Hersteller von Metallerzeugnissen durch den Leistungsaustausch ... 71
Tabelle 4-18: FuE-Quoten der Hersteller von Metallerzeugnissen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 72
Tabelle 4-19: Vorleistungsverflechtungen in der Elektrotechnik ... 76
Tabelle 4-20: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch der deutschen Elektrotechnik ... 78
Tabelle 4-21: FuE-Quoten der Elektrotechnik vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs ... 79
Tabelle 5-1: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Maschinenbau ... 83
Tabelle 5-2: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Maschinenbau Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100 ... 84
Tabelle 5-3: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Automobilbau ... 86
Tabelle 5-4: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Automobilbau Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100 ... 86

Tabelle 5-5: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei 88
Tabelle 5-6: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100 89
Tabelle 5-7: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch der Hersteller von Metallerzeugnissen 91
Tabelle 5-8: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs der Hersteller von Metallerzeugnissen Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100 91
Tabelle 5-9: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch in der Elektrotechnik 93
Tabelle 5-10: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs in der Elektrotechnik Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100 94
Tabelle 7-1: Anzahl aller Ko-Patente (alle Themen) und Wachstum von 1995 bis 2015 108
Tabelle 7-2: Anzahl aller Ko-Patente (alle Themen) mit ausländischen Ko-Erfindern und Wachstum von 1995 bis 2015 110
Tabelle 7-3: Kennziffern der Top-10-Unternehmen weltweit nach Technologiefeld 113
Tabelle 7-4: Schlüsseltechnologien der Digitalisierung 140

1 Summary

Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hängt von innovativen Vorsprüngen ab

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft hängt in erheblichem Maße von innovativen Vorsprüngen gegenüber ihren internationalen Konkurrenten ab. Vor diesem Hintergrund lässt die Bundesregierung durch die Expertenkommission Forschung und Innovation nationale und internationale Vergleiche des deutschen Innovationssystems anstellen. Diese Berichte enthalten Informationen zu Inputfaktoren wie Ausgaben für Forschung und Entwicklung und Outputfaktoren wie Patente. Demnach produziert Deutschland weitaus FuE-intensiver als die meisten anderen Industrieländer, liegt aber im Vergleich nicht an der Spitze.

Die fortschreitende Globalisierung und die stetig anwachsende Komplexität zentraler wissenschaftlicher Fragestellungen stellen die Wissenschaft und die Wirtschaft vor neue Herausforderungen. In den aufstrebenden Schwellenländern sind neue Akteure entstanden, die zur Wissensgenerierung beitragen. Seit jeher kennen die Generierung und Nutzung von Wissen keine nationalen Grenzen. Die Einrichtungen des Wissenschaftssystems bewegen sich im globalen Raum, wo sie starke Wettbewerber und attraktive Kooperationspartner finden. Wissenschaftlicher Fortschritt wird immer arbeitsteiliger erzielt. Die besten Kooperationspartner finden sich längst nicht mehr ausschließlich in Deutschland. Internationale Wissensnetze gewinnen erheblich an Bedeutung. Auch durch den Leistungsaustausch verschwimmen die Grenzen der Wissensnutzung. Angesichts der gewachsenen Komplexität bei der Wissensgenerierung entwickelt nicht mehr jedes Land alle Technologien selbst, sondern erwirbt sie bei Lieferanten aus anderen Staaten. Entsprechend nimmt die Bedeutung der Wissensvernetzung zu.

Angesichts dieser Verflechtungen greift eine reine Betrachtung der nationalen Innovationssysteme zu kurz. Wissensnetze sind bisher wenig erforscht. Daher soll mit der vorliegenden Studie der Frage nachgegangen werden, in welchen Bereichen die deutsche Wirtschaft Technologiegeber oder -nehmer ist und wie stark sie in Wissensnetzwerke eingebunden ist. Dabei werden zwei grundlegende Messkonzepte verfolgt, um diese beiden Fragen zu beantworten:

- Erstens wird der Leistungsaustausch in den Blick genommen, da darüber auch Technologie ausgetauscht wird. Im Zentrum steht dabei die Frage, wer im internationalen Leistungsaustausch die Technologiegeber und Technologienehmer sind. Dabei wird von einer proportionalen Zuordnung der FuE-Inputs bzw. der Patente im Leistungsaustausch ausgegangen. Aus dem Vorleistungsaustausch wird anhand der FuE-Intensitäten der einzelnen Branchen ein FuE-Austausch abgeleitet. Im Anschluss werden die FuE-Quoten der Branchen in den Ländern neu berechnet.
- Zweitens wird die Vorphase des Innovationsprozesses, die Wissensgenerierung, in den Blick genommen. Im Fokus stehen die internationalen Kooperati-

onen der Wirtschaft. Es hat sich gezeigt, dass Patente ein wichtiger Frühindikator für die kommerzielle Verwendung von Wissen sind. Dazu werden die für jedes einzelne Patent nachweisbaren Kooperationen als Grundlage der Analyse verwendet. Anhand der Patente lassen sich die technologiefeld- und länderübergreifenden Wissensnetzwerke betrachten. Hier können die Reichweite des Netzwerks und dessen Intensität interregional und interdisziplinär analysiert werden.

Die Analyse zeigt auf, wo Deutschland und andere Staaten im internationalen Vergleich stehen und wer mit wem kooperiert. Die Analyse reicht dabei bis auf die Branchenebene und deren Austausch mit anderen Branchen im In- und Ausland. Im Anschluss an die Analyse werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, wie die industriellen Wertschöpfungsketten in Deutschland wissensintensiver und damit zukunftsfähiger werden können.

Länder rücken durch den Leistungsaustausch näher zusammen – Deutschland ist Technologiegeber

Die Analyse der Technologiegeber und -nehmer anhand des Leistungsaustauschs im internationalen Vergleich zeigt mehrere wesentliche Ergebnisse:

- Die etablierten Industriestaaten weisen deutlich höhere FuE-Quoten auf als die aufholenden Industriestaaten. Deutschland erreicht hier hinter den USA Rang 8. Israel, Japan, Finnland, Schweden und Korea stehen bei diesem Vergleich an der Spitze.
- Die FuE-Quoten der Länder rücken durch den Leistungsaustausch enger zusammen. Während die meisten etablierten Industriestaaten Technologiegeber sind und über den Leistungsaustausch ihre FuE-Ergebnisse in andere Länder bringen, sind die meisten aufstrebenden Industriestaaten Technologienehmer.
- Deutschland ist Technologiegeber. Der negative Saldo aus importierten und exportierten FuE-Inputs über den Leistungsaustausch beträgt 8,9 Prozent der ursprünglichen FuE-Ausgaben.
- Gleichwohl ändert sich an der Reihenfolge der Länder wenig. Auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs und des darin enthaltenen Wissenstransfers weisen die etablierten Industriestaaten immer noch höhere FuE-Quoten auf als die aufholenden Industriestaaten.
- Die deutsche Wirtschaft ist gleichzeitig Technologiegeber und -nehmer. Sie erhält vor allem von anderen etablierten Industriestaaten FuE-Inputs über die Vorleistungsimporte. Im Saldo liefert Deutschland aber an alle Ländergruppen über seine Vorleistungsexporte mehr Wissen, als es über seine Vorleistungsimporte erhält.
- Die FuE-Vorsprünge Deutschlands fallen kleiner aus, als dies die traditionellen FuE-Quoten anzeigen. Vor diesem Hintergrund ist eine weitere Stärkung der FuE-Ausgaben in den auf die Endkunden zielenden Tätigkeiten von er-

heblicher Bedeutung zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft.

Branchen rücken durch den Leistungsaustausch näher zusammen

Die Branchensicht zeigt, dass weltweit fünf Branchen wesentlich die FuE-Ausgaben der Wirtschaft bestimmen. Dazu gehören der Fahrzeugbau (Automobilbau und sonstiger Fahrzeugbau), die Elektrotechnik, der Maschinenbau, der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei und die Branche Datenverarbeitung/-banken. Durch den Leistungsaustausch kommt es zwischen den Branchen zu Verschiebungen:

- Vor allem die Elektrotechnik, der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei und Datenverarbeitung/-banken geben weltweit in hohem Maße Wissen an andere Branchen ab. Sie sind als Technologiegeber „Enabler“ für andere Branchen.
- Dagegen profitieren die Bereiche Staat/Soziale Dienste/Sonstige Dienste und das Baugewerbe als Technologienehmer weltweit am meisten von den FuE-Ausgaben anderer Branchen.
- Insgesamt rücken weltweit die Branchen durch den Leistungs- und Technologieaustausch enger zusammen, ohne dass es aber zu gravierenden Verschiebungen kommt.
- Weltweit betrachtet ist der Automobilbau Technologienehmer. Er gewinnt von den FuE-Anstrengungen der anderen Branchen im Saldo hinzu.
- In Deutschland ist der Automobilbau Technologiegeber. Dies gilt für das Inland, besonders stark aber für das Ausland, da die deutschen Automobilzulieferer weltweit Automobilhersteller mit Vorleistungen beliefern und deren Technologiegeber sind.
- Der deutsche Maschinenbau ist im Inland Technologienehmer, gibt aber an das Ausland deutlich mehr FuE-Anstrengungen ab, als er von dort bezieht.
- Trotz der in Deutschland zu beobachtenden Angleichung der FuE-Inputs bleiben die Unterschiede zwischen den forschungsstarken und weniger forschungsstarken Branchen bestehen.
- Zwei Branchen in Deutschland schaffen es, durch den Leistungsaustausch eine höhere FuE-Quote zu erzielen als die weltweite Branche: die Hersteller von Metallerzeugnissen und die Bauwirtschaft. Allerdings stellt sich die Frage, ob die Erhöhung des Wissens über den Leistungsaustausch ausreicht oder ob die Branchen nicht selbst aktiver werden müssen, um ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

Einzelbranchen mit Unterschieden – Impulse aus anderen Branchen unterschiedlich stark ausgeprägt

Die Einzelbranchen weisen spezielle Leistungs- und FuE-Verflechtungen auf. In den betrachteten etablierten Industrieländern erhalten die Branchen in unterschiedlichem Maße FuE-Impulse aus anderen Branchen:

- Maschinenbau: Obgleich der Maschinenbau in den meisten Ländern mehr Vorleistungen bezieht als liefert, ist er mit Ausnahmen Chinas Technologiegeber. Der deutsche Maschinenbau verringert durch den Leistungsaustausch den Vorsprung der USA und Frankreichs etwas, während China gegenüber Deutschland etwas aufholt. Im Vergleich zu den USA und Frankreich erhält der deutsche Maschinenbau etwas weniger Impulse aus Elektrotechnik, Datenverarbeitung/-banken und den übrigen unternehmensnahen Dienstleistungen.
- Automobilbau: Der Automobilbau bezieht weltweit mehr Vorleistungen als er selbst liefert. Während in den anderen Ländern der Automobilbau dadurch Technologienehmer ist, ist der deutsche Automobilbau Technologiegeber, vor allem wegen der Exporte der Automobilzulieferer. Dennoch bleibt die FuE-Quote des deutschen Automobilbaus auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs deutlich höher als die der Vergleichsländer. Im Vergleich zu den USA und Frankreich erhält der deutsche Automobilbau etwas weniger Impulse aus der Elektrotechnik, dem Maschinenbau und dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.
- Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei: Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist sowohl Vorleistungslieferant als auch -bezieher. Da es sich aber aufgrund der erhaltenen Chemie- und Pharmaziebranche um einen sehr FuE-starken Bereich handelt, ist der Bereich ein wichtiger Technologiegeber. In Deutschland profitieren aufgrund der heterogenen Struktur des Bereichs unterschiedliche Branchen von diesen FuE-Inputs: Zu nennen sind hier u. a. das Baugewerbe, das Dämm- und andere Baumaterialien bezieht, sowie der im Bereich Staat/Soziale und sonstige Dienstleistungen enthaltene Gesundheitssektor, der auf die FuE-Leistungen der Pharmabranche angewiesen ist.
- Metallerzeugnisse: Die Hersteller von Metallerzeugnissen sind auf der Produktionsseite Lieferanten von Vorleistungen. Dennoch sind die Hersteller von Metallerzeugnissen über den Leistungsaustausch Technologienehmer, wobei die Salden sehr gering sind. Deshalb wirken sich die FuE-Verflechtungen kaum auf die FuE-Quoten aus. Im Vergleich zu den USA und Frankreich erhalten die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen weniger Impulse von der Elektrotechnik, den IT-Dienstleistungen und den FuE-starken übrigen Unternehmensdienstleistungen.
- Elektrotechnik: Auf der Produktionsseite ist die Elektrotechnik weltweit eher Lieferant als Bezieher von Vorleistungen. Aufgrund ihrer hohen FuE-Intensität gibt die Elektrotechnik in den etablierten Industrieländern über den Leistungs-

austausch mehr FuE an andere Branchen und Länder ab, als sie selbst erhält. Sie ist ein wichtiger Technologiegeber und „Enabler“ für andere Branchen. Dadurch verringern sich ihre FuE-Quoten deutlich. Dagegen ist die chinesische Elektrotechnik Technologienehmer. In Deutschland ist die Elektrotechnik Technologiegeber für fast alle Branchen. Im Vergleich zu den USA und Frankreich gibt es kaum Unterschiede bei den Impulsen aus anderen Branchen, allenfalls in Frankreich sind stärkere Impulse aus den übrigen unternehmensnahen Dienstleistungen zu beobachten.

FuE-Inputs und Patente zeigen beim Leistungsaustausch in die gleiche Richtung

Neben dem Inputfaktor FuE-Ausgaben ist auch der Outputfaktor Patente unter Berücksichtigung des Leistungsaustausch betrachtet worden. Angesichts einer geringeren Branchenverfügbarkeit wurde vor allem geprüft, inwieweit die Ergebnisse der beiden Faktoren vergleichbar sind. Dabei zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Im Automobilbau, in der Elektrotechnik sowie im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei zeigen sich hohe Übereinstimmungen der Ergebnisse mit FuE-Inputs und Patenten.
- Anders dagegen im Maschinenbau und spiegelbildlich in der Herstellung von Metallerzeugnissen. Während der Maschinenbau trotz hoher FuE-Anstrengungen nur wenige Patente zu verzeichnen hat, finden sich bei der Herstellung von Metallerzeugnissen deutlich mehr Patente.
- Gründe können im unterschiedlichen Patentierungsverhalten der Branchen oder in der Zuordnung von Technologiefeldern zu Branchen liegen, die zu einer Unschärfe führt.

Technologietransfer im Leistungsaustausch und Wissensnetze unterscheiden sich

Durch die Patentanalyse können die Wissensnetze anhand der tatsächlichen internationalen und interdisziplinären Verbindungen betrachtet werden. Es zeigt sich, dass durch den Leistungsaustausch andere Verbindungen bestehen als die Wissensnetzwerke. Konkret zeigen sich folgende Unterschiede:

- In Amerika gibt es ein ausgeprägtes Produktionsnetzwerk zwischen den USA und Mexiko. Ein entsprechendes Wissensnetzwerk fehlt.
- Deutschland hat über den Leistungsaustausch ein Netzwerk mit Mittel- und Osteuropa, während das Wissensnetzwerk fehlt. Stattdessen findet sich beim Wissensnetzwerk eine stärkere Verknüpfung mit Westeuropa.
- Im Vergleich zum Leistungsaustausch ist das Wissensnetzwerk zwischen den USA und Deutschland stärker ausgeprägt.
- China ist stark im Leistungsaustausch eingebunden, dagegen kaum in das asiatische Wissensnetzwerk. Allerdings besteht zwischen den USA und China auch beim Wissensnetzwerk eine starke Verbindung.

Internationale Wissensnetze mit starkem Wachstum – Deutschland verliert an Boden

Die internationalen Wissensnetzwerke sind in den Jahren 1995 bis 2014 stark gewachsen. Die Netzwerkkennziffern zeigen alle ein erhebliches Wachstum:

- In den Jahren 1995 bis 2014 hat die Zahl der in Wissensnetzwerke eingebundenen Länder von 105 auf 147 erheblich zugenommen. Darüber hinaus sind heute deutlich mehr Länder miteinander verknüpft. Gleichwohl hat die Dynamik des Netzwachstums am aktuellen Rand nachgelassen.
- Es beteiligen sich nicht nur mehr Länder als noch im Jahr 1995, sondern die Vernetzung ist heute auch viel intensiver, was sich in einer stark gestiegenen Zahl von Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern niederschlägt.
- In Deutschland ist die Einbindung von neuen Ländern in die Wissensnetzwerke weit vorangeschritten. Hinter den USA belegt Deutschland hier Rang 2. Andere Länder wie Frankreich sind etwas weniger vernetzt, Länder wie Japan sogar deutlich weniger. Die Einrichtung der Wissensnetze fand dabei vor allem in der Phase zwischen 1995 und 2004 statt.
- Während in den westlichen Industriestaaten die Bedeutung der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern zugenommen hat, sind vor allem in China rückläufige Anteile zu beobachten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich China weniger international vernetzt. Im Gegenteil: An den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern konnte China seinen Anteil deutlich steigern. Gleichzeitig ist aber die Zahl der innerchinesischen Kooperationen viel stärker gestiegen.
- Während die USA nicht zuletzt aufgrund der stärker werdenden Zusammenarbeit mit China ihren Anteil an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern am aktuellen Rand steigern konnten, nimmt Deutschlands Anteil an den weltweiten grenzüberschreitenden Patenten ab. Zwar ist die Zahl der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern im Zeitraum 2007 bis 2014 auch in Deutschland gestiegen, weltweit hat sie aber deutlich stärker zugenommen.
- In Japan gehen die Unternehmen dagegen stärker einen nationalen Weg. Dort stieg die Zahl der in nationalen Kooperationen angemeldeten Patente deutlich stärker als die Zahl der internationalen Kooperationen.
- Gemessen an der absoluten Zahl sind die USA, Japan und Deutschland führend bei den Patenten mit Ko-Erfindern im In- oder Ausland. China hat sehr stark aufgeholt und könnte Deutschland in den nächsten Jahren übertreffen.
- Der Zuwachs an deutschen Patentanmeldungen im Vergleich zu den internationalen Patentanmeldungen fällt geringer aus. Daher hat Deutschland in den vergangenen 20 Jahren in fast allen Technologiefeldern Patentanteile im internationalen Vergleich verloren.
- Die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern sind weiterhin eine Domäne der westlichen Industriestaaten. Auch hier hat China deutlich aufgeholt, allerdings langsamer als bei allen Patenten mit Ko-Erfindern.

- Innerhalb der internationalen Patent-Hotspots sind deutsche Unternehmen stark vertreten. Unter den zehn größten Patentanmeldern weltweit befinden sich im Maschinenbau acht deutsche Unternehmen, im Sonstigen Fahrzeugbau, bei Nahrung und Agrar fünf deutsche Unternehmen und im Automobilbau vier deutsche Unternehmen.
- Zugleich findet sich in Deutschland eine hohe Konzentration bei den grenzüberschreitenden Patenten. Auf die jeweils Top 10 der Unternehmen mit den meisten grenzüberschreitenden Patenten entfallen häufig über 40 Prozent und bis zu 62 Prozent aller grenzüberschreitenden Patente im jeweiligen Technologiefeld.

USA bilden das Zentrum der Wissensnetze

Die Wissensnetzwerke können auch für einzelne Technologiefelder betrachtet werden. Dabei zeigen sich Unterschiede:

- Automobilbau: Der weltweite Automobilbau hat die Zahl der am Wissensnetz beteiligten Länder zwar erhöht, bleibt ab bei der Anzahl der Länder hinter der Elektrotechnik und der Chemie zurück. Der deutsche Automobilbau geht im Vergleich zu anderen Ländern mit vielen Nationen Kooperationen bei der Patentanmeldung ein. Zugleich sind die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern weiterhin eine Domäne der deutschen und der US-amerikanischen Automobilindustrie. Während das Wissensnetz der deutschen Automobilindustrie aus Verbindungen zu sehr vielen Ländern besteht, ist das Netzwerk der USA stärker auf wenige Partner konzentriert.
- Elektrotechnik: Die Elektrotechnik ist dasjenige Technologiefeld, an deren Wissensnetz inzwischen die meisten Länder beteiligt sind. Die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern sind weiterhin eine Domäne der USA und Deutschlands. Allerdings konnten die USA ihre Position im Zeitverlauf halten, während Deutschland Anteile verloren hat. Aufsteiger ist die chinesische Elektrotechnik, die in den nächsten Jahren die deutsche Elektrotechnik bei den grenzüberschreitenden Patenten überholen dürfte. Die US-amerikanische Elektrotechnik bildet weiterhin das Zentrum des Patentnetzwerks, allerdings unterhält China inzwischen auch ein breit gefächertes Netzwerk.
- Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei: Das Wissensnetzwerk des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist traditionell stark ausgeprägt. Allerdings hat die Dynamik seit dem Jahr 2005 nachgelassen, sodass die Elektrotechnik inzwischen ein dichteres Netzwerk aufweist. Deutschland ist mit seinen Aktivitäten in vielen Ländern tätig, China hat inzwischen deutlich aufgeholt. Gleichwohl bleiben die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern eine Domäne der westlichen Industriestaaten. Im Zentrum des Wissensnetzwerks im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei stehen die USA. Innerhalb Europas nimmt Deutschland eine zentrale Rolle ein, während der japanische Bereich trotz einer hohen Zahl von Patenten wenig international vernetzt ist.

Interdisziplinäre Wissensnetze gewinnen an Bedeutung – Elektrotechnik und Chemie stehen im Zentrum

Neben der internationalen Verflechtung eines Landes können auch die interdisziplinären Wissensnetzwerke mit der Patentanalyse untersucht werden. Grundlage sind dabei Mehrfacheinträge bei den Technologiefeldern. Bei den interdisziplinären Wissensnetzwerken zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Die Vernetzung zwischen den Technologiefeldern hat im Zeitraum 1995 bis 2014 erheblich zugelegt. Inzwischen gibt es deutlich mehr Patente, die mehreren Technologiefeldern zugeordnet werden können. Im Mittelpunkt der weltweiten Wissensnetzwerke stehen dabei die Elektrotechnik und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.
- Im Automobilbau besteht weltweit vor allem ein Wissensnetzwerk mit der Elektrotechnik und den Metallerzeugnissen. In Japan hat die Verflechtung mit der Elektrotechnik einen höheren Anteil an allen interdisziplinären Patenten als in den anderen betrachteten Staaten
- In der Elektrotechnik besteht weltweit ein intensives Wissensnetzwerk mit dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei. In Deutschland gibt es zudem ein ausgeprägtes Netzwerk mit dem Automobilbau.
- Im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei haben Ko-Patente mit der Elektrotechnik eine hohe Bedeutung. Zugleich schlägt sich das Patentcluster Chemie/Agrar/Ernährung in entsprechenden Ko-Patenten nieder.

Nachlassende Dynamik in den Schlüsseltechnologien der Digitalisierung

Deutschland hat früh eine hohe Technologiereife bei den Schlüsseltechnologien der Digitalisierung erreicht und befindet sich weltweit unter den Top 5. Gleichwohl hat eine Patentanalyse der Schlüsseltechnologien für die Entwicklung der Gigabit-Gesellschaft auch gezeigt, dass Deutschland lediglich bei einigen Technologien wie Verschlüsselung, Digitale Signatur und Datenkomprimierung eine überdurchschnittliche Dynamik aufweist, bei der Mehrheit der 17 untersuchten Schlüsseltechnologien aber unter dem weltweiten Durchschnitt liegt und daher bei cyberphysikalischen Produktionssystemen, vernetzten Sensoren, Robotik und 3-D-Druck den Anschluss zu verlieren droht. Aufgrund seiner Bedeutung als Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung und Vernetzung der Wirtschaft ist die im internationalen Vergleich geringere Dynamik der Elektrotechnik in den Blick zu nehmen.

Forschung und Entwicklung stärken – Handlungsempfehlungen

Die Vorsprünge Deutschlands bei Forschung und Entwicklung sind nicht so groß, wie es auf den ersten Blick erscheint. Deutschland ist Technologiegeber und wird auch zukünftig in dieser Geberrolle bleiben. Um seine technologischen Vorsprünge im internationalen Wettbewerb zu halten, müssen die FuE-Aktivitäten in Deutschland gestärkt und die industriellen Wertschöpfungsketten in Deutschland wissensintensiver gestaltet werden. Dazu sind verschiedene Wege möglich:

- Impulse aus anderen Branchen nutzen: In andere Ländern kommen teils mehr Impulse aus anderen Branchen. Hier ist zu prüfen, ob durch einen stärkeren Leistungsaustausch der FuE-Gehalt der Branchen weiter erhöht werden kann. Auf Unternehmensebene besteht dazu Bereitschaft, gleichwohl fehlt es vor Ort an geeigneten Räumen zur Vernetzung. Hier liegt die Aufgabe darin, vor Ort die benötigten Räume wie bspw. Innovation Hubs zu schaffen, in denen die Unternehmen zusammenkommen und gemeinsam an neuen Lösungen arbeiten können.
- Mit steuerlicher FuE-Förderung KMU stärken: KMU forschen und entwickeln wenig und sind deutlich seltener international vernetzt. Durch eine steuerliche FuE-Förderung können deutlich mehr KMU zu eigenen FuE-Aktivitäten bewegt werden. Zudem erleichtert die Technologieoffenheit dieser Förderung die Umsetzung der Digitalisierung.
- Internationale Kooperationen in Europa stärken: Das Potenzial für internationale Kooperationen in Europa ist noch lange nicht ausgeschöpft. Angesichts der regionalen Nähe stellt das europäische Ausland für KMU ein wichtiges Potenzial für internationale Kooperationen dar.
- Wissensnetze innerhalb der bestehenden Verbindungen stärken: Die Zahl der Länder, die sich an internationalen Wissensnetzen beteiligten, hat sich seit dem Jahr 1995 stark erhöht. Am aktuellen Rand hat dieses Wachstum aber deutlich nachgelassen. Jetzt gilt es, innerhalb der bestehenden Netzwerke die Intensität der Zusammenarbeit zu stärken. Dazu können die Erfahrungen aus den bestehenden internationalen Wissensnetzwerken für andere Unternehmen wichtige Hinweise liefern. Zudem ist zu untersuchen, welche Hemmnisse einer besseren internationalen Kooperation entgegenstehen.
- Anschluss halten – Wissensnetze in stark wachsende Märkte spannen: Die USA haben am aktuellen Rand ihren Anteil an den Patenten mit ausländischen Kooperationspartnern steigern können. Dabei gehen die USA deutlich häufiger Kooperationen mit Partnern aus den schnell wachsenden Märkten ein. Hier sollten die deutschen und europäischen Länder den Anschluss halten. Dazu ist die Bedeutung dieser Netzwerke für den Anschluss an die Weltspitze deutlich zu machen und die Vernetzung auf Basis der bereits bestehenden Kooperationen zu verstärken.
- Potenziale für europäische Wissensnetze ausschöpfen: Das Produktionsnetzwerk in Europa ist stärker ausgebaut als das Wissensnetzwerk. Vor allem die schwach ausgeprägten Wissensnetzwerke mit Mittel- und Osteuropa stel-

len auf Dauer angesichts der Wissensintensivierung ein Problem für die deutsche Industrie dar. Technologisch starke Netzwerke mit Mittel- und Osteuropa, aber auch Südeuropa stärken letztlich auch die Position Deutschlands im weltweiten Wettbewerb.

- Traditionelle Ressortgrenzen für interdisziplinäre Zusammenarbeit überwinden: Die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei den Patenten hat deutlich zugenommen. Hier ist aufzupassen, dass alle Potenziale ausgeschöpft werden können und die Zusammenarbeit nicht durch traditionelle Ressortgrenzen in Politik und Verwaltung gebremst wird.
- Mehr für die Digitalisierung tun: Die Elektrotechnik und die Vernetzung anderer Branchen mit der Elektrotechnik sind zu stärken. Dies dürfte einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der Herausforderungen der Digitalisierung leisten. Die fallenden Anteile an den weltweiten Patenten in der deutschen Elektrotechnik sollten als Warnzeichen verstanden werden, dass hier in Deutschland mehr getan werden muss. Spezielle Kompetenzzentren zeigen dabei in die richtige Richtung. Dabei sollten alle Facetten von Industrie 4.0 beachtet werden, wie dies in Industrie-4.0-Häusern geschieht.

2 Einleitung

In entwickelten Volkswirtschaften gelten Forschung und Entwicklung (FuE) als entscheidende Determinante für das Wirtschaftswachstum, die Produktivität und die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Nicht zuletzt deshalb gibt es eine nationale und internationale Berichterstattung zu Forschung und Entwicklung. In Deutschland lässt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) seit Mitte der 1970er-Jahre Informationen über die FuE-Aktivitäten des Wirtschaftssektors erheben. Die Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) untersucht regelmäßig die Forschung und Entwicklung in Wirtschaft und Staat. International trägt die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) Vergleichsdaten zur Forschung und Entwicklung zusammen.

Die regelmäßig erscheinenden Studien nehmen nationale und internationale Vergleiche vor und geben Auskunft über die FuE-Aktivitäten einzelner Branchen und/oder Länder. Als Vergleichsmaßstab dienen häufig FuE-Intensitäten. Dazu werden die FuE-Ausgaben ins Verhältnis zu anderen Größen wie Bruttoinlandsprodukt oder Umsatz gesetzt. Demnach produziert Deutschland weitaus FuE-intensiver als die meisten anderen Industrieländer, liegt aber im Vergleich nicht an der Spitze. FuE-Vernetzungen werden in diesem Zusammenhang jedoch kaum betrachtet. Allenfalls wird die FuE-Vernetzung durch einen Vergleich der FuE-Ausgaben nach Hauptaktivität und Produktgruppen vorgenommen und untersucht, wie viele „branchenfremde“ Produkte eine Branche herstellt (Schasse et al. (2016)).

Die fortschreitende Globalisierung und die stetig anwachsende Komplexität zentraler wissenschaftlicher Fragestellungen stellen die Wissenschaft und die Wirtschaft vor neue Herausforderungen. Die Generierung und Nutzung von Wissen kennt von jeher keine nationalen Grenzen. Im Wissenschaftssystem bewegen sich heute die Einrichtungen im globalen Raum und finden dort starke Wettbewerber und attraktive Kooperationspartner, um in weltweiter Arbeitsteilung effektiv wissenschaftlichen Fortschritt zu erzielen (Wissenschaftsrat (2013)). In den aufstrebenden Schwellenländern sind neue Akteure entstanden, die zur Wissensgenerierung beitragen können. Die besten Kooperationspartner finden sich angesichts der fortschreitenden Internationalisierung nicht mehr allein im nationalen Kontext. Internationale Wissensnetze gewinnen erheblich an Bedeutung. Durchlässigkeit und Austausch sind dabei in der Wissensgenerierung bestimmende Parameter. Auch durch den Leistungsaustausch verschwimmen die Grenzen der Wissensnutzung. Nicht jedes Land entwickelt alle Technologien allein, sondern erwirbt sie bei Lieferanten aus anderen Staaten.

Angesichts der zunehmenden Bedeutung des internationalen Leistungsaustauschs, der internationalen Vernetzung und Arbeitsteilung bei der Wissensgenerierung greift eine Betrachtung der nationalen Innovationssysteme zu kurz. Deutschland ist eine Netzwerkökonomie mit tiefen Wertschöpfungsketten. Im Produktionsprozess findet ein intensiver nationaler und internationaler Austausch von Vorleistungen statt. Grenzüberschreitende Vernetzungen werden bei der Betrachtung nationaler Innovationssys-

teme zu wenig in den Blick genommen. Mit der vorliegenden Studie wird der Frage nachgegangen, wie stark die deutsche Wirtschaft in Wissensnetzwerke eingebunden ist und in welchen Bereichen sie Technologiegeber oder -nehmer ist. Dabei werden zwei grundlegende Messkonzepte verfolgt:

- Erstens wird der Leistungsaustausch in den Blick genommen und dabei gefragt, wer im internationalen Leistungsaustausch die Technologiegeber und Technologienehmer sind. Angesichts der Tatsache, dass die deutsche Wirtschaft immer stärker in globale Wertschöpfungsketten eingebunden ist, bilden internationale Kooperationen eine notwendige Voraussetzung für den deutschen Erfolg (BMBF (2014)). Als Technologiegeber ist die deutsche Wirtschaft somit ein „Enabler“, der globale Wertschöpfungsketten überhaupt erst ermöglicht.
- Zweitens wird die Vorphase des Innovationsprozesses, die Wissensgenerierung, in den Blick genommen. Anhand von internationalen Patentstatistiken lassen sich die gemeinsamen Anstrengungen internationaler Partner erfassen. Für jedes Patent liegen umfangreiche Angaben vor, die exakt im Wissensnetz verortet werden können. Anhand der Patente lassen sich die technologiefeld- und länderübergreifenden Wissensnetzwerke betrachten. Hier können die Reichweite des Netzwerks und dessen Intensität interregional und interdisziplinär analysiert werden. Patente sind ein Frühindikator für neues, potenziell kommerziell verwertbares Wissen (Welsch (2005)). Empirisch gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Patenten nach Ländern und Produktgruppen sowie Exporterfolgen. Der Anstieg der Patente führt mit einem Zeitverzug von zwei bis fünf Jahren zu Exportanstiegen und umgekehrt (IW Consult (2015)). Die Patenttätigkeiten haben daher nachgewiesenermaßen Marktwirkungen.

Der Leistungsaustausch ist u. a. durch das von der Europäischen Kommission finanzierte Projekt World Input-Output Database (WIOD) oder die OECD-WTO-Gemeinschaftsinitiative Trade in Value-Added (TiVA) intensiv analysiert worden. Allerdings werden nur die Produktionsnetze, also der Vorleistungsaustausch zwischen Branchen und/oder Ländern, betrachtet, obwohl Vorleistungsverflechtungen auch mit einem Technologieaustausch verbunden sein dürften.

Diese Vorleistungsverflechtungen dürften nicht ohne Auswirkungen auf die nationalen und internationalen Vergleiche bleiben: Eine Branche, die aufgrund ihrer eigenen FuE-Intensität keine hochwertige Technologie anbietet, kann eine komplexe Steuerung bei einem Spitzentechnologieanbieter einkaufen. Damit ist das Produkt des Technologienehmers technologisch deutlich komplexer, als es auf den ersten Blick erscheint. International kann ein deutscher Automobilzulieferer mit hoher FuE-Intensität seine internationalen Kunden mit Know-how bspw. zur Einspritztechnik versorgen. Die internationalen Kunden setzen dann die gleiche Technik ein wie die Automobilhersteller in Deutschland. Der technische Abstand fällt daher geringer aus, als der internationale Branchenvergleich es zeigt.

Die Unternehmen haben im Zuge der Globalisierung ihre weltweiten Aktivitäten deutlich ausgeweitet. Viele Unternehmen kooperieren mit ausländischen Unternehmen oder haben im Ausland Vertriebs- und Produktionskapazitäten errichtet. Auch bei der Wissensgenerierung sind die Unternehmen längst nicht mehr auf das Inland beschränkt. Dies zeigen die internationalen Patentstatistiken, mit deren Hilfe internationale Wissensnetzwerke unternehmensgenau identifiziert werden können.

In dieser Studie für die Hans-Böckler-Stiftung werden die Auswirkungen des Leistungsaustauschs auf die Wissensintensität der Branchen und Länder sowie die Wissensnetzwerke betrachtet. Die Auswirkungen des Leistungsaustauschs werden auf Basis internationaler Input-Output-Tabellen analysiert. Die Wissensvernetzung wird auf Basis internationaler Verflechtungen und internationaler Patentstatistiken dargestellt. Über die Zuordnung der Patente zu verschiedenen Klassen (Technologien, Branchen) und Ländern der Erfinder können die Wissensnetzwerke identifiziert und analysiert werden. Die Studie liefert nicht nur Ergebnisse für Deutschland, sondern in einem internationalen Vergleich auch für ausgewählte Wettbewerbsländer.

Im Anschluss an die Analyse werden Handlungsempfehlungen abgeleitet. Dabei lautet die Leitfrage: „Wie können die industriellen Wertschöpfungsketten in Deutschland wissensintensiver und damit zukunftsfähiger werden?“

3 Untersuchungsansatz

3.1 Internationaler Leistungsaustausch

Der internationale Leistungsaustausch ist in der Vergangenheit stärker in den Fokus der Untersuchungen gerückt. Die herkömmlichen Messzahlen zum internationalen Handel können die internationalen Wertschöpfungsketten nicht mehr richtig abbilden. Exportiert ein Land bspw. Mobiltelefone, werden dieser Export und auch die darin enthaltene Wertschöpfung zu 100 Prozent diesem Land zugeordnet. Dies führt aber zu Verzerrungen, wenn in dem Land lediglich die Endmontage stattfindet, während die verbauten Komponenten aus dem Ausland stammen. In diesem Fall entsteht nur ein Teil der Wertschöpfung im betrachteten Land. Mittels internationaler Input-Output-Tabellen, die die Vorleistungsverflechtungen zwischen den Ländern berücksichtigen, konnte dieser Effekt isoliert werden. Mit der Datenbank Trade in Value-Added (TiVA) von OECD und Weltbank lässt sich die Wertschöpfung in den globalen Wertschöpfungsketten besser den einzelnen Staaten zuordnen.

Hinter der TiVA stehen die weltweiten Produktionsverflechtungen, die von der OECD in den Inter-Country-Input-Output-Tabellen (ICIO) dargestellt werden. Bei den OECD-Tabellen handelt es sich um eine Branchendarstellung. Dargestellt werden die Verflechtungen zwischen den Branchen. Die Abgrenzung nach Branchen führt zu anderen Ergebnissen als die nach Produkten, wie sie in den Input-Output-Tabellen (IOT) des Statistischen Bundesamts vorgenommen wird. So werden mehr Aktivitäten dem Großhandel zugeordnet, auch wenn dieser mit Produkten des Maschinenbaus oder der Chemie handelt. Die ICIO ist somit nicht mit der IOT des Statistischen Bundesamts vergleichbar.

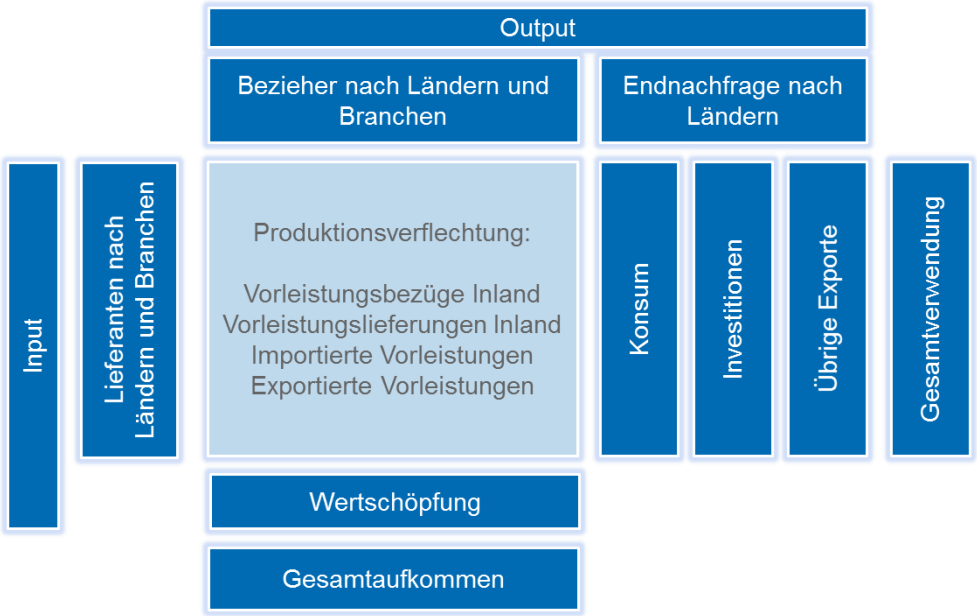
Die ICIO-Tabellen stellen die Grundlage für die Analyse der nationalen und internationalen Verflechtungen in Wertschöpfungsketten dar. Mittels der ICIO-Tabellen lassen sich vier entscheidende Größen für einzelne Branchen identifizieren, die durch den Leistungsaustausch zu einer geänderten FuE-Intensität der Branchen und/oder Ländern führen können (siehe Abbildung 3-1):

- Vorleistungsbezüge im Inland nach Herkunftsbranchen
- Vorleistungslieferungen im Inland nach Zielbranchen
- Importierte Vorleistungen nach Herkunftsland und -branchen
- Exportierte Vorleistungen nach Zielland und -branchen

Alle Angaben in den ICIO-Tabellen sind in US-Dollar.

Die aktuellsten ICIO-Tabellen liegen derzeit für das Berechnungsjahr 2011 für 34 Branchen sowie 61 Länder und Rest of World vor. Die Branchenabgrenzung erfolgt nach der International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC), Revision 3.1. Diese Abgrenzung entspricht in etwa der deutschen Wirtschaftszweigklassifikation 2003. Die Länderabdeckung entspricht 100 Prozent.

Abbildung 3-1: Grundschema der Produktionsverflechtung



Quelle: Eigene Darstellung

3.2 Internationale FuE-Ausgaben

Um die Auswirkungen des Leistungsaustauschs auf die FuE-Intensität zu ermitteln, sind für die Länder nach Branchen differenzierte FuE-Ausgaben heranzuziehen. Dabei werden nur die FuE-Anstrengungen des Wirtschaftssektors (Business Enterprise Research and Development (BERD) Expenditures) betrachtet. Wie in der ICIO auch, erfolgt die Darstellung in US-Dollar. Die Branchenabgrenzung erfolgt wie in der ICIO nach der ISIC Rev. 3.1.

Die internationalen FuE-Anstrengungen stammen in erster Linie aus den Datenbanken der OECD (Business enterprise R-D expenditure by industry (ISIC rev 3.1) auf OECD.Stat). Fehlende Daten für das Jahr 2011 wurden anhand anderer Jahre (korrigiert um das Wachstum der FuE-Ausgaben der nächstverfügbaren höheren Aggregationseinheit) oder anhand anderer Quellen (wie Eurostat) ergänzt. Für die europäischen Staaten kamen dabei vor allem Daten von Eurostat (FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor nach Industriezweigen (NACE Rev. 2) [rd_e_berdindr2]) zum Einsatz, was eine Umrechnung in die ISIC Rev. 3.1 erforderlich machte.

Es liegen nicht für alle Länder und alle Branchen Angaben zu den FuE-Inputs oder den Produktionsverflechtungen vor. Die fehlenden Daten begrenzen die in die Analyse

einbezogenen Länder und Branchen und schränken teilweise die Reichweite der Ergebnisse ein:

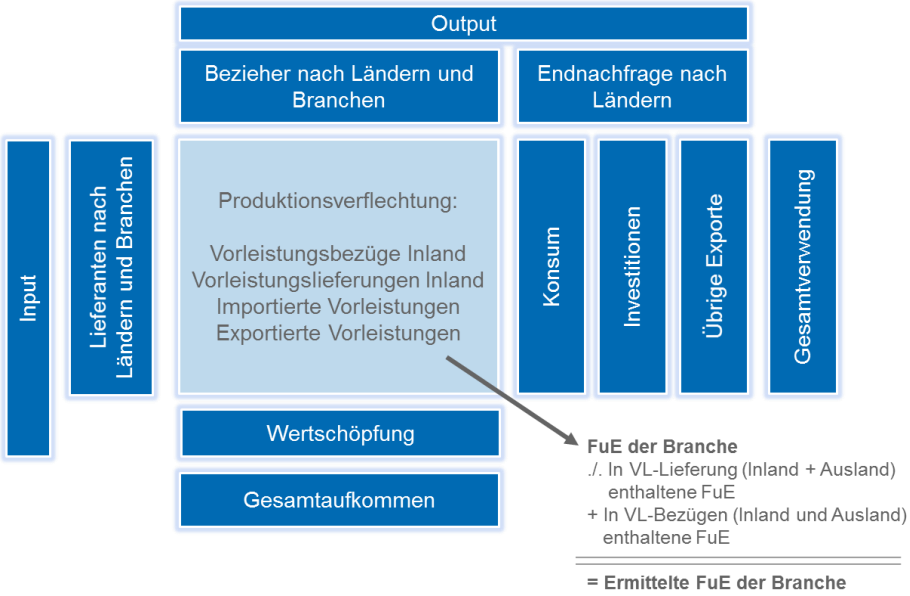
- Die Branchen mussten zu 23 Branchen zusammengefasst werden, was den Differenzierungsgrad der Analyse im Vergleich zur ICIO eingeschränkt. So ist die Pharmaindustrie Teil der Branche Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, da in der ICIO die Pharmabranche nicht gesondert dargestellt wird. Für Gummi/Kunststoff liegen in vielen Ländern keine gesonderten FuE-Ausgaben vor, wohl aber für die hier zusammengefasste Branche. Zudem konnten in wenigen Ländern nicht für alle Branchen differenzierte FuE-Inputs ermittelt werden. Dies umfasst knapp 3 Prozent der gesamten betrachteten FuE-Ausgaben.
- Deutlich stärker ist die Einschränkung bei den Ländern. Nach Branchen differenzierte FuE-Ausgaben liegen lediglich für 43 der 61 Länder aus der ICIO vor. Auch für die Gruppe Rest of World liegen keine differenzierten FuE-Inputs vor. Anhand der gesamten FuE-Ausgaben kann die Reichweite der 43 Länder abgeschätzt werden: Sie beträgt rund 94 Prozent der weltweiten FuE-Ausgaben. Zudem umfassen die 43 Länder rund 80 Prozent der weltweiten wirtschaftlichen Vorleistungsverflechtungen.

3.3 Leistungsaustausch und FuE-Intensität

Die ICIO-Daten und die FuE-Daten werden zusammengeführt, um die Auswirkungen des Leistungsaustauschs auf die FuE-Intensität abzubilden. Es wird davon ausgegangen, dass durch den nationalen und internationalen Austausch von Vorleistungen auch FuE ausgetauscht wird. Dabei wird angenommen, dass in den Verflechtungen die Branchendurchschnitte der FuE-Intensitäten enthalten sind. Während Vorleistungslieferungen ins In- und Ausland zu einem Abfluss von FuE-Inputs einer Branche führen, kommt es durch Vorleistungsbezüge aus dem In- und Ausland zu einem Zufluss (siehe Abbildung 3-2). Die Höhe der ausgetauschten FuE-Anstrengungen hängt dabei zum einen von der Höhe des Vorleistungsaustauschs und zum anderen von der FuE-Intensität der beteiligten Branchen ab.

Während im Inland die Summe der FuE-Inputs über alle Branchen durch den Leistungsaustausch unberührt bleibt und es lediglich zu einer Umverteilung kommt, kann die Beziehung zum Ausland zu einem Zu- oder Abfluss der gesamtwirtschaftlichen FuE-Anstrengungen führen. Ein Land kann somit Technologienehmer oder Technologiegeber sein.

Abbildung 3-2: Ermittlung der Technologiegeber und -nehmer



Quelle: Eigene Darstellung

3.4 Patente im Leistungsaustausch

Die FuE-Inputs sind nur ein erster Schritt der Annäherung. Patentschriften stellen einen weiteren Indikator zur Messung von Forschung, Entwicklung und Innovation. Im Unterschied zur Input-Größe FuE-Ausgaben handelt es sich bei Patenten um einen Output-Indikator. Die Anmeldung eines Patents ist ein Ergebnis im Forschungs- und Entwicklungsprozess und kann als Frühindikator für neues, potenziell kommerziell verwertbares Wissen herangezogen werden, zumal es einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Patenten und Exporterfolgen gibt (siehe Kapitel 2). Patente haben durch die Digitalisierung nicht an Bedeutung verloren. Im Gegenteil: In den vergangenen Jahren ist weltweit die Zahl der Patente in den Schlüsseltechnologien der Digitalisierung schneller gewachsen als die Gesamtzahl der Patente.

In dieser Analyse werden Patentdaten aus der Patentdatenbank des Europäischen Patentamts verwendet. Die Grundgesamtheit bilden neben Europäischen Patenten auch alle Patente, die nach dem PCT-Verfahren angemeldet wurden („EP/WO Patente“).[1] Im Veröffentlichungszeitraum Januar 1995 bis Dezember 2014 wurden rund drei Millionen EP/WO-Patente als Treffer erhalten und anhand der verwendeten Patent-

[1] Einzelne Patentschriften wurden entsprechend den Angaben bei den Patentämtern zu Patentfamilien zusammengefasst.

klassen entsprechend einer Konkordanz-Tabelle den CPA-Güterklassen und in weiterer Folge den 14 Themengruppen zugeordnet. Die Patentschriften enthalten Angaben zu Anmeldern und Erfindern. Die regionale Zuordnung der Patente erfolgt über die entsprechenden Merkmale der Erfinder (Wohnsitz) oder Anmelder (Sitz der Institution/Firma). Für die Analyse der Patente im Leistungsaustausch wurden die Themengruppen zudem verschiedenen Branchen zugeordnet.

Die Analyse der Patente im Leistungsaustausch erfolgt unter der gleichen Annahme wie die Analyse der FuE-Inputs. Es wird von branchendurchschnittlichen Patenten in den Vorleistungsverflechtungen ausgegangen, die den entsprechenden Ländern und Branchen zugeordnet sind.

Damit wird das Potenzial der Patentdaten in diesem Analyseschritt noch nicht vollends ausgenutzt. Patentschriften haben Mehrfacheinträge, die zur Darstellung von Netzwerk- und Kooperationsstrukturen genutzt werden können. Dabei sind verschiedene Sichtweisen auf Firmen, Erfinder, Regionen, Technologien und Branchen möglich. Kann ein Patent verschiedenen Branchen gleichzeitig zugeordnet werden oder sind bei einem Patent mehrere Erfinder oder Anmelder verzeichnet, kann über diese Informationen eine Beziehung zwischen den genannten Branchen, Erfindern oder Anmeldern hergestellt werden. Sind einem Patent durch die Erfinder oder Anmelder mehrere Regionen zugeordnet, wird dadurch die interregionale Zusammenarbeit dokumentiert.

3.5 Vernetzung über Patente

Die Analyse der Wissensvernetzung auf Basis der Patente erfolgt mittels der Mehrfacheinträge in den Patentschriften. Damit können tatsächliche Verbindungen zwischen den Akteuren oder den Technologiefeldern betrachtet werden.

In der Analyse der Wissensnetzwerke wird der Fokus auf den interregionalen und interdisziplinären Charakter der Patente gelegt.

Bei der Analyse der Patentdaten muss das unterschiedliche Patentierungsverhalten in den verschiedenen Branchen oder bei verschiedenen Technologien berücksichtigt werden. Einerseits unterscheidet sich der Forschungs- und Entwicklungsaufwand für eine patentierungsfähige Invention zwischen den Branchen deutlich.[2] Andererseits unterscheidet sich auch die Motivation, eine Patentierung für ein neues Produkt oder Verfahren zu erreichen, zwischen den Branchen. Bei Letzterem spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Wie gut lässt sich das Produkt selbst vor Nachbau und Nachahmung schützen? Welcher Aufwand muss für eine Patentierung getrieben werden? Wie lange stellt ein neues Produkt oder ein neues Verfahren einen so erheblichen Wettbewerbsvorteil dar, dass sich eine Patentierung lohnt?

[2] Einen Hinweis auf die Unterschiede im FuE-Aufwand je Patent geben Frietsch et al. (2014), S. 30.

Das unterschiedliche Patentierungsverhalten wird dadurch berücksichtigt, dass absolute Zahlen der Patentanmeldungen nicht über Branchen hinweg verglichen werden. Zulässig sind u. a.:

- Vergleiche innerhalb von Branchen im Zeitverlauf,
- Vergleiche identischer Branchen über Länder hinweg,
- Vergleiche von relativen Branchenkennziffern im Branchenvergleich (etwa: Anteil der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern in Branche 1 und 2).

Die Analyse der Vernetzung der Patente erfolgt mit mehreren Methoden. Mit Kennziffern aus der quantitativen Netzwerkanalyse lassen sich Struktur und Entwicklung des gesamten Patentnetzwerks und seiner Teile (z. B. Branchen oder Länder) beschreiben.

Neben der Beschreibung des Netzwerks und seiner Teile können die Angaben aus den Patenten auch zur Analyse der Vernetzung der einzelnen Knoten genutzt werden. Es lassen sich bspw. Aussagen über die Richtung und Intensität der Verflechtungen aus der Perspektive eines Landes treffen:

- Welches sind die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei den Patentanmeldungen im Jahr 2014?
- Welche Veränderungen ergaben sich zwischen 1995 und 2014?
- Welche Branchen in Deutschland sind über die Patentanmeldungen besonders stark international verflochten?

Zur Beschreibung der interdisziplinären und interregionalen Netzwerke wurden folgende Parameter berechnet:

- n – Zahl der Dokumente
- N – Zahl der Netzwerkknoten
- E – Zahl der Netzwerkkanten, mit dem Kantengewicht w
- D – Dichte, D = E/(N*(N-1)/2)
- <k> – durchschnittliche Gradzentralität.

Die Zahl der Dokumente (n) besteht in den Auffindungen in der o. g. Patentdatenbank. Die Zahl der Netzwerkknoten (N) stellt die Menge der Einheiten dar, zwischen denen das betrachtete Netz gespannt ist. Im Fall der interregionalen Vernetzung sind die Netzwerkknoten jene Länder, die an mindestens einem Patent beteiligt sind, das Erfinder aus mindestens zwei Ländern ausweist. Im Jahr 2014 sind dies 147 Länder.

Die Zahl der Netzwerkkanten (E) stellt die Menge der Verbindungen zwischen den Netzwerkknoten dar. Sind in einer Patentschrift Erfinder aus zwei Ländern erwähnt, wird damit eine Netzwerkkante zwischen diesen beiden Netzwerkknoten etabliert. Kommen weitere Patentschriften hinzu, die Erfinder aus genau diesen zwei Ländern enthalten, erhöht dies die Zahl der Netzwerkkanten jedoch nicht. Die mögliche Zahl der Netzwerkkanten ist durch die Zahl der Netzwerkknoten beschränkt und beläuft

sich auf E = N*(N-1)/2. Den Netzwerkkanten kann allerdings ein Gewicht zugeordnet werden, das sich aus der Zahl der bilateralen Patente zwischen zwei Knoten ergibt und mit dieser steigt.

Die Dichte des Netzwerks (D) berechnet sich dabei als Maß aus dem Verhältnis der vorhandenen Kanten zur Anzahl maximal möglicher Kanten. Sie ist definiert als

$$D = \frac{2 \cdot E}{N \cdot (N-1)}$$

D steigt mit E und sinkt mit N. Dabei bleibt das Kantengewicht unberücksichtigt. Die Kennziffer D kann Werte zwischen 0 (keine Verbindung) und 1 (maximale Vernetzung) annehmen.

Die durchschnittliche Gradzentralität <k> gibt die durchschnittliche Zahl der Verbindungen je Knoten an. Sie errechnet sich als

$$<\mathrm{k}> = \frac{2 \cdot E}{N}$$

Ihr Wertebereich liegt zwischen 0 und (N-1). Jeder Knoten kann maximal mit allen anderen Knoten verbunden sein.

4 Technologiegeber und Technologienehmer im Leistungsaustausch

4.1 Gesamtverflechtungen der Länder

Klassischer Ländervergleich: FuE-Ausgaben im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt

In Ländervergleichen werden häufig die gesamten FuE-Ausgaben (Gross domestic expenditure on R-D (GERD)) ins Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) gesetzt. Darin enthalten sind neben den FuE-Ausgaben der Wirtschaft auch die staatliche und weitere nicht staatliche Ausgaben sowie ausländische FuE-Ausgaben im Inland, wobei zwischen den Finanzierungsquellen unterschieden werden kann. Der Ländervergleich zeigt große Unterschiede (siehe Tabelle 4-1):

Tabelle 4-1: FuE-Quoten im internationalen Vergleich
GERD in Prozent des BIP im Jahr 2014

Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote
KOR[1]	4,29	AUS	2,11	LUX	1,26
ISR	4,11	CHN	2,05	ESP	1,23
JPN	3,59	CZE	2,00	NZL[3]	1,23
FIN	3,17	NLD	1,97	RUS	1,19
SWE	3,16	ISL	1,89	TUR	1,01
DNK	3,05	NOR	1,71	POL	0,94
AUT	2,99	GBR	1,70	SVK	0,89
CHE[2]	2,97	CAN	1,61	GRC	0,84
DEU	2,87	IRL	1,52	ZAF[2]	0,73
USA[1]	2,74	EST	1,44	ARG[1]	0,58
BEL	2,47	HUN	1,37	MEX	0,54
SVN	2,39	ITA	1,29	CHL	0,38
FRA	2,26	PRT	1,29		

[1] abweichend 2013 [2] abweichend 2012 [3] abweichend 2011
Quelle: OECD (2016a, 2016b); Eigene Berechnung

- In diesem internationalen Vergleich steht Korea mit einer FuE-Quote von 4,29 Prozent an der Spitze, gefolgt von Israel, Japan, Finnland und Schweden. Während in Korea und Japan die Unternehmen rund drei Viertel der FuE-Ausgaben beitragen, sind es in Finnland und Schweden rund 60 Prozent (Eurostat (2016)).
- Deutschland erreicht mit einer FuE-Quote von 2,87 Prozent Rang 9, noch vor den USA. In Deutschland stammen rund zwei Drittel der FuE-Ausgaben aus der Wirtschaft (Eurostat (2016)).
- China erreicht in diesem Vergleich eine Quote von 2,05 Prozent, was Rang 15 entspricht. In China entstammen rund drei Viertel der FuE-Ausgaben aus dem Unternehmenssektor (Eurostat (2016)).

Fazit: Korea, Israel und Japan sind im internationalen Vergleich die Länder mit den höchsten gesamtwirtschaftlichen FuE-Quoten. Es folgen weitere etablierte Industrieländer.

Globale Wertschöpfungsketten gehen mit einem intensiven Austausch von Vorleistungen einher (De Backer/Yamano (2012)). Dadurch werden nicht nur Vorleistungen, sondern auch die darin enthaltene FuE zwischen den Ländern getauscht. Länder mit geringer eigener FuE-Aktivität können über den Zukauf von Technologie ihre eigenen Produkte technologisch aufwerten. Gleichwohl werden in internationalen Vergleichen immer noch die FuE-Aktivitäten der Länder ohne Berücksichtigung des Leistungsaustauschs betrachtet.

Klassischer Ländervergleich auf Branchenebene: FuE-Ausgaben der Wirtschaft im Verhältnis zum Produktionswert

Die Analyse des Leistungsaustauschs findet auf Branchenebene statt. Auf dieser Ebene können die FuE-Ausgaben der Wirtschaft (BERD) verglichen werden. Als Betrachtungsjahr wird 2011 gewählt, da es sich derzeit um das aktuellste vorliegende Berichtsjahr zu den internationalen Produktionsverflechtungen handelt. Da anders als beim Bruttoinlandsprodukt beim Produktionswert auch die Vorleistungen in die Betrachtung einbezogen sind, fallen die Quoten niedriger aus (siehe Tabelle 4-2):

- Vor Berücksichtigung der Vorleistungsverflechtungen ergeben sich FuE-Quoten zwischen 0,05 Prozent in Zypern und 2,02 Prozent in Israel. Korea erreicht eine Quote von 1,16 Prozent. Im Vergleich zum Jahr 2014 verliert es einige Ränge, da in dem Land von 2011 bis 2014 die FuE-Anstrengungen nochmals deutlich gesteigert wurden.
- Auf dem ersten Rang steht nun Israel, gefolgt von vor allem etablierten Industrieländern wie Japan, Finnland, Schweden und Korea.
- Deutschland landet mit einer Quote von 1,04 Prozent auf Rang 8, einen Rang hinter den USA.
- Ebenfalls unter den Top 10 findet sich Slowenien.
- China erreicht mit einer FuE-Quote von 0,45 Prozent Rang 24. Dies liegt in China vor allem daran, dass dort deutlich mehr Vorleistungen eingesetzt wer-

den, wodurch der Produktionswert im Vergleich zum BIP deutlich stärker zunimmt als in anderen Staaten.

Fazit: Die etablierten Industrieländer weisen in der Regel höhere FuE-Quoten auf als die meisten aufholenden Industriestaaten. Die traditionellen FuE-Quoten zeigen deutliche Abstände, die darauf schließen lassen, dass sich die etablierten Industrieländer durch ihre FuE-Tätigkeiten deutliche Vorsprünge im internationalen Wettbewerb erarbeiten können.

Tabelle 4-2: FuE-Quoten vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
Anteil der FuE-Ausgaben der Wirtschaft (BERD) zum Produktionswert im Jahr 2011 in Prozent

Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote
ISR	2,02	AUS	0,65	NZL	0,21
JPN	1,40	GBR	0,63	ZAF	0,21
FIN	1,34	CHE	0,59	TUR	0,18
SWE	1,26	NLD	0,59	LUX	0,17
KOR	1,16	IRL	0,55	GRC	0,14
DNK	1,14	NOR	0,54	LTU	0,13
USA	1,13	CAN	0,54	POL	0,11
DEU	1,04	SGP	0,49	SVK	0,11
AUT	0,97	CHN	0,45	ROU	0,10
SVN	0,92	ESP	0,40	MEX	0,09
TWN	0,90	PRT	0,38	LVA	0,07
FRA	0,81	HUN	0,36	CHL	0,06
ISL	0,78	ITA	0,35	CYP	0,05
BEL	0,70	CZE	0,35		
EST	0,67	MLT	0,25		

Quelle: OECD (2016a, 2016c); Eigene Berechnung

Größengefälle bei den FuE-Anstrengungen

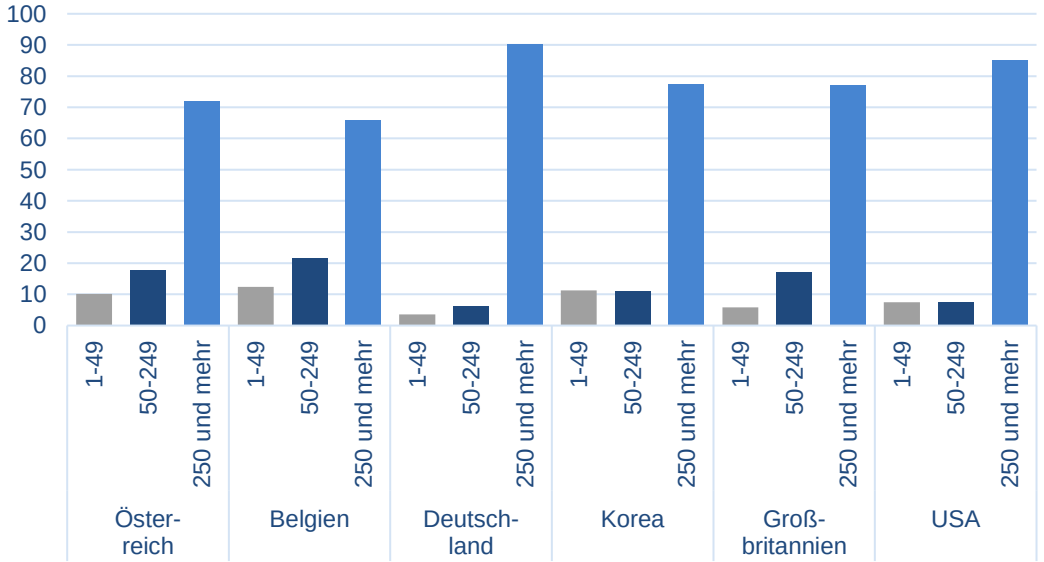
Die FuE-Ausgaben sind innerhalb der Länder nicht gleichmäßig auf die unterschiedlichen Beschäftigtengrößenklassen verteilt. Vielmehr gibt es ein starkes Größengefälle (siehe Abbildung 4-1):

- In allen betrachteten Ländern gibt es ein klares Größengefälle, wobei in Korea und den USA die Unterschiede zwischen den Unternehmen mit 1 bis 49 sowie 50 bis 249 Beschäftigten sehr gering ausfallen.
- In Deutschland sind die FuE-Ausgaben viel stärker auf die großen Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten konzentriert als in den anderen Ländern.
- In Ländern wie Österreich, Belgien oder Großbritannien, die über eine steuerliche FuE-Förderung für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) verfügen, weisen die KMU höhere Anteile an den gesamten FuE-Ausgaben auf.

Fazit: Bei den FuE-Anstrengungen gibt es ein starkes Größengefälle. In Deutschland sind die FuE-Ausgaben stärker auf die großen Unternehmen konzentriert, insbesondere im Vergleich mit Ländern, die FuE in KMU steuerlich fördern.

Abbildung 4-1: FuE-Ausgaben nach Beschäftigtengrößenklassen

Anteil an BERD in Prozent



Quelle: OECD (2016); Eigene Berechnung

FuE-Anstrengungen im Leistungsaustausch

Durch Vorleistungsexporte verringert sich die FuE eines Landes, durch Vorleistungsimporte gelangt zusätzlich FuE ins Land. Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben (BERD) können Länder durch den Vorleistungsaustausch also Technologiegeber oder Technologienehmer werden. Innerhalb eines Landes kommt es dage-

gen lediglich zu einer Umverteilung zwischen den Branchen. Die Summe aus den in den Inlandslieferungen und -bezügen enthaltenen FuE-Inputs gleicht sich aus, sodass das Länderaggregat gleich bleibt. Durch Leistungsaustausch ändern sich die Positionen der einzelnen Länder (siehe Tabelle 4-3):

Tabelle 4-3: Veränderung der FuE-Ausgaben (BERD) vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
In Prozent der BERD eines Landes vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs

Land	Anteil Saldo an BERD	Land	Anteil Saldo an BERD	Land	Anteil Saldo an BERD
MEX	238,3	CHN	17,9	NLD	-2,3
CYP	216,4	GRC	17,9	KOR	-2,5
SVK	152,1	IRL	13,9	USA	-4,1
LVA	145,3	NZL	13,4	BEL	-5,3
LUX	142,5	PRT	13,1	FIN	-6,0
POL	113,9	ESP	12,3	JPN	-7,3
CHL	99,5	CAN	10,7	DNK	-7,9
ROU	83,7	ISL	7,9	AUS	-8,0
MLT	67,2	ITA	7,9	SVN	-8,9
HUN	66,2	NOR	7,4	DEU	-8,9
LTU	54,2	EST	6,7	AUT	-9,4
CZE	38,8	GBR	4,9	SWE	-11,1
TUR	36,1	FRA	2,5	ISR	-12,6
ZAF	25,5	TWN	0,1		
SGP	22,1	CHE	-0,3		

Quelle: Eigene Berechnung

- Gemessen an den ursprünglichen FuE-Ausgaben führt der Saldo aus in den Vorleistungsexporten und -importen enthaltenen FuE-Inputs in 29 von 43 Ländern zu einem Zuwachs an Wissen.
- Technologiegeber sind – mit Ausnahme Sloweniens – die etablierten Industriestaaten. Größter Technologiegeber – gemessen an den eigenen FuE-Ausgaben – ist mit 12,6 Prozent Israel.
- Deutschland ist ebenfalls Technologiegeber und exportiert demnach knapp 9 Prozent seiner FuE-Anstrengungen über den Leistungsaustausch.

- Mit Frankreich, Italien und Großbritannien befinden sich auch gewichtige europäische Staaten unter den Technologienehmern.
- China ist ein großer Technologienehmer und gewinnt zu seinen eigenen FuE-Ausgaben knapp 18 Prozent durch den Leistungsaustausch hinzu.

Fazit: Die meisten etablierten Industrieländer sind Technologiegeber. Technologienehmer sind vor allem die aufholenden Industriestaaten.

Länder rücken durch den Leistungsaustausch bei der FuE-Intensität näher zusammen

Durch die Berücksichtigung des Leistungsaustauschs verändern sich die FuE-Quoten (siehe Tabelle 4-4):

- Den höchsten Zuwachs erreichen Luxemburg, Mexiko und Ungarn.
- Den größten Rückgang verzeichnen Israel, Schweden und Japan.
- In Deutschland sinkt die FuE-Quote von 1,04 Prozent auf 0,95 Prozent. Deutschland weist damit den viertstärksten Rückgang auf. Im internationalen Vergleich steht Deutschland weiterhin auf Rang 8.
- Gleichwohl ändert sich durch die Berücksichtigung des Leistungsaustauschs die Zusammensetzung der Staaten mit den höchsten und niedrigsten FuE-Quoten kaum. Während die Zusammensetzung der Top-15-Staaten unverändert bleibt, kann sich Mexiko am unteren Rand etwas nach oben absetzen.
- Durch den Leistungsaustausch rücken die Länder allerdings näher zusammen. Erreicht die chinesische FuE-Quote vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs 43,3 Prozent der deutschen Quote, sind es nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs bereits 55,8 Prozent.
- Insgesamt sinkt die Standardabweichung, also die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen FuE-Quoten von der durchschnittlichen Quote, von 0,45 auf 0,37.

Fazit: Insgesamt rücken die FuE-Quoten unter Berücksichtigung des Leistungsaustauschs enger zusammen, als dies die traditionellen FuE-Quoten darstellen. Zwar ändert sich nichts an der Rangfolge der Länder, die Vorsprünge fallen aber deutlich geringer aus.

Tabelle 4-4: FuE-Quoten nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
Anteil der neu berechneten FuE-Ausgaben der Wirtschaft (BERD) zum Produktionswert im Jahr 2011 in Prozent

Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote	Land	FuE-Quote
ISR	1,76	GBR	0,66	ITA	0,38
JPN	1,30	IRL	0,63	MEX	0,31
FIN	1,26	HUN	0,60	SVK	0,27
KOR	1,13	SGP	0,60	ZAF	0,26
SWE	1,12	CAN	0,59	TUR	0,25
USA	1,08	AUS	0,59	NZL	0,24
DNK	1,05	CHE	0,59	POL	0,24
DEU	0,95	NOR	0,58	LTU	0,20
TWN	0,90	NLD	0,57	ROU	0,18
AUT	0,88	CHN	0,53	LVA	0,17
ISL	0,85	CZE	0,48	GRC	0,17
SVN	0,84	ESP	0,44	CYP	0,15
FRA	0,83	PRT	0,43	CHL	0,13
EST	0,71	LUX	0,42		
BEL	0,67	MLT	0,41		

Quelle: Eigene Berechnung

Deutschland ist Technologiegeber

Deutschland ist über den Leistungsaustausch intensiv mit anderen Ländern verflochten. Dabei gibt Deutschland mehr Technologie ab, als es erhält. Die FuE-Anstrengungen unter Berücksichtigung des Leistungsaustauschs verringern sich um 8,9 Prozent im Vergleich zu den ursprünglichen FuE-Ausgaben des Landes. Dabei lassen sich regionale Unterschiede beobachten (siehe Abbildung 4-2):

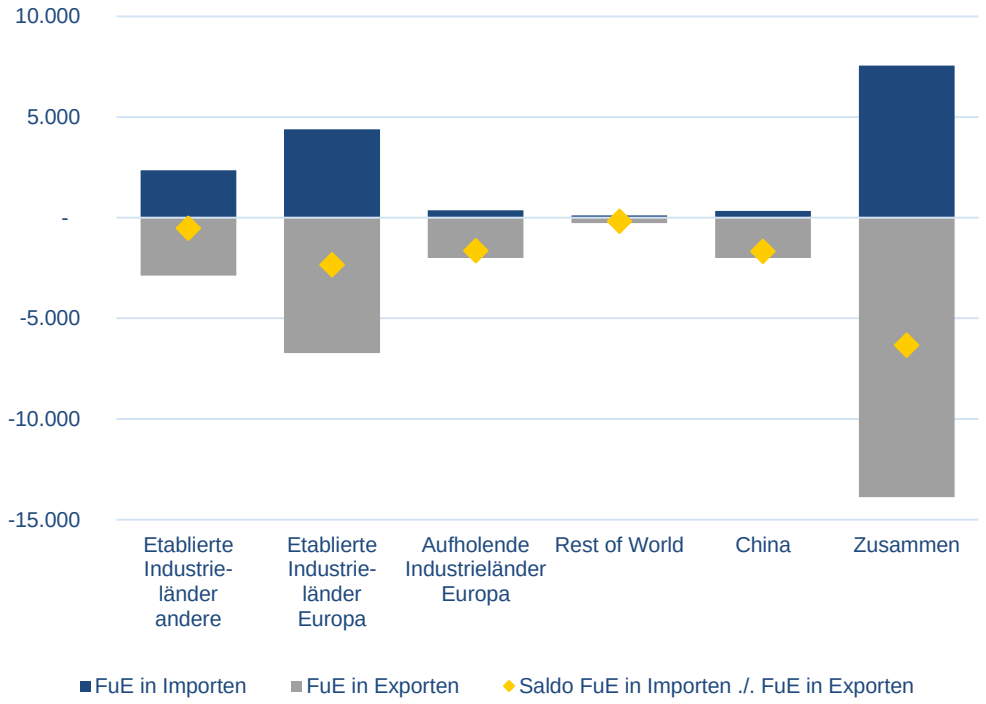
- Deutschland weist mit allen betrachteten Ländern und Ländergruppen einen negativen FuE-Saldo auf.
- Rund 63 Prozent des negativen Saldos entfallen auf andere europäische Staaten.
- Auf andere etablierte Industrieländer entfallen lediglich 8,2 Prozent des negativen FuE-Saldos.
- Gegenüber China weist Deutschland einen höheren negativen FuE-Saldo auf als gegenüber den hier betrachteten aufholenden Industrieländern Europas.

- Insgesamt beträgt der deutsche Saldo aus in den Vorleistungsimporten und -exporten enthaltenen FuE-Ausgaben 6.330 Millionen US-Dollar.

Fazit: Deutschland ist Technologiegeber. Beliefert wird vor allem Europa, wobei dies gleichermaßen für etablierte und aufholende Industrieländer gilt. Außerhalb Europas sind China und die etablierten Industrieländer wichtige Technologienehmer der deutschen Wirtschaft.

Abbildung 4-2: FuE-Austausch Deutschlands mit verschiedenen Ländern

FuE-Ausgaben in Millionen US-Dollar



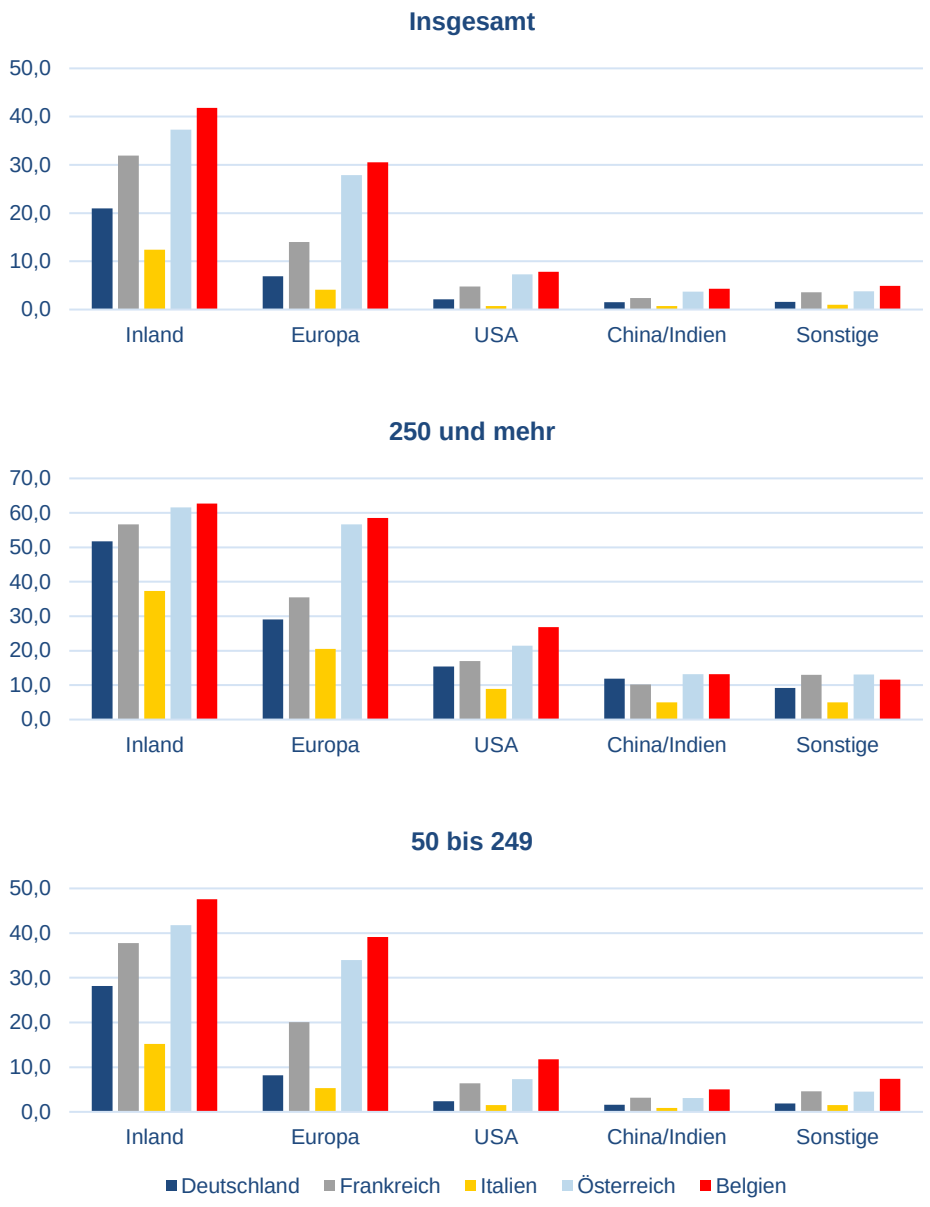
Quelle: Eigene Berechnung

Innovationskooperationen mit dem Ausland mit starkem Größengefälle

Die Zusammenarbeit von Unternehmen mit Partnern im In- und Ausland fällt in den Ländern unterschiedlich aus, wie die europäische Innovationserhebung zeigt. Dabei bestehen erhebliche Unterschiede nach Unternehmensgröße (siehe Abbildung 4-3).

Abbildung 4-3: Innovationszusammenarbeit mit Partnern aus unterschiedlichen Regionen

Anteil an den innovationstreibenden Unternehmen im jeweiligen Land in Prozent



Quelle: Eurostat (2016b)

- Vor allem Unternehmen aus kleineren Ländern kooperieren häufiger mit ausländischen Partnern, was an der mangelnden Verfügbarkeit von inländischen Kooperationspartnern liegen könnte. Da aber in Belgien und Österreich auch

die inländischen Kooperationen unter den innovationstreibenden Unternehmen stärker ausgeprägt sind, kann von einer höheren Kooperationsneigung ausgegangen werden.
- Die meisten Kooperationen finden im Inland statt, gefolgt von Kooperationen in Europa.
- Deutschland weist im Vergleich mit den anderen Ländern (mit Ausnahme Italiens) weniger Innovationskooperationen auf. Allerdings zählen in Deutschland deutlich mehr Unternehmen zu den innovationstreibenden Unternehmen, weshalb die absolute Zahl der kooperierenden Unternehmen auch in Deutschland hoch ausfällt.
- Die Abstände der großen deutschen Unternehmen zu den Unternehmen aus den anderen Ländern fallen deutlich geringer aus als die Abstände der Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten.

Fazit: Von den deutschen innovationstreibenden Unternehmen kooperiert ein geringerer Anteil als in anderen Ländern mit Partnern im In- und Ausland. Dies gilt insbesondere für die mittleren Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten.

4.2 Gesamtverflechtungen der Branchen

Umfangreicher Austausch zwischen den Branchen

Zwischen den betrachteten Branchen besteht weltweit ein erheblicher Leistungsaustausch. Es wird davon ausgegangen, dass in den getauschten Vorleistungen auch die branchenspezifischen FuE-Inputs enthalten sind. Der weltweite Saldo über alle Länder und Branchen ist ausgeglichen, da die in den Lieferungen enthaltene FuE der einen Branchen der in den Bezügen enthaltenen FuE einer anderen Branche entspricht. Die einzelnen Branchen können jedoch Technologiegeber oder -nehmer sein. Die einzelnen Branchen unterscheiden sich hier deutlich (siehe Tabelle 4-5):

- Der größte Technologienehmer ist der Staat zusammen mit den privaten und sozialen Dienstleistungen (65.497 Millionen US-Dollar), gefolgt vom Baugewerbe (30.817 Millionen US-Dollar) und dem Handel inklusive der Reparatur von Kfz (24.106 Millionen US-Dollar).
- In diesen drei Branchengruppen mit dem höchsten Zugewinn trägt das Inland zu mehr als vier Fünftel der höheren zugerechneten FuE-Inputs bei.
- Der weltweite Automobilbau ist ebenfalls ein Technologienehmer und verzeichnet im Saldo einen leichten Zugewinn (5.621 Millionen US-Dollar) an FuE.
- Den höchsten FuE-Zugewinn durch Vorleistungsbezüge und -importe kann die Elektrotechnik (66.161 Millionen US-Dollar) verzeichnen, gefolgt von Staat/Soziale Dienste/Sonstige Dienste (65.990 Millionen US-Dollar) und den sonstigen unternehmensnahen Diensten (51.186 Millionen US-Dollar). Gleichzeitig gibt die Elektrotechnik am meisten FuE an andere Branchen ab (-121.694 Millionen US-Dollar), sodass sie im Saldo (-55.533 US-Dollar) der größte Technologiegeber für andere Branchen ist.

Tabelle 4-5: FuE-Austausch zwischen den Branchen
In Millionen US-Dollar

	FuE in Vorleistungs-bezügen/-importen	FuE in Vorleistungsliefe-rungen/-exporten	Gesamtsaldo
Agrar	6.405	1.189	5.216
Bergbau	6.371	9.071	-2.701
Ernährung	10.825	6.596	4.228
Textil/Leder	4.753	3.280	1.473
Holz/Papier/Druck	10.368	7.136	3.233
Chemie/Gummi/ Kunststoff/Kokerei	47.181	97.809	-50.628
Steine und Erden/ Glas	4.550	6.542	-1.992
Roheisen/ Metallerzeugung	14.352	18.640	-4.288
Metallerzeugnisse	7.671	7.627	43
Maschinenbau	27.216	30.474	-3.258
Elektrotechnik	66.161	121.694	-55.533
Automobilbau	46.389	40.768	5.621
Sonstiger Fahrzeug-bau	17.301	22.216	-4.915
Sonstiges Verarbei-tendes Gewerbe	5.489	3.393	2.096
Strom/Gas/Wasser	7.819	2.301	5.518
Bau	31.886	1.069	30.817
Handel/Kfz-Reparatur	30.770	6.664	24.106
Gastgewerbe	7.106	22	7.084
Verkehr und Lagerei	17.499	3.820	13.679
Finanzdienste	16.163	6.250	9.912
Datenverarbeitung/ -banken	8.660	50.664	-42.004
Sonstige unter-nehmensnahe Dienste	51.186	64.392	-13.206
Staat/Soziale Diens-te/Sonstige Dienste	65.990	492	65.497

Quelle: Eigene Berechnung

- Weitere große Technologiegeber sind die Chemie/Gummi/Kunststoff (-50.628 Millionen US-Dollar), Datenverarbeitung/-banken (-42.004 Millionen US-Dollar) sowie die sonstigen unternehmensnahen Dienste (-13.206 Millionen US-Dollar).

Fazit: Mit Ausnahme des Automobilbaus sind alle FuE-starken Branchen weltweit Technologiegeber für andere Branchen. Besonders ausgeprägte Technologiegeber sind die Elektrotechnik, der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei und die Datenverarbeitung/-banken. Zudem sind die sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen Technologiegeber für andere Branchen.

Branchen rücken näher zusammen

Durch den Leistungsaustausch kommt es zu einer Neupositionierung der Branchen. Insgesamt rücken die FuE-Quoten der Branchen etwas näher zusammen (siehe Tabelle 4-6):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist das Gastgewerbe mit einer Quote von 0,004 Prozent die niedrigste FuE-Quote auf, gefolgt von Staat/Soziale Dienste/Sonstige Dienste (0,02 Prozent) und Agrar (0,06 Prozent).
- Nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist Agrar zwar eine höhere FuE-Quote (0,23 Prozent) auf, da es Technologienehmer ist. Im Vergleich fällt die Quote dieser Branche dennoch nun am niedrigsten aus. Es folgen das Gastgewerbe (0,26 Prozent), das ebenfalls Technologienehmer ist, und der Bergbau (0,29 Prozent), der Technologiegeber ist.
- Der Bereich Staat/Soziale Dienste/Sonstige Dienste ist ebenfalls Technologienehmer und kann seine FuE-Quote auf 0,39 Prozent steigern.
- Die höchste FuE-Quote vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist mit 6,19 Prozent der Sonstige Fahrzeugbau auf. Auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist der Sonstige Fahrzeugbau weiterhin die höchste FuE-Quote auf (5,68 Prozent). Allerdings ist der Abstand zur niedrigsten Quote um 0,74 Prozentpunkte geschrumpft.
- Die zweithöchste FuE-Quote weist die weltweite Elektrotechnik auf (4,88 Prozent vor bzw. 3,64 Prozent nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs).
- Die Datenverarbeitung/-banken und der Automobilbau tauschen durch die Berücksichtigung des Leistungsaustauschs die Plätze 3 und 4.
- Deutschland weist nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs in der Herstellung von Metallerzeugnissen (0,51 Prozent) und in der Bauwirtschaft (0,54 Prozent) eine leicht höhere FuE-Quote auf als die weltweite Branche.
- Diejenigen deutschen Branchen, die vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs eine höhere FuE-Quote aufweisen als die weltweite Branche, weisen dies auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs auf.
- Insgesamt rücken die Branchen enger zusammen. Die Standardabweichung, also die durchschnittliche Entfernung aller gemessenen FuE-Quoten von der durchschnittlichen Quote, sinkt von 1,72 auf 1,31.

Tabelle 4-6: FuE-Quoten der weltweiten Branchen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
BERD in Prozent des Produktionswerts

	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
Agrar	0,06	0,23
Bergbau	0,40	0,29
Ernährung	0,37	0,47
Textil/Leder	0,43	0,52
Holz/Papier/Druck	0,35	0,48
Chemie/Gummi/ Kunststoff/Kokerei	1,73	1,11
Steine und Erden/Glas	0,54	0,39
Roheisen/Metallerzeugung	0,62	0,49
Metallerzeugnisse	0,50	0,50
Maschinenbau	1,96	1,85
Elektrotechnik	4,88	3,64
Automobilbau	2,66	2,84
Sonstiger Fahrzeugbau	6,19	5,68
Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe	0,68	0,87
Strom/Gas/Wasser	0,12	0,31
Bau	0,09	0,52
Handel/Kfz-Reparatur	0,12	0,37
Gastgewerbe	0,00	0,26
Verkehr und Lagerei	0,13	0,41
Finanzdienste	0,16	0,33
Datenverarbeitung/-banken	4,71	2,07
Sonstige unternehmensnahe Dienste	0,68	0,60
Staat/Soziale Dienste/Sonstige Dienste	0,02	0,39

■ Deutsche Branchen weisen höhere FuE-Quoten auf.

Quelle: Eigene Berechnung

Fazit: Weltweit zählen der Fahrzeugbau, die Elektrotechnik, der Maschinenbau, die Datenverarbeitung/-banken und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei zu den FuE-stärksten Branchen. Auch in Deutschland weisen diese Branchen die höchs-

ten FuE-Quoten auf, wobei sie im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, im Maschinenbau und im Automobilbau höher ausfallen als die weltweiten Quoten. Mit Ausnahme des Automobilbaus sind alle FuE-starken Branchen weltweit Technologiegeber für andere Branchen. Die Reihenfolge unter den FuE-stärksten Branchen bleibt weitgehend unverändert. Insgesamt rücken weltweit die Branchen durch den Leistungsaustausch enger zusammen. Die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen und die deutsche Bauwirtschaft können ihre FuE-Quote durch den Leistungsaustausch über die weltweite Quote heben.

In Deutschland rücken Branchen zusammen

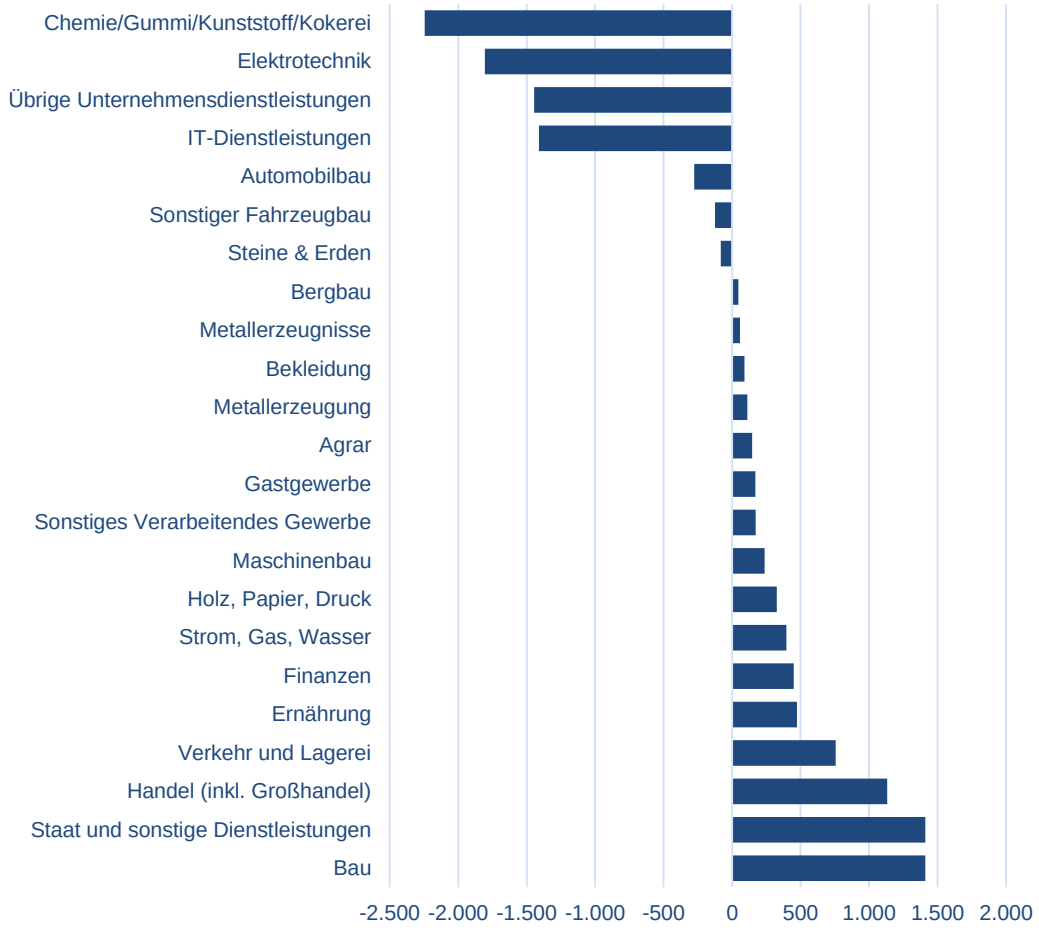
Innerhalb Deutschlands kommt es durch den Leistungsaustausch ebenfalls zu einer Verschiebung zwischen den Branchen. Über alle Branchen ist der Saldo ausgeglichen, da die Zuflüsse der einen Branche den Abflüssen der anderen Branche entsprechen. Wenige Branchen sind Technologiegeber, viele Branchen sind Technologienehmer (siehe Abbildung 4-4):

- Vor allem die Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, Elektrotechnik, übrige unternehmensnahe Dienstleistungen und IT-Dienstleistungen sind im Inland Technologiegeber für andere Branchen.
- Die größten Technologienehmer sind die Branchen Bau, der Staat und die sonstigen Dienstleistungen, der Handel (inkl. Großhandel und Reparatur von Kfz) sowie Verkehr und Lagerei. Auch der Maschinenbau ist innerhalb Deutschlands Technologienehmer.

Fazit: Im Inland sind vor allem das Baugewerbe sowie der Staat und die sonstigen Dienstleistungen Technologiegeber. Größte Technologiegeber sind die Elektrotechnik und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei. Insgesamt ist die Technologieintensität der Produkte vieler Branchen durch den Leistungsaustausch höher, als es die FuE-Quoten dieser Branchen ausweisen. Diese Branchen haben daher ein Interesse an starken Zulieferern.

Abbildung 4-4: Saldo der FuE-Ausgaben nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs innerhalb Deutschlands

FuE-Ausgaben in Millionen US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

Deutsche Branchen in unterschiedlichem Maße Technologiegeber

Im Austausch mit dem Ausland ändert sich das Bild teilweise. Insgesamt ist Deutschland Technologiegeber. Im Saldo gibt Deutschland über den Leistungsaustausch 6.330 Millionen US-Dollar FuE-Ausgaben mehr an das Ausland ab, als es von dort über den Leistungsaustausch erhält (siehe Abbildung 4-5):

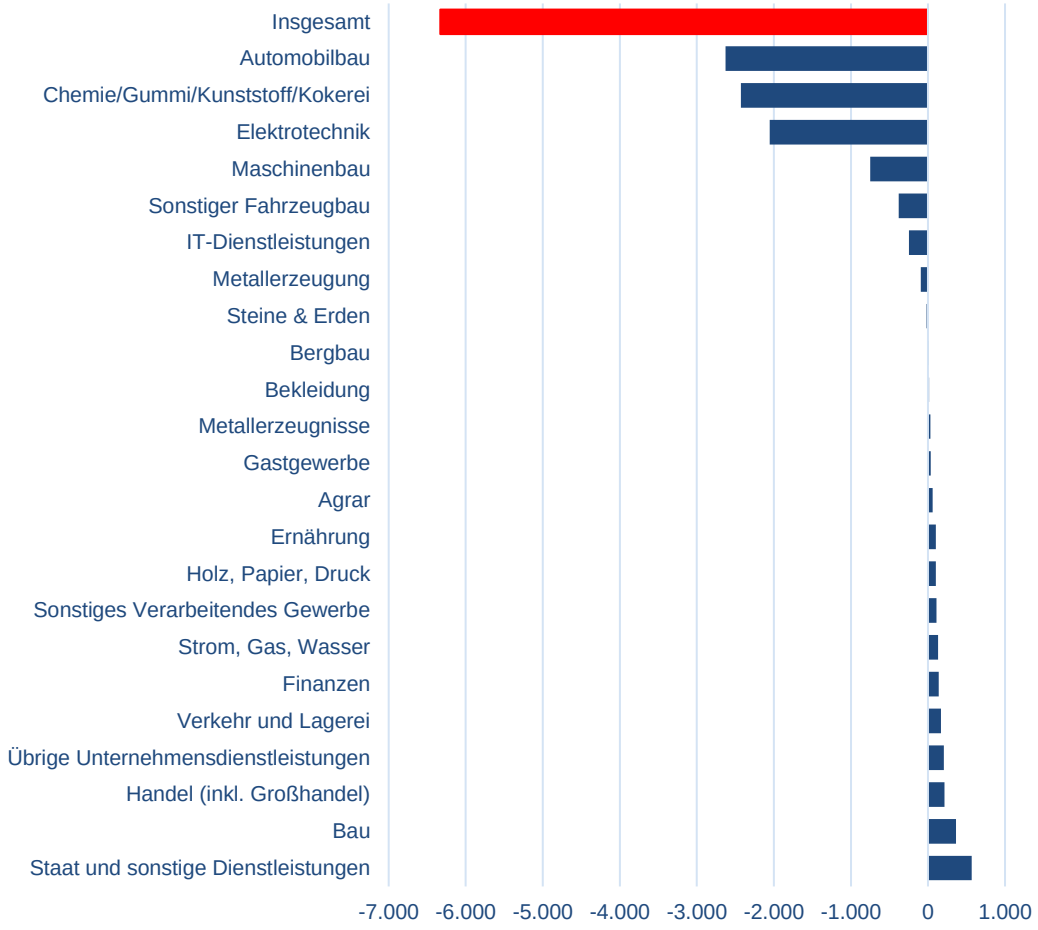
- Wie bereits im Inland sind die Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, Elektrotechnik und IT-Dienstleistungen Technologiegeber für das Ausland.
- Den höchsten negativen FuE-Saldo mit dem Ausland weist der deutsche Automobilbau auf, der damit ein wichtiger Technologiegeber für das Ausland ist.

- Der Maschinenbau weist – anders als im Inland – mit dem Ausland ebenfalls einen negativen FuE-Saldo auf.
- Die größten Technologienehmer durch die Leistungsverflechtungen mit dem Ausland sind der Staat und die sonstigen Dienstleistungen sowie die Branchen Bau und Handel (inkl. Großhandel und Reparatur von Kfz).

Fazit: Deutschland ist international Technologiegeber. Vor allem der deutsche Automobilbau ist Technologiegeber für das Ausland. Dies lässt sich mit der starken Weltmarktposition der deutschen Automobilzulieferer erklären.

Abbildung 4-5: Saldo der FuE-Ausgaben deutscher Branchen nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs mit dem Ausland

FuE-Ausgaben in Millionen US-Dollar



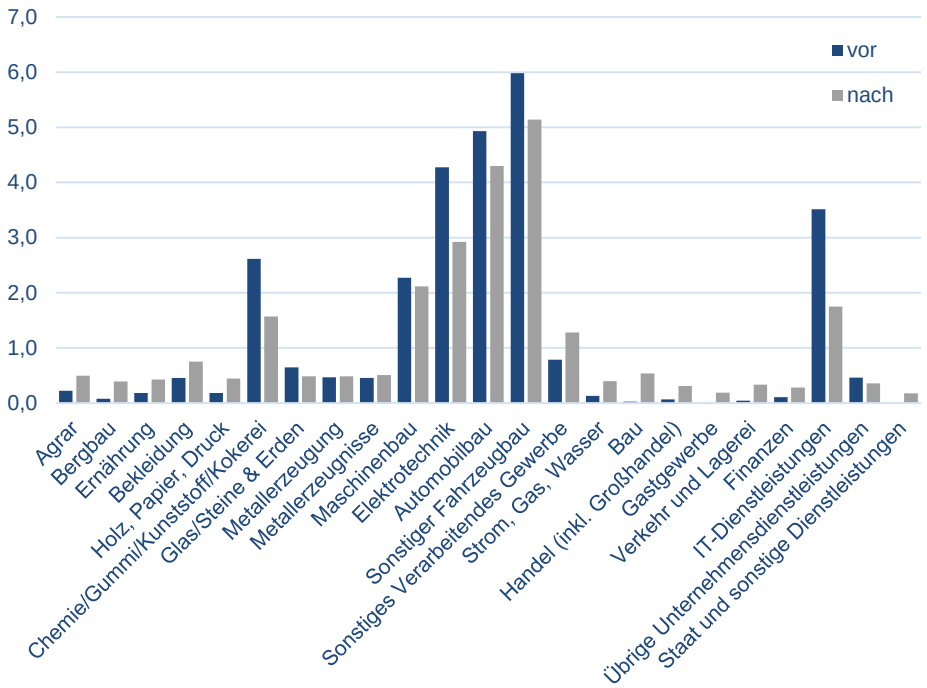
Quelle: Eigene Berechnung

Keine starken Verschiebungen in Deutschland

Durch den Leistungsaustausch verändern sich die FuE-Quoten der Branchen in Deutschland. Starke Verschiebungen bleiben dabei eher die Ausnahme (siehe Abbildung 4-6):

Abbildung 4-6: FuE-Quote in deutschen Branchen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs

FuE-Ausgaben in Prozent des Produktionswerts



Quelle: Eigene Berechnung

- Technologiegeber sind vor allem diejenigen Branchen, die zuvor die höchsten FuE-Quoten aufgewiesen haben. Besonders große Technologiegeber sind die IT-Dienstleister, die Elektrotechnik, der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei sowie der Automobilbau.
- Der Maschinenbau weist dagegen nur einen relativ geringen Rückgang seiner FuE-Quote durch seine Eigenschaft als Technologiegeber auf. Nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs übertrifft seine FuE-Quote diejenige der IT-Dienstleister und des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.

- Durch den Leistungsaustausch rücken die verschiedenen Branchen in Deutschland hinsichtlich ihrer FuE-Quote enger zusammen. Die Varianz zwischen den Branchen nimmt durch den Leistungsaustausch ab.

Fazit: In Deutschland rücken die Branchen durch den Leistungsaustausch im FuE-Gehalt ihrer Produkte enger zusammen. Auch hier sind die FuE-starken Branchen Technologiegeber für die übrigen Branchen. Gleichwohl ändert sich durch den Leistungsaustausch wenig an der Rangfolge der Branchen.

4.3 Verflechtungen nach Einzelbranchen

4.3.1 Maschinenbau

Leistungsaustausch im Maschinenbau

Der Maschinenbau ist über Vorleistungslieferungen und Vorleistungsbezüge mit anderen Branchen im Inland sowie über Vorleistungsexporte und -importe mit dem Ausland vernetzt. Der Grad der Vernetzung unterscheidet sich zwischen einzelnen Ländern (siehe Tabelle 4-7):

- Im Inland macht in den etablierten Industrieländern Deutschland, Frankreich und den USA der inländische Vorleistungsbezug 45 bis 51 Prozent des Produktionswerts aus, in China sind es 71 Prozent. Zudem liefern der chinesische und der US-amerikanische Maschinenbau mehr Vorleistungen im Inland. Offensichtlich liefert der deutsche Maschinenbau häufiger fertige Investitionsgüter, die dauerhafter in den Produktionsprozess seiner Kunden eingehen, während der chinesische und der US-Maschinenbau häufiger Vorleistungen liefern, die im Produktionsprozess des Kunden aufgehen.
- Im Auslandsgeschäft weist der deutsche Maschinenbau mit 20,9 Prozent die höchste Quote bei den Vorleistungsexporten auf. Einzig der deutsche Maschinenbau exportiert damit mehr Vorleistungen, als er importiert.
- Im Saldo bezieht der Maschinenbau in Deutschland, Frankreich und China mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er liefert. Lediglich in den USA übertreffen die Lieferungen und Exporte von Vorleistungen die Bezüge und Importe.

Fazit: Mit Ausnahme der USA bezieht der Maschinenbau in den betrachteten Ländern mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er dorthin liefert.

Tabelle 4-7: Vorleistungsverflechtungen im Maschinenbau
In Prozent des Produktionswerts

	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo aus Lieferungen/Exporten und Bezügen/Importen
D	29,6	45,3	20,9	15,6	-10,3
F	35,4	51,2	16,1	17,4	-17,1
USA	50,2	45,0	12,1	14,9	2,3
CHN	53,6	71,0	4,5	5,7	-18,6

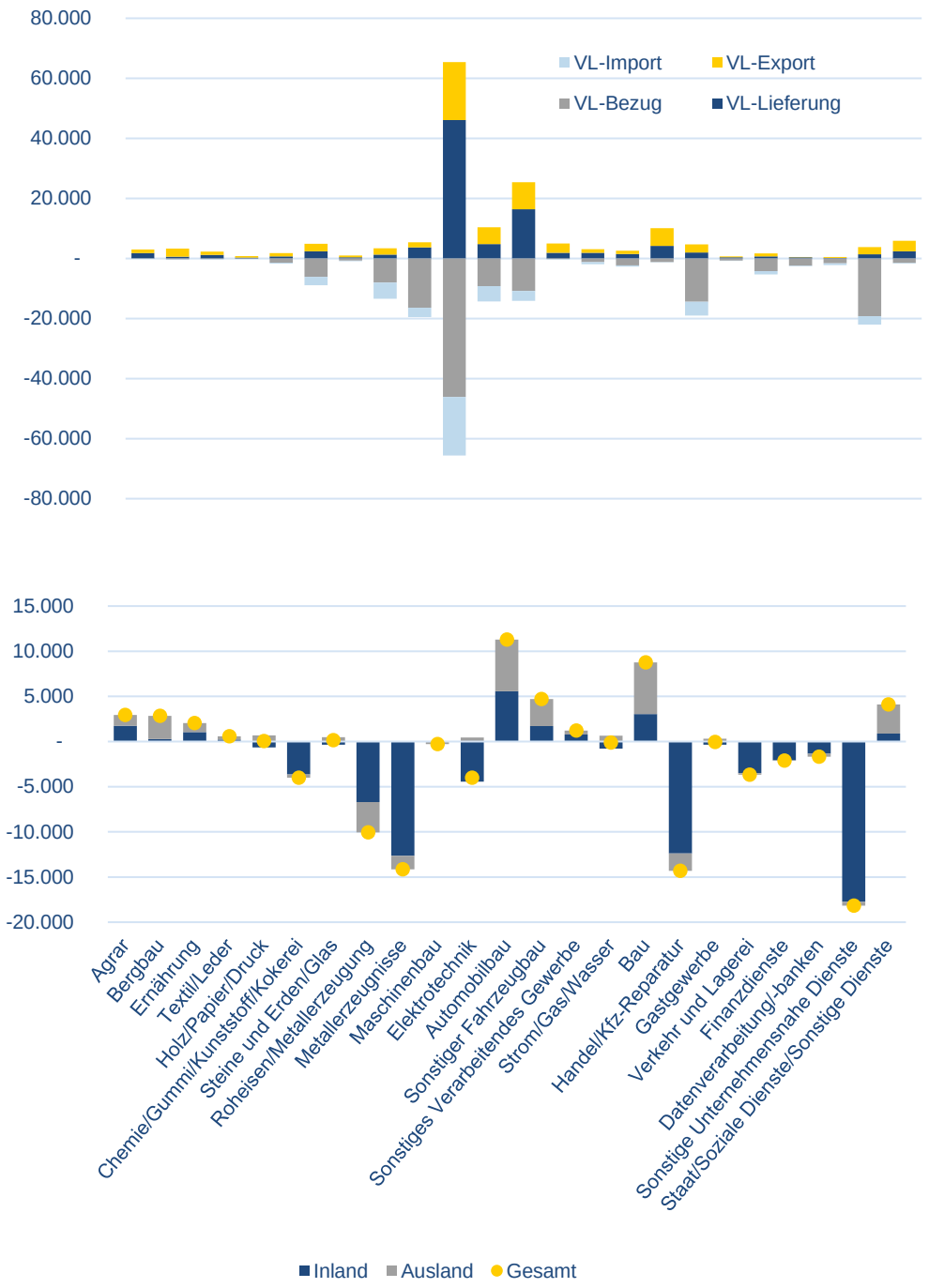
Quelle: Eigene Berechnungen

Der deutsche Maschinenbau bezieht mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er selbst liefert, wobei die Verflechtungen je nach Branche unterschiedlich ausfallen (siehe Abbildung 4-7):

- Die stärkste Verflechtung besteht innerhalb der eigenen Branche, wobei der Saldo aus Lieferungen und Bezügen per Definition ausgeglichen ist.
- Viele Vorleistungen bezieht der deutsche Maschinenbau zudem von den Herstellern von Metallerzeugnissen und den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen, zu denen auch die Forschung und Entwicklung zählt. Viele Vorleistungen werden außerdem über den Handel bezogen.
- Der Saldo aus inländischen Vorleistungsbezügen und -lieferungen fällt bei den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen am höchsten aus.
- Mit dem Ausland fällt der Saldo aus Vorleistungsimporten und -exporten vor allem im Austausch mit der Metallerzeugung und -bearbeitung hoch aus.
- Auf der anderen Seite ist der deutsche Maschinenbau vor allem Lieferant für die Automobilindustrie. Hier übertreffen die Vorleistungslieferungen und -exporte des deutschen Maschinenbaus die Bezüge und Importe von der Automobilindustrie deutlich.

Abbildung 4-7: Leistungsaustausch im deutschen Maschinenbau

In US-Dollar; Saldo aus VL-Lieferungen/-exporten und VL-Bezügen/-importen



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Verflechtungen im Maschinenbau

Aus dem Leistungsaustausch werden die FuE-Verflechtungen abgeleitet (siehe Kapitel 3.3). Ausgehend von der Annahme, dass in den gehandelten Vorleistungen die durchschnittliche FuE einer Branche enthalten ist, verändern sich die FuE-Anstrengungen einer Branche. Im Maschinenbau haben alle Länder mit Ausnahme der USA mehr Vorleistungen bezogen oder importiert, als sie geliefert oder exportiert haben. Dies bedeutet jedoch nicht, dass alle Länder dadurch zusätzlich FuE-Inputs angerechnet bekommen. Dies hängt vielmehr von der Zusammensetzung der Branchen, deren FuE-Aktivitäten und Länder zusammen, mit denen Vorleistungen ausgetauscht werden (siehe Tabelle 4-8):

- In allen etablierten Industrieländern ist der Maschinenbau im Leistungsaustausch Technologiegeber. Lediglich der chinesische Maschinenbau ist Technologienehmer.
- Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben verliert der Maschinenbau in Deutschland dadurch 6,9 Prozent seiner FuE-Ausgaben, in Frankreich -17,9 Prozent und in den USA 21,4 Prozent. Der chinesische Maschinenbau gewinnt durch den Leistungsaustausch 5,3 Prozent seiner ursprünglichen FuE-Ausgaben hinzu.
- Lediglich in Deutschland ist der Maschinenbau im Inland Technologienehmer. In allen anderen Ländern ist der Maschinenbau im Inland Technologiegeber.
- Im Austausch mit dem Ausland ist ausschließlich der chinesische Maschinenbau Technologienehmer, während der Maschinenbau in den etablierten Industrieländern Technologiegeber für das Ausland ist.

Tabelle 4-8: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch im Maschinenbau
In Mio. US-Dollar

	FuE in				
	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo
D	- 2.200	2.438	- 1.557	809	-511
F	-743,0	490,9	-338,3	213,8	-376,6
USA	-4.772,9	3.161,1	-1.154,0	733,2	-2.032,6
CHN	-6.396,3	5.996,0	-535,4	1.573,4	637,8

Quelle: Eigene Berechnung

Der Leistungsaustausch wirkt sich auf die FuE-Quoten des Maschinenbaus in den Ländern unterschiedlich aus (siehe Tabelle 4-9):

- In den etablierten Industrieländern verringert sich im Maschinenbau durch den Leistungsaustausch die FuE-Quote. Sie fällt nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs um 0,2 bis 0,6 Prozentpunkte geringer aus.
- Zugleich nähern sich die FuE-Quoten des Maschinenbaus in den etablierten Industrieländern an. Weist der deutsche Maschinenbau vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs gegenüber dem US-Maschinenbau eine um 0,6 Prozentpunkte geringere FuE-Quote auf, reduziert sich dieser Unterschied nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs auf 0,2 Prozentpunkte.
- Der chinesische Maschinenbau ist Technologienehmer. Gleichwohl bleibt seine FuE-Quote trotz einer Steigerung um 0,1 Prozentpunkte mit 1,1 Prozent immer noch deutlich unter der FuE-Quote in den etablierten Industrieländern.

Tabelle 4-9: FuE-Quoten des Maschinenbaus vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
FuE in Prozent des Produktionswerts

	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
D	2,3	2,1
F	2,5	2,1
USA	2,9	2,3
CHN	1,0	1,1

Quelle: Eigene Berechnung

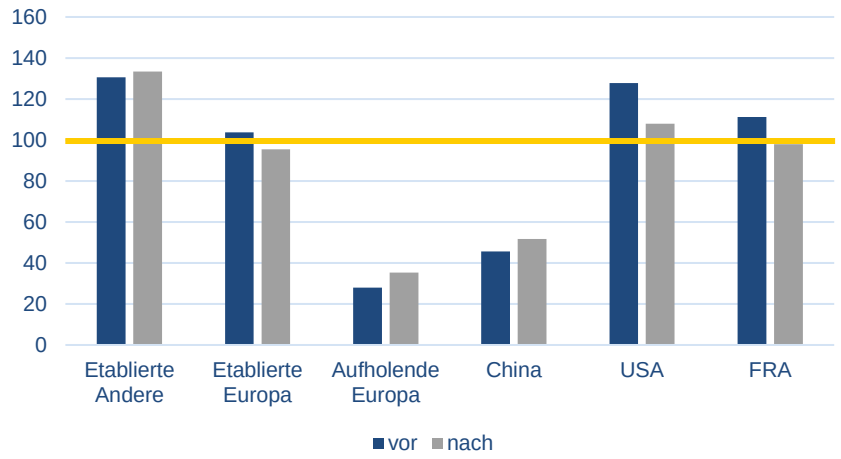
Die Position des deutschen Maschinenbaus verändert sich im Vergleich zu anderen Ländern (siehe Abbildung 4-8):

- Der Maschinenbau in den etablierten europäischen Industriestaaten verliert gegenüber dem deutschen Maschinenbau. War die FuE-Quote vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs in diesen Ländern noch höher als im deutschen Maschinenbau, fällt sie nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs niedriger aus.
- Der Maschinenbau in den anderen etablierten Industrieländern kann seinen Abstand bei der FuE-Quote gegenüber dem deutschen Maschinenbau etwas erhöhen.
- Die FuE-Quote im US-amerikanischen und französischen Maschinenbau nähert sich dagegen dem deutschen Maschinenbau an.
- Die aufholenden Industrieländer Europas und China können gegenüber dem deutschen Maschinenbau etwas aufholen. Gleichwohl liegt ihre FuE-Quote

auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs noch deutlich unter der FuE-Quote des deutschen Maschinenbaus.

Abbildung 4-8: FuE-Quoten vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zum deutschen Maschinenbau

Index: Deutschland = 100



Quelle: Eigene Berechnung

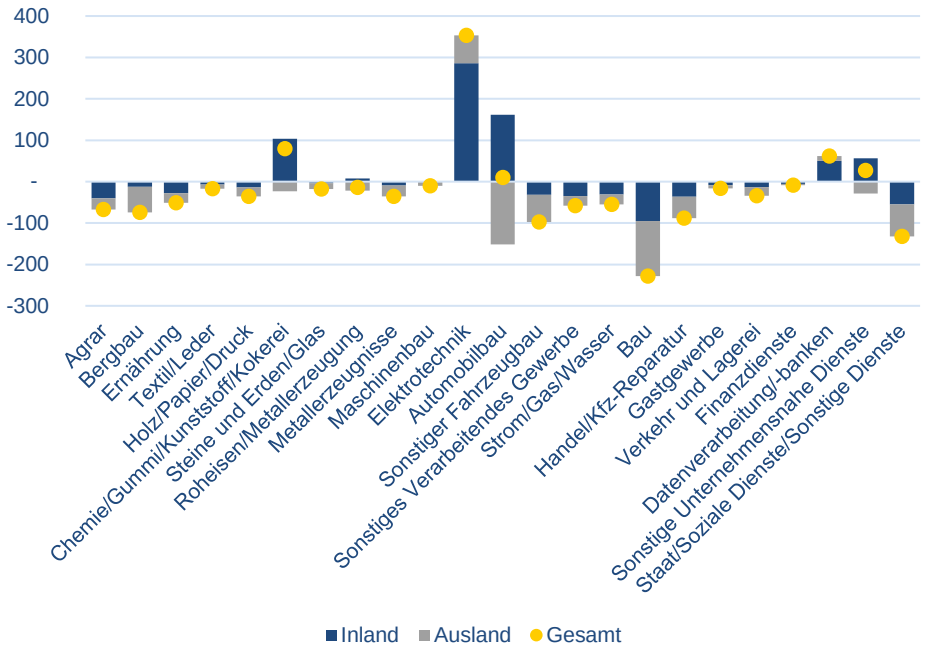
Der deutsche Maschinenbau bezieht mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er selbst liefert. Dennoch wird ein Teil seiner FuE-Anstrengungen aufgrund des Leistungsaustauschs anderen Branchen und vor allem dem Ausland zugerechnet. Dabei bestehen Unterschiede zwischen In- und Ausland sowie zwischen den Branchen (siehe Abbildung 4-9):

- Die stärkste Verflechtung besteht innerhalb der eigenen Branche im Inland, wobei der Saldo aus Lieferungen und Bezügen und damit der FuE-Saldo per Definition im Inland ausgeglichen ist.
- Größter Technologiegeber des Maschinenbaus ist die Elektrotechnik im In- und Ausland (354 Millionen US-Dollar).
- Größter Technologienehmer vom Maschinenbau ist das Baugewerbe (228 Millionen US-Dollar).
- Der Gesamtsaldo mit der Automobilindustrie ist fast ausgeglichen, wobei im Inland der Saldo positiv (162 Millionen US-Dollar) und im Ausland negativ (-152 Millionen US-Dollar) ausfällt.

- Ein starker Leistungsaustausch besteht weiterhin mit den Herstellern von Metallerzeugnissen und den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen, zu denen auch die Forschung und Entwicklung zählt. Während der Maschinenbau Technologiegeber für die Hersteller von Metallerzeugnissen ist, ist er selbst Technologienehmer von den sonstigen unternehmensnahen Diensten.

Abbildung 4-9: FuE-Saldo im deutschen Maschinenbau durch den Leistungsaustausch

In Mio. US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Impulse des Maschinenbaus aus anderen Branchen

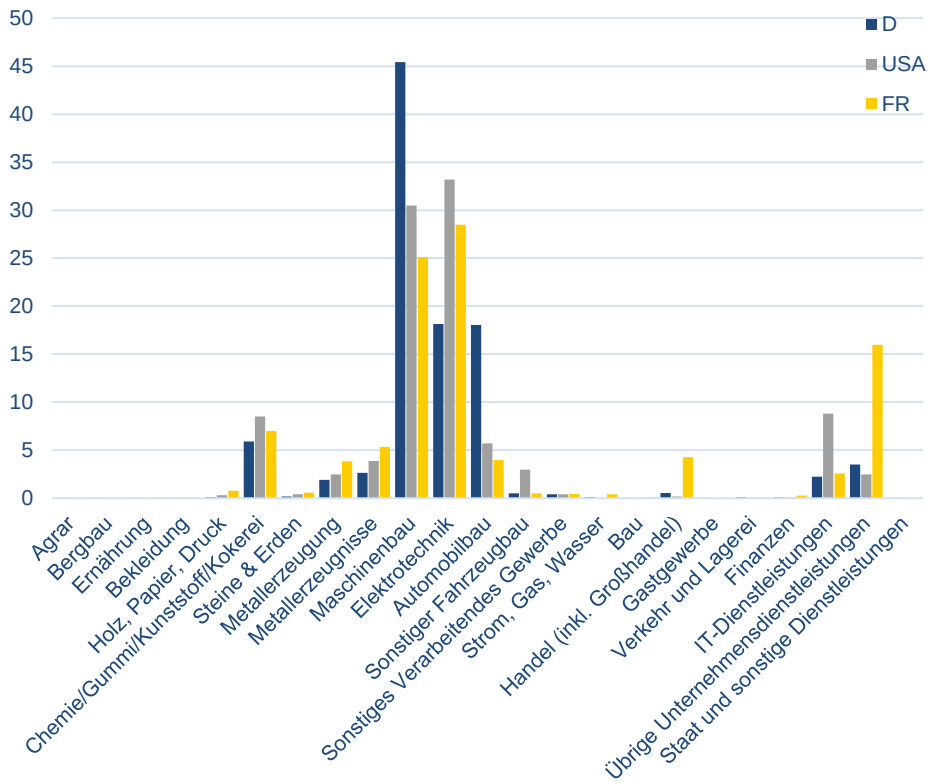
Der deutsche Maschinenbau erhält über die inländischen Vorleistungsbezüge und die importierten Vorleistungen aus anderen Branchen und Ländern starke Technologieimpulse (FuE-Ausgaben von 3.247 Millionen US-Dollar). Die Herkunft des FuE-Inputs unterscheidet sich im deutschen Maschinenbau gegenüber dem Maschinenbau in anderen Staaten (siehe Abbildung 4-10):

- Der deutsche Maschinenbau weist eine stärkere FuE-Verflechtung mit der eigenen Branche auf.

- In Frankreich und den USA kommen hingegen deutlich mehr Impulse aus der Elektrotechnik. Gleichwohl steht dahinter nur ein geringfügig höherer Leistungsaustausch zwischen dem dortigen Maschinenbau und der Elektrotechnik. Ausschlaggebend sind vielmehr die höheren FuE-Quoten der beteiligten Elektrotechnik. Weiterhin fällt auf, dass der deutsche Maschinenbau im Jahr 2005 noch einen deutlich höheren Anteil seiner Vorleistungen von der Elektrotechnik bezogen hat als im Jahr 2011.
- In den USA ist zudem der Leistungsaustausch mit den IT-Dienstleistungen stark ausgeprägt, was auf höhere Vorleistungslieferungen dieser Branche zurückzuführen ist. In Frankreich liefern die übrigen Unternehmensdienstleistungen mehr Impulse, zu denen auch Forschung und Entwicklung zählen. Der französische Maschinenbau bezieht aus diesen Branchen deutlich mehr Vorleistungen als der deutsche oder US-amerikanische Maschinenbau.

Abbildung 4-10: Herkunft der im Leistungsaustausch des Maschinenbaus enthaltenen FuE-Ausgaben

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

Zwischenfazit Maschinenbau: Der Maschinenbau ist auf der Produktionsseite eher Bezieher als Lieferant von Vorleistungen. In Deutschland ist der Maschinenbau mit verschiedenen Branchen im In- und Ausland stark vernetzt und bezieht mehr Vorleistungen, als er selbst liefert. Dennoch ist der deutsche Maschinenbau im Leistungsaustausch Technologiegeber. Gleichwohl kann der deutsche Maschinenbau die Abstände bei der FuE-Quote zu anderen Ländern wie den USA oder Frankreich durch den Leistungsaustausch etwas verringern. Gleichzeitig nähern sich die aufholenden Industrieländer von unten etwas an den deutschen Maschinenbau an. Externes Potenzial zur Steigerung der FuE-Quote hat der deutsche Maschinenbau ggf. noch durch den verstärkten Leistungsaustausch mit der Elektrotechnik, den IT-Dienstleistungen und forschungsstarken übrigen unternehmensnahen Dienstleistungen.

4.3.2 Automobilbau

Leistungsaustausch im Automobilbau

Der Automobilbau ist eine Branche, die stark mit anderen Branchen verflochten ist. In sämtlichen Ländern bezieht der Automobilbau mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er liefert. Allerdings verbergen sich dahinter gänzlich andere Verflechtungsstrukturen (siehe Tabelle 4-10):

- Gemessen am Produktionswert fällt der Saldo aus Vorleistungslieferungen/-exporten und Vorleistungsbezügen/-importen in Frankreich (-57 Prozent) und in den USA (-41 Prozent) besonders hoch aus
- Der deutsche Automobilbau (-25 Prozent) und der chinesische Automobilbau (-24 Prozent) weisen einen vergleichbaren Saldo auf.
- In den etablierten Industrieländern Deutschland, Frankreich und den USA macht der inländische Vorleistungsbezug im Automobilbau zwischen 53 und 61 Prozent des Produktionswerts aus. In China liegt diese Quote bei 75 Prozent.
- Die Quote an inländischen Vorleistungslieferungen beträgt in China fast 57 Prozent des Produktionswerts, Deutschland erreicht hier nur knapp 31 Prozent und Frankreich sogar nur 12,6 Prozent.
- Im Auslandsgeschäft beträgt die Quote der chinesischen Vorleistungsexporte dagegen nur 1,4 Prozent des Produktionswerts. Hier weisen Deutschland (16,4 Prozent) und Frankreich (14,6 Prozent) die höchsten Quoten auf, was auf eine international wettbewerbsfähige Kfz-Zulieferindustrie hindeutet.

Tabelle 4-10: Vorleistungsverflechtungen im Automobilbau
In Prozent des Produktionswerts

	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo aus Lieferungen/Exporten und Bezügen/Importen
D	30,7	53,8	16,4	17,7	-24,5
F	12,6	60,6	14,6	23,7	-57,1
USA	33,3	59,3	7,9	22,4	-40,5
CHN	56,9	75,3	1,4	6,8	-23,8

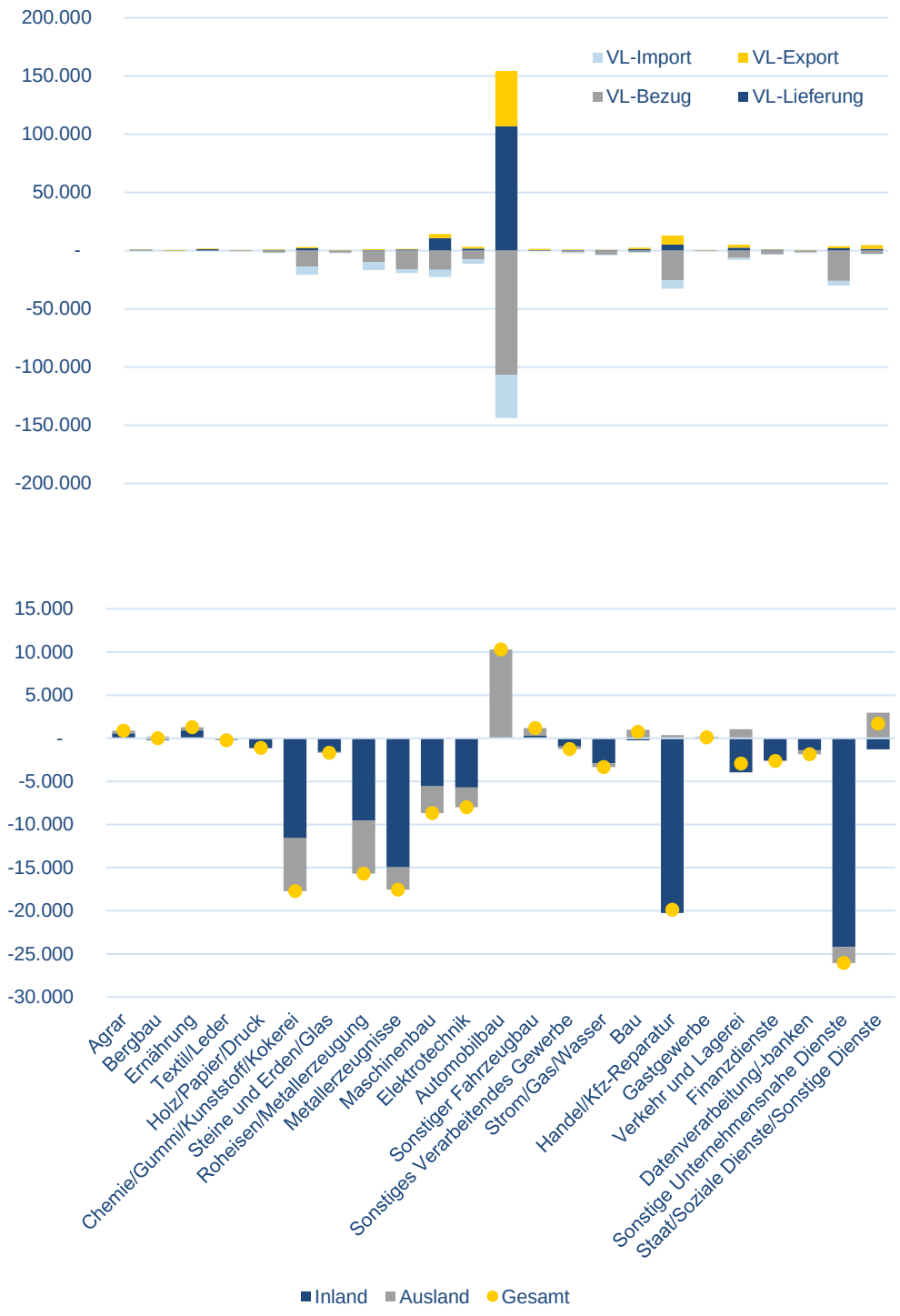
Quelle: Eigene Berechnungen

Der deutsche Automobilbau bezieht mehr Vorleistungen aus dem In- und Ausland, als er selbst liefert. Dabei bestehen erhebliche Unterschiede (siehe Abbildung 4-11):

- Die stärkste Verflechtung besteht innerhalb der eigenen Branche zwischen den Herstellern und den Zulieferern, wobei der Saldo aus Lieferungen und Bezügen per Definition im Inland ausgeglichen ist.
- Die starke Zulieferindustrie ist der Grund, warum innerhalb des Automobilbaus die Vorleistungsexporte die -importe deutlich übertreffen.
- Im Inland wird der größte Saldo aus Vorleistungsbezügen und -lieferungen im Austausch mit den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistern erreicht. Dahinter stehen forschungsintensive Bereiche wie die Branche Forschung und Entwicklung, aber auch die weniger forschungsintensive Personalüberlassung.

Abbildung 4-11: Leistungsaustausch im deutschen Automobilbau

In US-Dollar; Saldo aus VL-Lieferungen/-exporten und VL-Bezügen/-importen



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Verflechtungen im Automobilbau

In der Automobilindustrie fallen die aus dem Leistungsaustausch abgeleiteten FuE-Verflechtungen deutlich unterschiedlich aus (siehe Tabelle 4-11):

- Im Inland ist lediglich die deutsche Automobilindustrie Technologiegeber für andere Branchen. In den übrigen Ländern ist die Automobilindustrie im Inland Technologienehmer.
- Gleiches gilt für den Leistungsaustausch mit dem Ausland: Lediglich die deutsche Automobilindustrie ist hier Technologiegeber. Alle anderen Länder sind hingegen Technologienehmer. Dies gilt auch für die französische Automobilindustrie, die zwar viele Vorleistungen exportiert, zugleich aber auch viele importiert.
- Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben verliert der Automobilbau in Deutschland dadurch 12,8 Prozent seiner FuE-Anstrengungen. Dagegen gewinnt er in Frankreich 22,6 Prozent und in den USA 17,7 Prozent hinzu.
- Die chinesische Automobilindustrie ist der größte Gewinner und kann durch den Leistungsaustausch ihre ursprünglichen FuE-Ausgaben um 28,6 Prozent steigern.

Tabelle 4-11: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch der Automobilindustrie
In Mio. US-Dollar

	FuE in				
	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo
D	-6.953,4	6.677,9	-3.719,4	1.092,7	-2.902,2
F	-335,9	878,6	-388,1	448,3	602,9
USA	-3.948,8	5.302,3	-936,0	1.680,3	2.097,8
CHN	-4.211,3	4.766,4	-102,7	1.661,7	2.114,1

Quelle: Eigene Berechnung

Die deutsche Automobilindustrie ist im internationalen Branchenvergleich größter Technologiegeber (siehe Tabelle 4-12):

- Die FuE-Quote der deutschen Automobilindustrie fällt um 0,6 Prozentpunkte. Mit 4,3 Prozent fällt sie dennoch höher aus als in allen anderen betrachteten Staaten.
- Die französische Automobilindustrie kann ihre FuE-Quote durch den Leistungsaustausch um 0,5 Prozentpunkte auf 2,9 Prozent steigern.

- In China steigt die FuE-Quote auf 1,1 Prozent. Sie liegt damit weiterhin deutlich unter der FuE-Quote in anderen Ländern, wobei der Abstand zu Frankreich und den USA durch Berücksichtigung des Leistungsaustauschs größer ausfällt.

Tabelle 4-12: FuE-Quoten der Automobilindustrie vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
FuE in Prozent des Produktionswerts

	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
D	4,9	4,3
F	2,4	2,9
USA	2,7	3,1
CHN	0,9	1,1

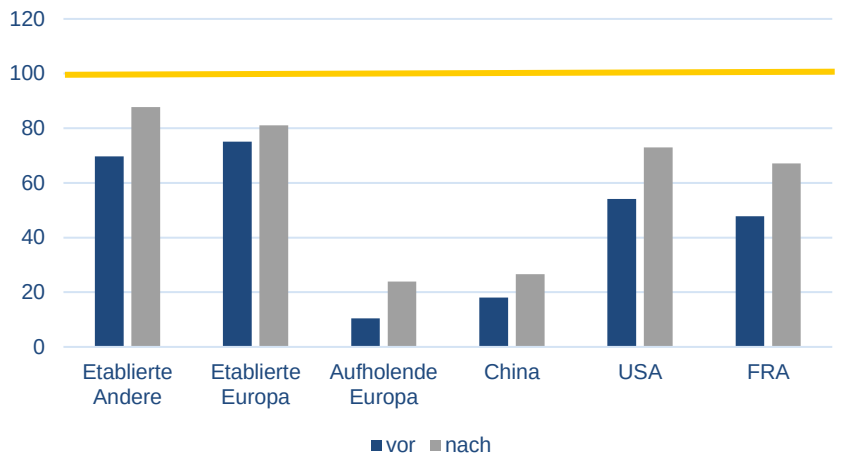
Quelle: Eigene Berechnung

Der deutsche Automobilbau ist ein großer Technologiegeber. Durch den Leistungsaustausch nähern sich die anderen Länder etwas an (siehe Abbildung 4-13):

- Alle betrachteten Länder(-gruppen) nähern sich durch die Berücksichtigung des Leistungsaustauschs etwas an den deutschen Automobilbau an, ohne jedoch das Niveau des deutschen Automobilbaus erreichen zu können.
- Die FuE-Quote im US-amerikanischen und französischen Automobilbau nähert sich stärker dem deutschen Automobilbau an als China.
- Die aufholenden Industrieländer Europas können ebenfalls gegenüber dem deutschen Automobilbau etwas aufholen, gleichwohl bleibt der Abstand im Vergleich zu Deutschland am größten.

Abbildung 4-12: FuE-Quoten der Automobilindustrie vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich mit der deutschen Automobilindustrie

Index: Deutschland = 100



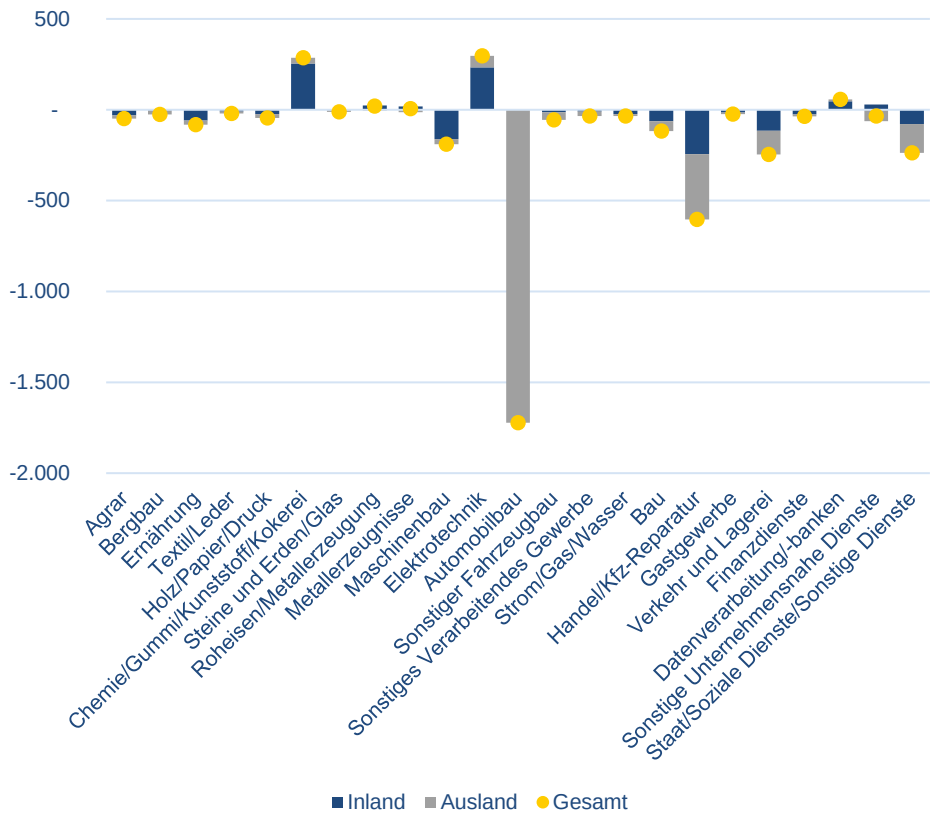
Quelle: Eigene Berechnung

Der deutsche Automobilbau bezieht vor allem im Inland mehr Vorleistungen, als er selbst liefert, während er vor allem an die ausländische Automobilindustrie mehr liefert als bezieht (siehe Abbildung 4-13):

- Dies schlägt sich in einem negativen FuE-Saldo mit der ausländischen Automobilindustrie nieder. Hier ist der deutsche Automobilbau Technologiegeber, der Saldo der FuE-Ausgaben beträgt 1.723 Millionen US-Dollar.
- Der Handel (inkl. Reparatur von Kfz) profitiert im Inland (244 Millionen US-Dollar) und im Ausland (359 Millionen US-Dollar), was nicht zuletzt an den Ersatzteilen liegen dürfte.
- Die Automobilindustrie ist hingegen Technologienehmer der in- und ausländischen Elektrotechnik (297 Millionen US-Dollar) und des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei (287 Millionen US-Dollar).

Abbildung 4-13: FuE-Saldo in der deutschen Automobilindustrie durch den Leistungsaustausch

In Mio. US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Impulse des Automobilbaus aus anderen Branchen

Der deutsche Automobilbau erhält über die inländischen Vorleistungsbezüge und die importierten Vorleistungen aus anderen Branchen und Ländern FuE-Ausgaben von 7.771 Millionen US-Dollar. Die Herkunft des FuE-Inputs unterscheidet sich im deutschen Automobilbau gegenüber dem Automobilbau in anderen Staaten (siehe Abbildung 4-14):

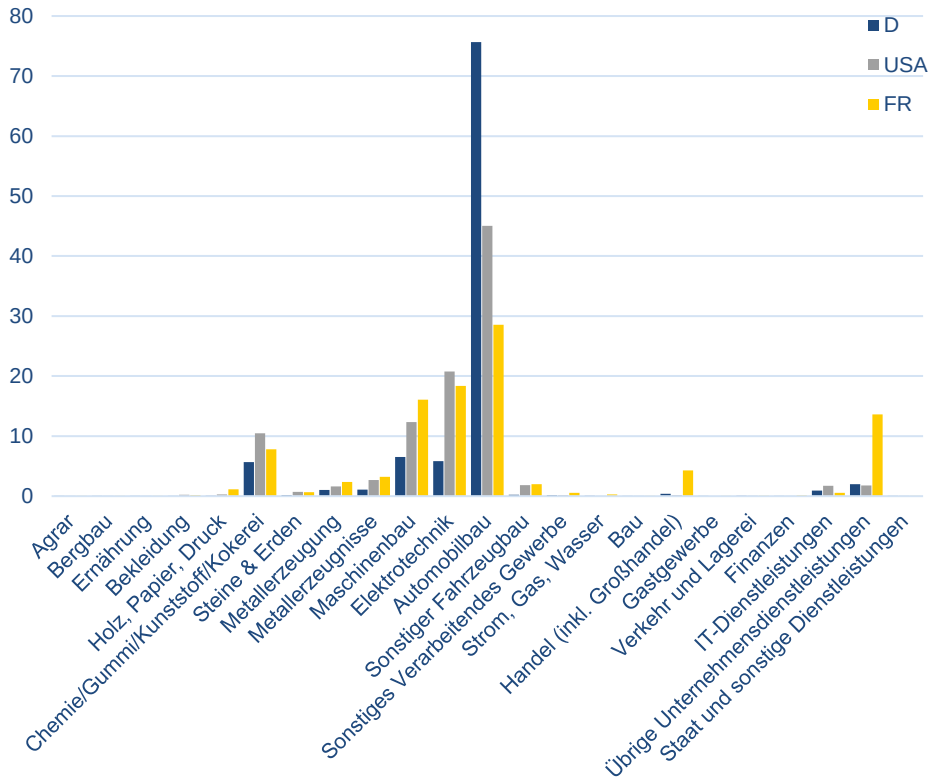
- Die stärksten Impulse erhält der deutsche Automobilbau aus der eigenen Branche.
- In Frankreich und den USA kommen hingegen deutlich mehr Impulse vor allem aus der Elektrotechnik, was mit höheren Vorleistungsanteilen und höheren FuE-Quoten der dortigen Elektrotechnik zusammenhängt. Aber auch der

Maschinenbau und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei liefern mehr Impulse für den Automobilbau dieser Länder.

- In Frankreich kommen zudem von den übrigen Unternehmensdienstleistungen Impulse, die dort im Verhältnis deutlich mehr Vorleistungen an den Automobilbau liefern als in Deutschland.

Abbildung 4-14: Herkunft der in den Vorleistungen des Automobilbaus enthaltenen FuE-Ausgaben

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

Zwischenfazit Automobilbau: Der Automobilbau ist auf der Produktionsseite ein sehr großer Bezieher von Vorleistungen. In Deutschland ist der Automobilbau sehr stark mit anderen inländischen Branchen verbunden, meist ergänzt um die gleichen ausländischen Branchen. Allerdings ist nur der deutsche Automobilbau unter den betrachteten Ländern Technologiegeber. Dies liegt vor allem an den Vorleistungsexporten an den ausländischen Automobilbau, was auf die starke Weltmarktposition der

deutschen Automobilzulieferer zurückzuführen sein dürfte. Allerdings weist der deutsche Automobilbau auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs immer noch deutlich höhere FuE-Quoten auf als der Automobilbau in den anderen Staaten. Potenziale zur Steigerung der FuE-Quote können aus einer stärkeren Zusammenarbeit mit der Elektrotechnik, dem Maschinenbau und dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei kommen, die in den USA und in Frankreich stärkere Impulse an den Automobilbau geben.

4.3.3 Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Leistungsaustausch im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei weist sehr heterogene Verflechtungen mit anderen Branchen im In- und Ausland auf, was auf die heterogene Branchenzusammensetzung dieses Bereichs hindeutet (siehe Tabelle 4-13):

- Im Saldo liefert dieser Branchenmix in allen betrachteten Ländern mehr Vorleistungen, als er selbst bezieht.
- Im Inland beträgt der Saldo aus Vorleistungslieferungen und -bezügen gemessen am Produktionswert in Deutschland (-7,1 Prozentpunkte) und Frankreich (-10,1 Prozentpunkte).
- In den USA ist dieses Verhältnis im Inland fast ausgeglichen, während in China deutlich mehr Vorleistungen geliefert als bezogen (+20,7 Prozentpunkte) werden.

Tabelle 4-13: Vorleistungsverflechtungen der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei
In Prozent des Produktionswerts

	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo aus Lieferungen/Exporten und Bezügen/Importen
D	36,8	43,9	27,9	19,8	1,0
F	38,4	48,5	23,2	19,2	6,0
USA	51,4	52,7	10,0	10,6	1,8
CHN	89,3	68,6	3,6	6,6	17,7

Quelle: Eigene Berechnungen

- Im Verhältnis zum Ausland zeigt sich fast ein Spiegelbild: Während Deutschland (8,1 Prozentpunkte) und Frankreich (4 Prozentpunkte) mehr Vorleistungen exportieren als importieren, übertreffen in China die Vorleistungsimporte die -exporte (3 Prozentpunkte). In den USA ist dieses Verhältnis ausgeglichen.

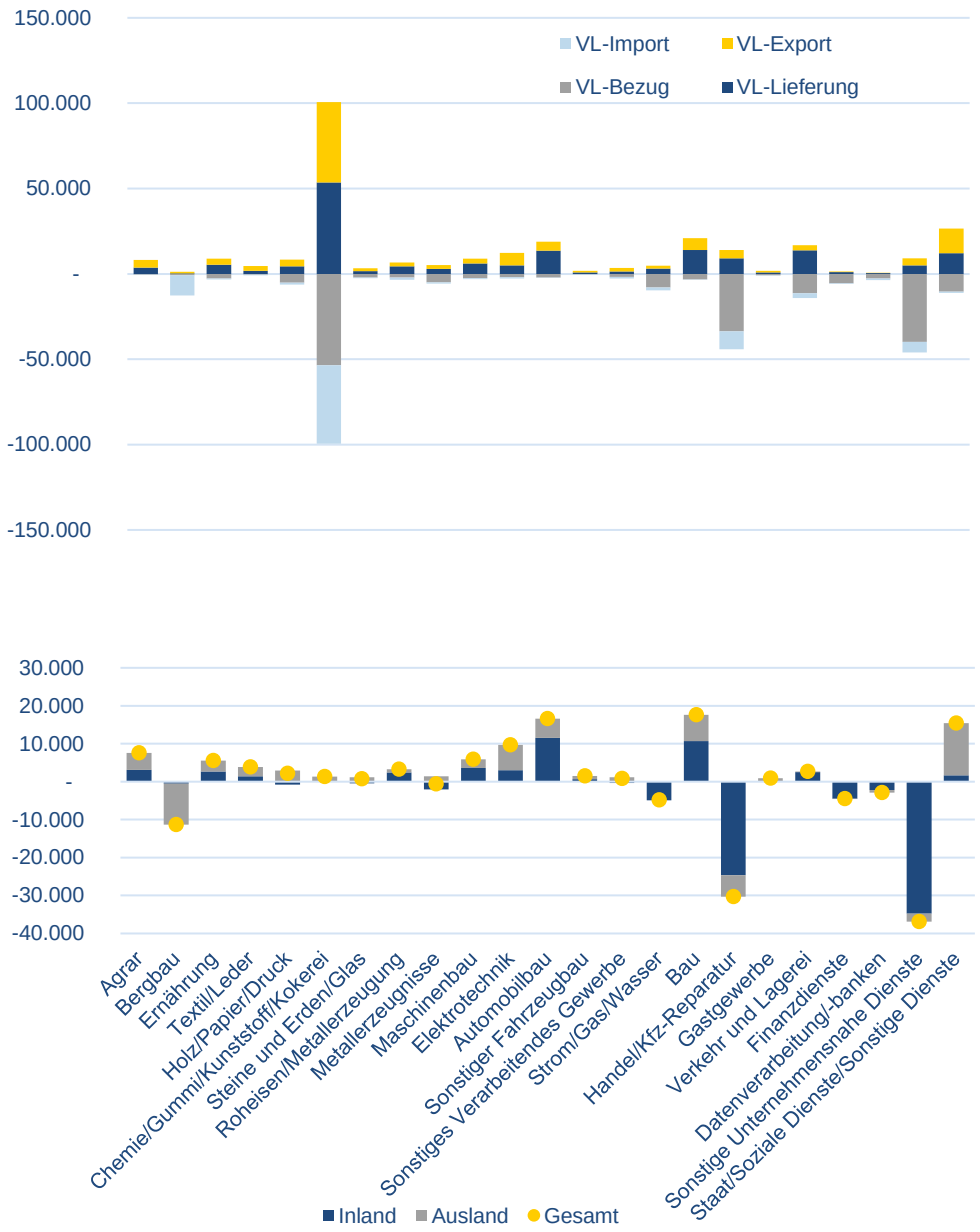
- In China fällt der Saldo aus Vorleistungslieferungen/-exporten und Vorleistungsbezügen/-importen hoch aus (17,7 Prozentpunkte), während in Deutschland (1 Prozentpunkt) und in den USA (1,8 Prozentpunkte) der Saldo fast ausgeglichen ist.

In Deutschland bestehen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei vielfältige Verflechtungen, wobei einige Branchen herausragen (siehe Abbildung 4-15):

- Die stärkste Verflechtung besteht innerhalb der eigenen Branche, wobei der Saldo im Inland per Definition, aber auch mit dem Ausland fast ausgeglichen ist.
- Hohe Vorleistungsimporte kommen aus der Branche Bergbau, wobei darunter auch Erdölproduzenten fallen. Diese Lieferungen dürften für die Raffinerien bestimmt sein, die Teil der hier betrachteten Branche sind.
- Die Bezüge aus der Branche Handel/Kfz-Reparatur dürften auf den Einkauf von Vorprodukten im Großhandel zurückzuführen sein. Nach den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen ist diese Branche im Saldo Hauptlieferant des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/ Kokerei.
- Die hohen Lieferungen und Exporte und der positive Saldo an den Staat/Soziales/Sonstige Dienstleistungen dürften eng mit Lieferungen von Pharmaerzeugnissen an die Krankenhäuser zusammenhängen.
- Ebenfalls positive Salden weist der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei mit dem Baugewerbe und dem Automobilbau auf.

Abbildung 4-15: Leistungsaustausch der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei in Deutschland

In US-Dollar; Saldo aus VL-Lieferungen/-exporten und VL-Bezügen/-importen



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Verflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist forschungsstark. Dies liegt nicht zuletzt an der Chemiebranche und der darin enthaltenen Pharmabranche. In allen betrachteten Staaten ist der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei Technologiegeber (siehe Tabelle 4-14):

- In allen Ländern ist der Bereich im Inland über den Leistungsaustausch Technologiegeber für andere Branchen.
- Dies gilt für die etablierten Industriestaaten auch im Austausch mit dem Ausland. Lediglich China ist hier Technologienehmer.
- Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben verliert der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei in Deutschland dadurch 40 Prozent seiner FuE-Anstrengungen und in den USA 42,4 Prozent. In Frankreich beträgt der negative Saldo lediglich 11,4 Prozent.
- Trotz des positiven Außenbeitrags verliert die chinesische Branche Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch 30,9 Prozent seiner ursprünglichen FuE-Ausgaben.

Tabelle 4-14: Veränderung der FuE-Ausgaben der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch
In Mio. US-Dollar

	FuE in				
	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo
D	-4.298,7	2.054,5	-3.253,9	826,5	-4.671,5
F	-1.326,0	1.176,1	-801,2	558,4	-392,6
USA	-30.201,9	10.012,2	-5.892,9	1.183,2	-24.899,5
CHN	-12.945,1	7.074,5	-525,6	1.922,4	-4.473,8

Quelle: Eigene Berechnung

In allen betrachteten Staaten ist der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch Technologiegeber (siehe Tabelle 4-15):

- Die FuE-Quote fällt nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs in Deutschland um 1 Prozentpunkt geringer aus und erreicht noch 1,6 Prozent.
- Einen Rückgang von 1,5 Prozentpunkten weisen die USA auf, deren neue FuE-Quote damit noch 2,1 Prozent beträgt.
- In China (-0,2 Prozentpunkte) und Frankreich (-0,1 Prozentpunkte) fällt der Rückgang am geringsten aus.

- Weist Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs gegenüber der US-Branche eine um 1 Prozentpunkt geringere FuE-Quote auf, reduziert sich dieser Unterschied nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs auf 0,5 Prozentpunkte.
- Die chinesische Branche bleibt auch unter Berücksichtigung des Leistungsaustauschs immer noch deutlich unter der FuE-Quote in den etablierten Industrieländern, wobei der Abstand geringer ausfällt als vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs.

Tabelle 4-15: FuE-Quoten der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
FuE in Prozent des Produktionswerts

	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
D	2,6	1,6
F	1,2	1,1
USA	3,6	2,1
CHN	0,7	0,5

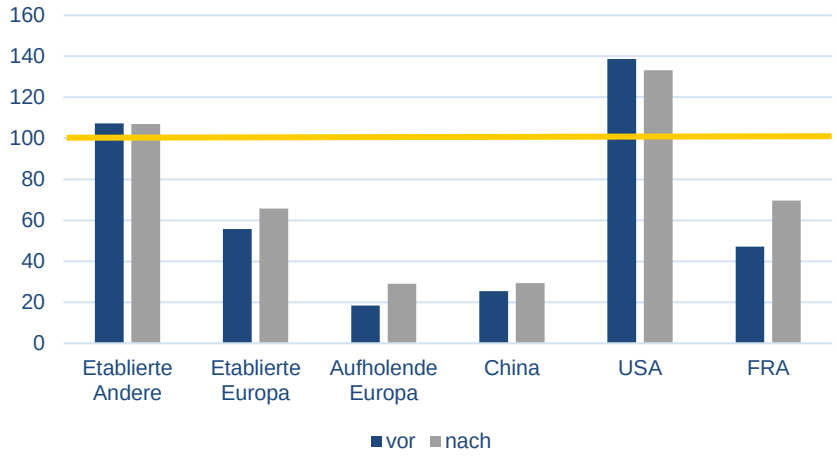
Quelle: Eigene Berechnung

Der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei hat weltweit eine starke Position. Durch den Leistungsaustausch ändert sich kaum etwas daran (siehe Abbildung 4-16):

- Die USA haben vor und nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs eine höhere FuE-Quote als Deutschland. Gleichwohl nähert sich Deutschland etwas an die USA an.
- Am meisten nähert sich Frankreich an Deutschland an, weil der deutsche Bereich durch den Leistungsaustausch mehr FuE abgibt als der französische Bereich.
- Innerhalb Europas weist der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei eine höhere FuE-Quote auf. Die Annäherung durch den Leistungsaustausch fällt gering aus.
- Der chinesische Bereich nähert sich nur geringfügig an Deutschland an, der Abstand bleibt weiter groß.

Abbildung 4-16: FuE-Quoten des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zur deutschen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Index: Deutschland = 100



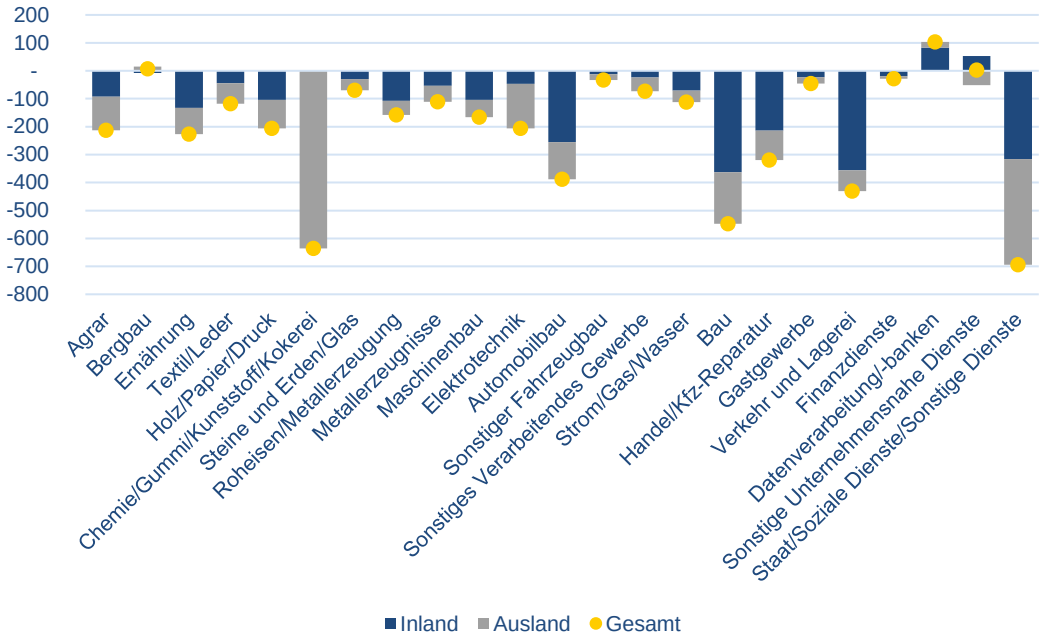
Quelle: Eigene Berechnung

Die deutsche Sammelbranche Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist im In- wie im Ausland Technologiegeber für fast alle anderen Branchen (siehe Abbildung 4-17):

- Eine kleine Ausnahme bilden der Bergbau (inklusive Erdölförderung) und die Datenverarbeitung/-banken.
- Die größten Technologienehmer des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei sind die Branchen Staat/Soziale Dienstleistungen/Sonstige Dienste (694 Millionen US-Dollar), die ausländische Branche Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei (636 Millionen US-Dollar) und das Baugewerbe (548 Millionen US-Dollar).

Abbildung 4-17: FuE-Saldo der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei durch den Leistungsaustausch

In Mio. US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

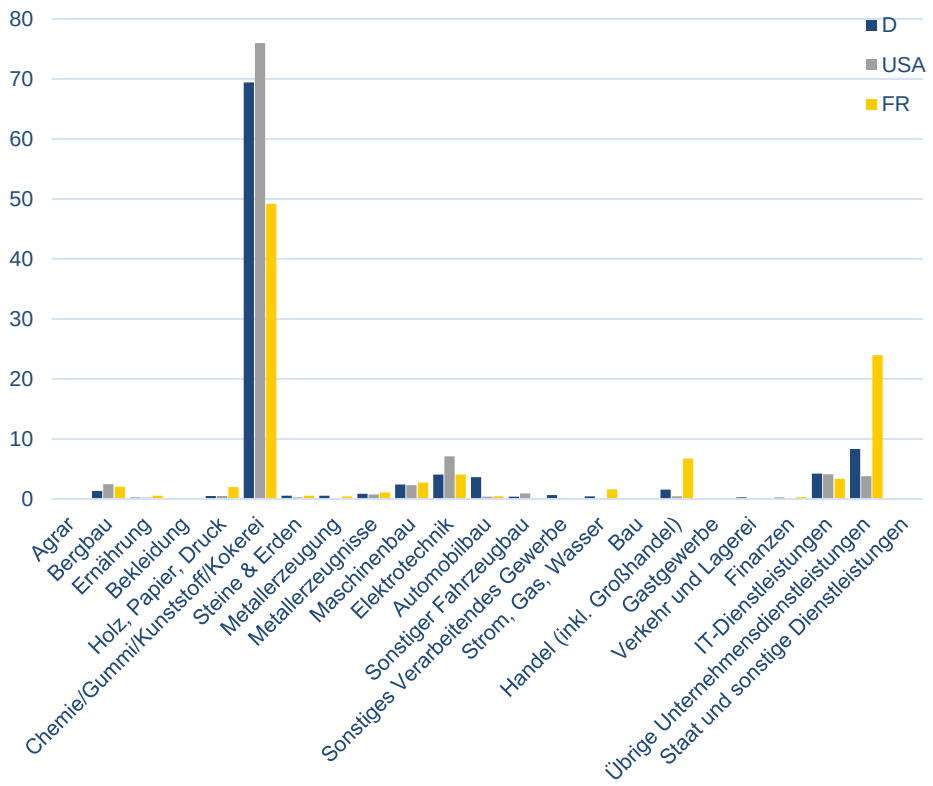
FuE-Impulse des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei aus anderen Branchen

Der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei erhält über die inländischen Vorleistungsbezüge und die importierten Vorleistungen aus anderen Branchen und Ländern FuE-Ausgaben von 2.881 Millionen US-Dollar. Die Herkunft des FuE-Inputs unterscheidet sich nur unwesentlich von anderen Staaten (siehe Abbildung 4-20):

- Die stärksten Impulse erhält der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei aus den eigenen Branchen.
- Lediglich in Frankreich kommen zudem von den übrigen Unternehmens-dienstleistungen Impulse, was nicht allein auf höhere Vorleistungen zurückzu-führen ist, sondern auf eine stärkere Verflechtung mit der Branche Forschung und Entwicklung hinweisen dürfte.

Abbildung 4-18: Herkunft der in den Vorleistungen des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei enthaltenen FuE-Ausgaben

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

Zwischenfazit Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei: Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist auf der Produktionsseite sowohl Lieferant als auch Bezieher von Vorleistungen. Der Saldo ist weitgehend ausgeglichen. Da es sich aber um einen sehr FuE-starken Bereich handelt, ist der Bereich ein großer Technologiegeber. Der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist für fast alle Branchen im In- und Ausland Technologiegeber. Aufgrund der heterogenen Struktur des Bereichs profitieren unterschiedliche Branchen: Der Automobilbau dürfte stark über die Verflechtungen mit der Chemie, der Gummi- und Kunststoffherstellung profitieren, das Baugewerbe über Dämmmaterialien und andere Baumaterialien, der Bereich Staat und sonstige Dienstleistungen über die Leistungen der Pharmabranche.

4.3.4 Metallerzeugnisse

Leistungsaustausch der Herstellung von Metallerzeugnissen

Die Hersteller von Metallerzeugnissen liefern ihre Produkte oftmals an andere Branchen. In sämtlichen Ländern übertreffen die Vorleistungslieferungen/-exporte der Hersteller von Metallerzeugnissen ihre Vorleistungsbezüge/-importe (siehe Tabelle 4-16):

- Gemessen am Produktionswert fällt der Saldo in den USA (28,3 Prozent) am höchsten aus. Der Saldo der übrigen Staaten liegt bei rund 20 Prozent.
- Im Inland liefern die Hersteller von Metallerzeugnissen mehr, als sie aus anderen Branchen beziehen. In den USA übertreffen die gelieferten Vorleistungen die Vorleistungsbezüge am meisten.
- Die französischen und US-amerikanischen Hersteller von Metallerzeugnissen importieren mehr Vorleistungen aus dem Ausland, als sie dorthin exportieren. Deutschland und China weisen hier ein umgekehrtes Verhältnis auf.

Tabelle 4-16: Vorleistungsverflechtungen in der Herstellung von Metallerzeugnissen
In Prozent des Produktionswerts

	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo aus Lieferungen/Exporten und Bezügen/Importen
D	63,7	45,3	15,9	12,6	21,7
F	72,6	48,1	8,6	15,4	17,7
USA	80,1	48,6	6,8	10,0	28,3
CHN	80,1	64,4	8,8	6,5	17,9

Quelle: Eigene Berechnungen

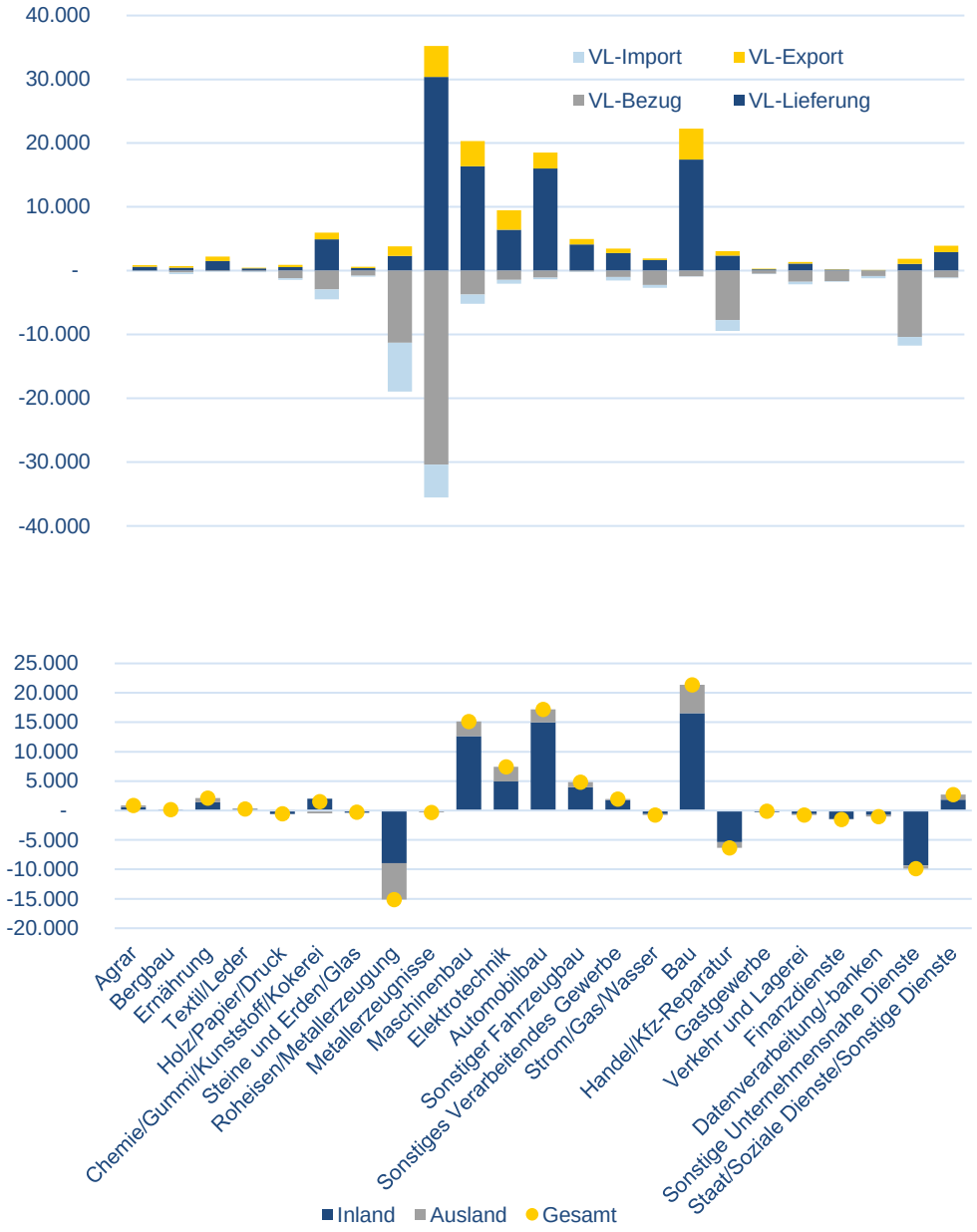
Die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen sind im In- und Ausland mit verschiedenen Branchen verflochten (siehe Abbildung 4-19):

- Von der inländischen Industrie beziehen die Hersteller von Metallerzeugnissen vor allem aus der Branche Roheisen/Metallerzeugung mehr Vorleistungen, als sie dorthin liefern.
- Im Inland ist die Branche zudem stark mit Dienstleistern verflochten. Dies gilt für die sonstigen unternehmensnahen Dienstleister und für den Handel/Kfz-Reparatur.
- Die Vorleistungslieferungen übersteigen die Vorleistungsbezüge dagegen deutlich im Austausch mit dem Baugewerbe, dem Maschinenbau und dem Automobilbau.
- Im Ausland wird der größte Saldo aus Vorleistungsexporten und -importen im Austausch mit dem Baugewerbe erreicht.

- Die Vorleistungsimporte übertreffen die Vorleistungsexporte vor allem mit der Branche Roheisen/Metallerzeugung, die den Ausgangsstoff für die Metallerzeugnisse liefert.

Abbildung 4-19: Leistungsaustausch in der Herstellung von Metallerzeugnissen in Deutschland

In US-Dollar; Saldo aus VL-Lieferungen/-exporten und VL-Bezügen/-importen



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Verflechtungen in der Herstellung von Metallerzeugnissen

Die Hersteller von Metallerzeugnissen sind meist Technologienehmer. Eine Ausnahme stellen hier lediglich die USA dar (siehe Tabelle 4-17):

- Die deutschen (89,1 Millionen US-Dollar) und französischen Hersteller von Metallerzeugnissen (134,3 Millionen US-Dollar) sind sowohl im Inland als auch im Ausland Technologienehmer.
- In den USA und in China sind die Hersteller von Metallerzeugnissen im Inland Technologiegeber für andere inländische Branchen, während sie aus dem Ausland FuE-Ausgaben hinzugewinnen.
- Während in China dieser Verlust im Inland durch den positiven FuE-Saldo mit dem Ausland mehr als ausgeglichen wird (Saldo: 63,2 Millionen US-Dollar), verringert sich in den USA lediglich der negative Saldo auf -56,6 Millionen US-Dollar.
- Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben verzeichnen die französischen Hersteller mit 31,2 Prozent den höchsten prozentualen Zugewinn.
- Die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen gewinnen durch den Leistungsaustausch 10,9 Prozent ihrer FuE-Ausgaben hinzu.
- Die chinesischen Hersteller gewinnen lediglich 3,7 Prozent ihrer ursprünglichen FuE-Ausgaben hinzu, während die US-amerikanischen Hersteller 2,7 Prozent abgeben.

Tabelle 4-17: Veränderung der FuE-Ausgaben der Hersteller von Metallerzeugnissen durch den Leistungsaustausch
In Mio. US-Dollar

	FuE in				
	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo
D	-522,5	580,6	-130,4	161,4	89,1
F	-312,3	356,6	-36,9	126,9	134,3
USA	-1.702,5	1.544,5	-143,4	244,8	-56,6
CHN	-1.376,9	1.297,0	-151,0	294,0	63,2

Quelle: Eigene Berechnung

In der Herstellung von Metallerzeugnissen hat der Leistungsaustausch insgesamt nur einen geringen Einfluss auf die FuE-Quote (siehe Tabelle 4-18):

- In Frankreich steigt die FuE-Quote um 0,1 Prozentpunkte auf 0,6 Prozent.
- In den übrigen Ländern bleibt die FuE-Quote unverändert.

- Insgesamt liegt die FuE-Quote der Hersteller von Metallerzeugnissen in allen Branchen unter 1 Prozent.

Tabelle 4-18: FuE-Quoten der Hersteller von Metallerzeugnissen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
FuE in Prozent des Produktionswerts

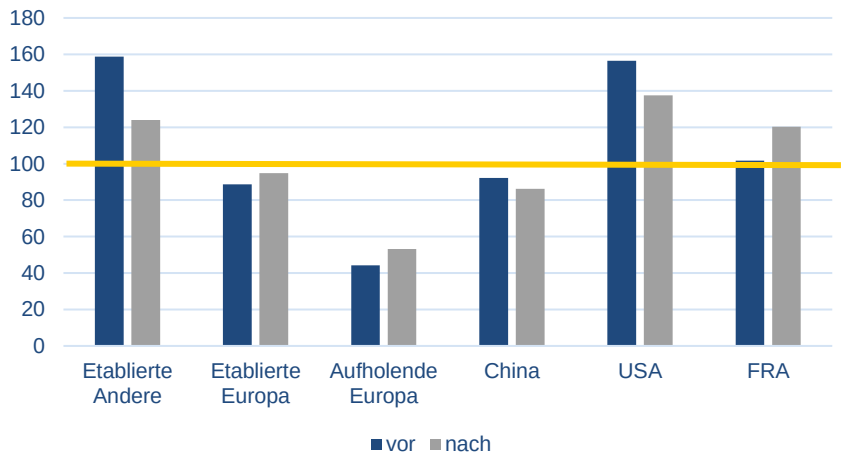
	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
D	0,5	0,5
F	0,5	0,6
USA	0,7	0,7
CHN	0,4	0,4

Quelle: Eigene Berechnung

Der Leistungsaustausch wirkt sich unterschiedlich auf den Abstand der FuE-Quoten zu den deutschen Herstellern von Metallerzeugnissen aus (siehe Abbildung 4-20):

Abbildung 4-20: FuE-Quoten der Hersteller von Metallerzeugnissen vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zu den deutschen Herstellern

Index: Deutschland = 100



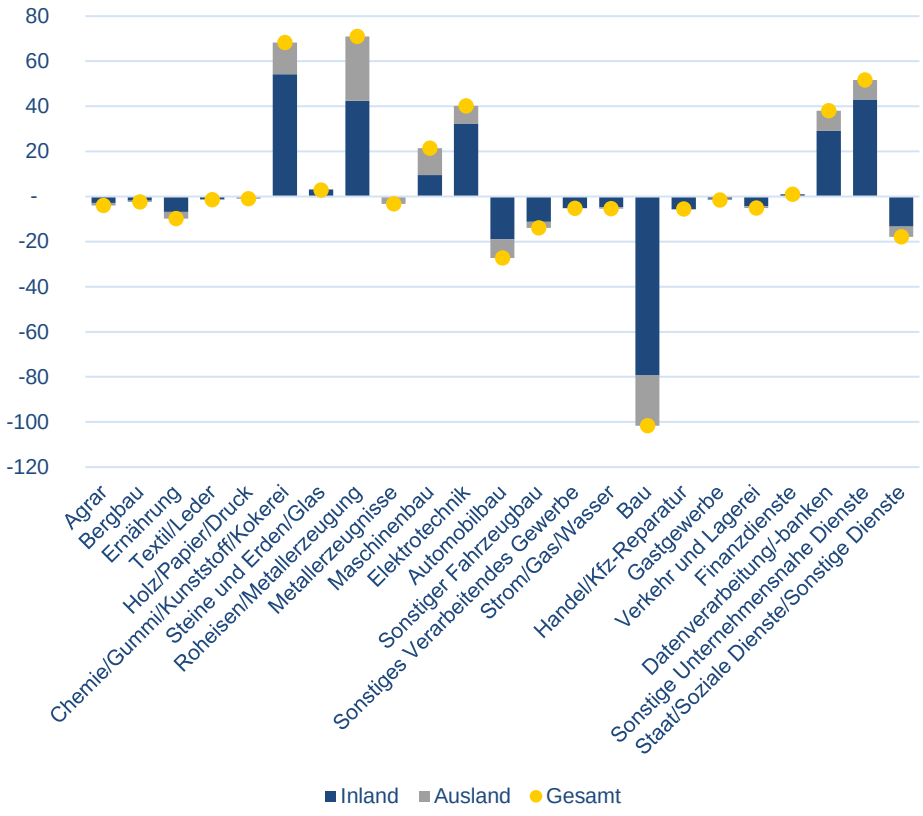
Quelle: Eigene Berechnung

- Die USA sowie die anderen etablierten Industrieländer haben vor und nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs eine höhere FuE-Quote als Deutschland. Gleichwohl verringert sich durch den Leistungsaustausch der Abstand zu Deutschland etwas.
- In Europa verlieren die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen gegenüber den Herstellern aus den anderen Staaten. Die französischen Hersteller weisen eine etwas höhere FuE-Quote auf, die etablierten und aufholenden europäischen Industriestaaten können gegenüber Deutschland etwas aufholen.
- Die chinesischen Hersteller von Metallerzeugnissen verlieren gegenüber Deutschland, sodass der Abstand wieder etwas größer wird.

Die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen weisen ein sehr heterogenes Bild bei ihren FuE-Verflechtungen auf, die sich aber auf einem geringen Niveau bewegen (siehe Abbildung 4-21):

Abbildung 4-21: FuE-Saldo der Hersteller von Metallerzeugnissen in Deutschland durch den Leistungsaustausch

In Mio. US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

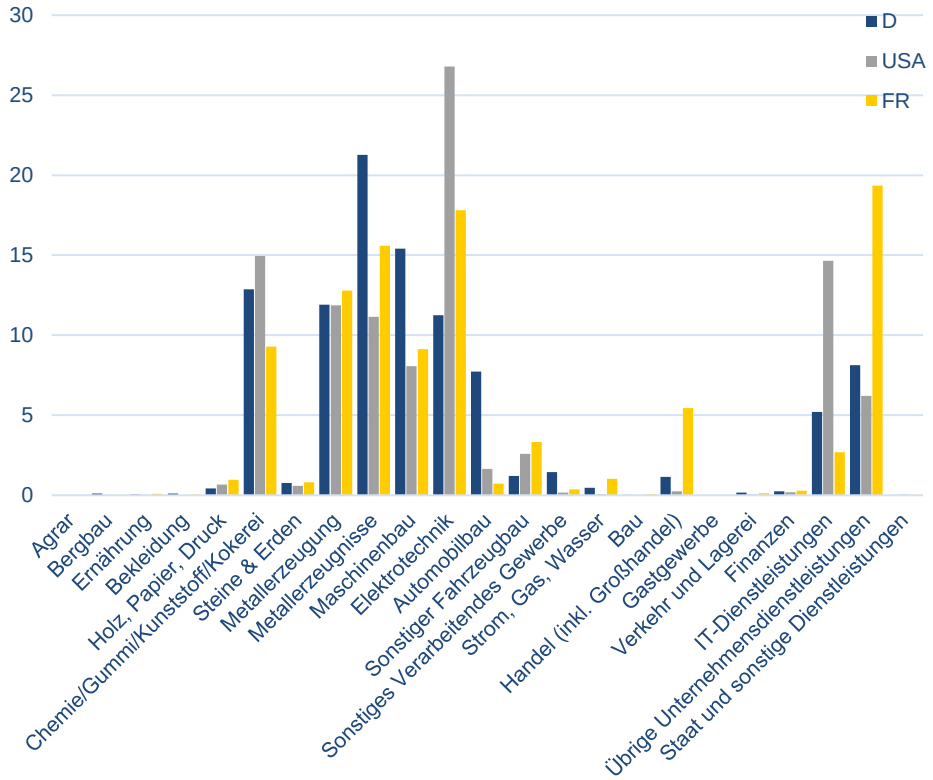
- Die Branche versorgt vor allem das Baugewerbe im In- und Ausland mit FuE.
- Zudem profitiert der Automobilbau von den deutschen Herstellern von Metallerzeugnissen.
- Gleichzeitig profitieren die Hersteller von Metallerzeugnissen von den FuE-Anstrengungen der Branchen Chemie/Gummi/Kunststoff/ Kokerei, Roheisen/Metallerzeugung und sonstige unternehmensnahe Dienstleister.

FuE-Impulse der Hersteller von Metallerzeugnissen aus anderen Branchen

Die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen erhalten über die inländischen Vorleistungsbezüge und die importierten Vorleistungen aus anderen Branchen und Ländern FuE-Ausgaben von 742 Millionen US-Dollar. Die Herkunft des FuE-Inputs unterscheidet sich bei den deutschen Herstellern gegenüber den Herstellern in anderen Staaten (siehe Abbildung 4-22):

Abbildung 4-22: Herkunft der in den Vorleistungen der Metallerzeugnisse enthaltenen FuE-Ausgaben

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Die stärksten Impulse erhalten die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen aus der eigenen Branche, gefolgt vom Maschinenbau.
- In den USA kommen hingegen deutlich mehr Impulse vor allem aus der Elektrotechnik, aber auch von den IT-Dienstleistungen. Vor allem die Elektrotechnik liefert in den USA einen höheren Vorleistungsanteil.
- In Frankreich kommen ebenfalls von der Elektrotechnik starke Impulse, aber auch von den übrigen Unternehmensdienstleistungen, die beide deutlich mehr Vorleistungen liefern als in Deutschland.

Zwischenfazit Metallerzeugnisse: Die Hersteller von Metallerzeugnissen sind auf der Produktionsseite Lieferanten von Vorleistungen. In Deutschland liefern die Hersteller von Metallerzeugnissen vor allem an die inländischen Branchen der Metall- und Elektroindustrie, aber auch an die Bauwirtschaft. Dennoch sind die Hersteller von Metallerzeugnissen über den Leistungsaustausch Technologienehmer. Allerdings sind die Salden sehr gering, sodass sie sich kaum auf die FuE-Quoten der Länder auswirken. Während das Baugewerbe und der Automobilbau Technologienehmer sind, beziehen die Hersteller von Metallerzeugnissen von den Bereichen Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei sowie Roheisen/Metallerzeugung. Externes Potenzial zur Steigerung der FuE-Quote haben die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen ggf. noch durch den verstärkten Leistungsaustausch mit der Elektrotechnik, den IT-Dienstleistungen und den FuE-starken übrigen Unternehmensdienstleistungen.

4.3.5 Elektrotechnik

Leistungsaustausch in der Elektrotechnik

Die Elektrotechnik ist eine Branche, die sich international in ihren Vorleistungsverflechtungen stark unterscheidet (siehe Tabelle 4-19):

- Während in den USA diese Branche im Inland mehr Vorleistungen liefert als bezieht, übertreffen in den übrigen betrachteten Ländern die Vorleistungsbezüge die Vorleistungslieferungen.
- Bei den Vorleistungsexporten und -importen ergibt sich dagegen ein anderes Bild: Lediglich in der chinesischen Elektroindustrie fallen die Vorleistungsimporte höher aus als die Vorleistungsexporte, in allen anderen betrachteten Ländern übertrifft der Vorleistungsexport den Vorleistungsimport.
- Der Saldo aus Vorleistungslieferungen/-exporten und Vorleistungsbezügen/-importen fällt in allen Ländern positiv aus.
- Gemessen am Produktionswert erzielt die französische Elektroindustrie den höchsten positiven Saldo (21,1 Prozent), gefolgt von der chinesischen Elektroindustrie (19,2 Prozent).
- In der deutschen Elektroindustrie ist der Saldo fast ausgeglichen, wobei im Inland die Vorleistungsbezüge und im Ausland die Vorleistungsexporte dominieren.

Tabelle 4-19: Vorleistungsverflechtungen in der Elektrotechnik
In Prozent des Produktionswerts

	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo aus Lieferungen/Exporten und Bezügen/Importen
D	31,9	41,9	25,5	16,0	0,5
F	29,0	53,7	23,1	19,5	21,1
USA	36,2	28,7	15,1	10,5	12,1
CHN	46,7	59,5	13,7	20,1	19,2

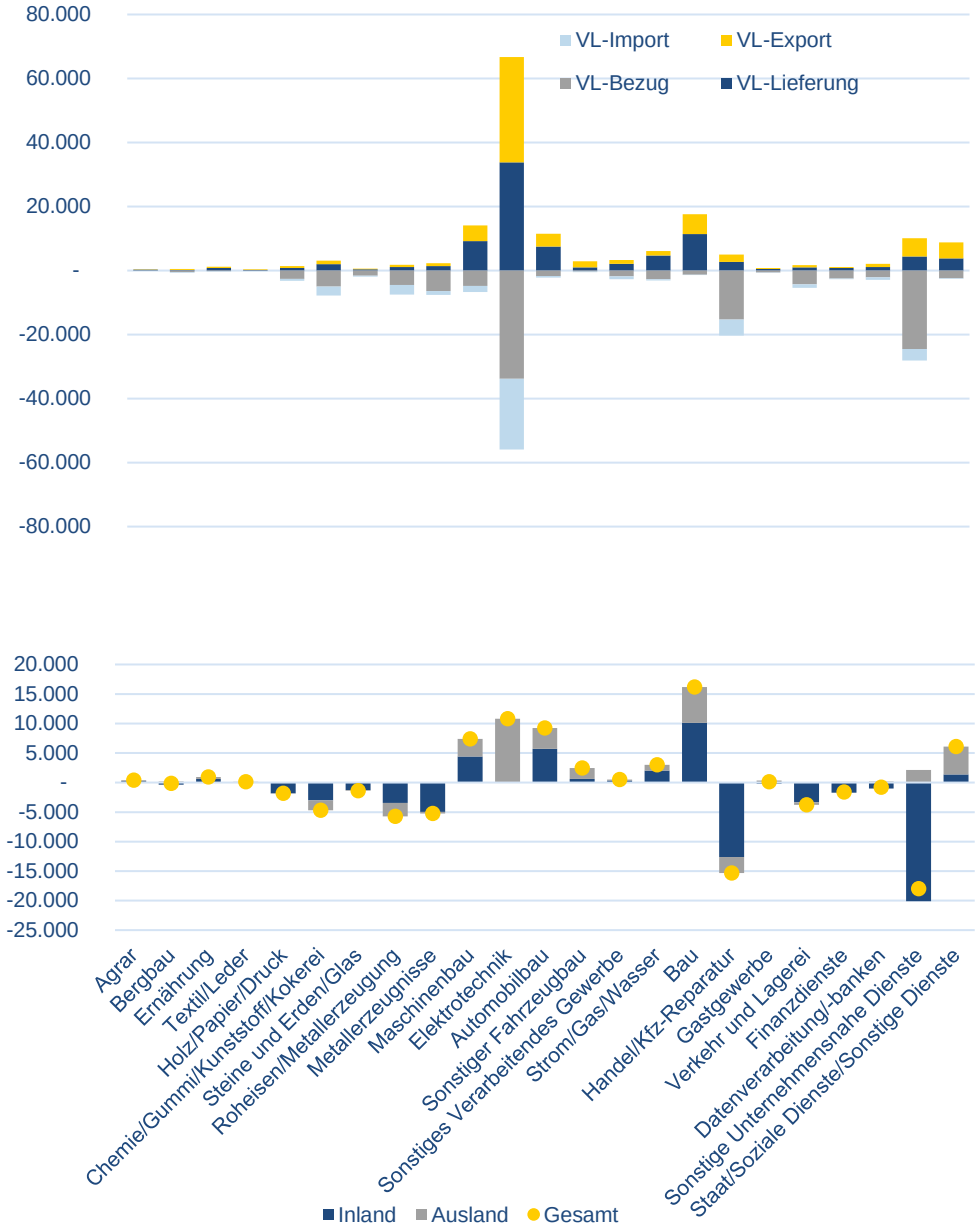
Quelle: Eigene Berechnungen

Im Inland bezieht die deutsche Elektroindustrie mehr Vorleistungen, als sie selbst liefert, im Ausland übertreffen die Vorleistungsexporte die Vorleistungsimporte. Die deutsche Elektrotechnik steht dabei in einem intensiven Austausch mit der eigenen Branche. Aber auch mit anderen Branchen im In- und Ausland besteht ein starker Leistungsaustausch (siehe Abbildung 4-23):

- Im Inland werden insbesondere das Baugewerbe, der Maschinenbau und die Automobilindustrie mit Vorleistungen beliefert, wobei der Saldo aus Lieferungen und Bezügen mit dem Baugewerbe und der Automobilindustrie besonders hoch ausfällt.
- Im Saldo bezieht die Elektrotechnik von den sonstigen unternehmensnahen Dienstleistungen und vom Handel deutlich mehr Vorleistungen, als sie dorthin liefert.
- Der Saldo aus Vorleistungsexporten und -importen fällt mit der ausländischen Elektrotechnik am höchsten aus, gefolgt vom Baugewerbe und dem Automobilbau.
- Dagegen importiert die deutsche Elektroindustrie insbesondere vom ausländischen Handel/Kfz-Reparatur, Roheisen/Metallerzeugung und Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei mehr Vorleistungen, als sie dorthin exportiert.

Abbildung 4-23: Leistungsaustausch in der deutschen Elektrotechnik

In US-Dollar; Saldo aus VL-Lieferungen/-exporten und VL-Bezügen/-importen



Quelle: Eigene Berechnung

FuE-Verflechtungen in der Elektrotechnik

Die Elektroindustrie ist eine forschungsstarke Branche. Im Leistungsaustausch ist sie zugleich ein großer Technologiegeber (siehe Tabelle 4-20):

- In allen etablierten Industrieländern fallen die aus dem Leistungsaustausch abgeleiteten FuE-Verflechtungen negativ aus. Lediglich die chinesische Elektroindustrie gewinnt durch den Leistungsaustausch FuE hinzu.
- Gemessen an ihren ursprünglichen FuE-Ausgaben verliert die Elektroindustrie in Deutschland und Frankreich rund 32 Prozent ihrer FuE-Anstrengungen, in den USA sind es aufgrund des hohen negativen Inlandssaldos 44 Prozent. Dagegen gewinnt China 27 Prozent seiner ursprünglichen FuE-Ausgaben hinzu.
- In Deutschland und Frankreich ist die Elektrotechnik im Inland Technologiegeber für andere Branchen, obwohl sie im Inland mehr Vorleistungen bezieht, als sie an andere Branchen liefert.
- In den USA fallen im Inland die in den Lieferungen enthaltenen FuE-Ausgaben besonders hoch aus.
- In ihren Austauschbeziehungen mit dem Ausland sind alle etablierten Industriestaaten Technologiegeber.
- Anders dagegen in China, das Technologienehmer ist. Dies resultiert einzig aus dem in den importierten Vorleistungen enthaltenen FuE-Input.

Tabelle 4-20: Veränderung der FuE-Ausgaben durch den Leistungsaustausch der deutschen Elektrotechnik
In Mio. US-Dollar

	FuE in				
	VL-Lieferung	VL-Bezug	VL-Export	VL-Import	Saldo
D	-3.883,4	2.078,4	-3.099,5	1.045,0	-3.859,5
F	-1.658,3	771,0	-1.320,5	371,4	-1.836,4
USA	-25.425,2	4.305,1	-10.597,4	883,4	-30.834,2
CHN	-12.305,7	8.706,6	-3.620,3	14.328,8	7.109,5

Quelle: Eigene Berechnung

Die im Leistungsaustausch enthaltenen FuE-Anstrengungen verändern die FuE-Quoten in den Ländern erheblich (siehe Tabelle 4-21):

- Durch den Leistungsaustausch verringert sich die FuE-Quote in der deutschen Elektroindustrie um 1,4 Prozentpunkte von 4,3 Prozent auf 2,9 Prozent.

- Die US-amerikanische Elektroindustrie muss mit einem Rückgang von 7 Prozentpunkten den stärksten Rückgang bei der FuE-Quote hinnehmen. Damit sinkt die US-amerikanische FuE-Quote von 16 auf 9 Prozent.
- Die FuE-Quote der französischen Elektrotechnik fällt um 2 Prozentpunkte. Mit 4,1 Prozent fällt sie aber immer noch höher aus als in Deutschland.
- In China steigt die FuE-Quote um 0,4 Prozentpunkte auf 1,9 Prozent und liegt damit weiterhin unter den FuE-Quoten der anderen Länder. Allerdings verringert sich der Abstand zur deutschen Elektrotechnik von 2,8 Prozentpunkten auf 1 Prozentpunkt.

Tabelle 4-21: FuE-Quoten der Elektrotechnik vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs
FuE in Prozent des Produktionswerts

	FuE-Quote vor Berücksichtigung	FuE-Quote nach Berücksichtigung
D	4,3	2,9
F	6,1	4,1
USA	16,0	9,0
CHN	1,5	1,9

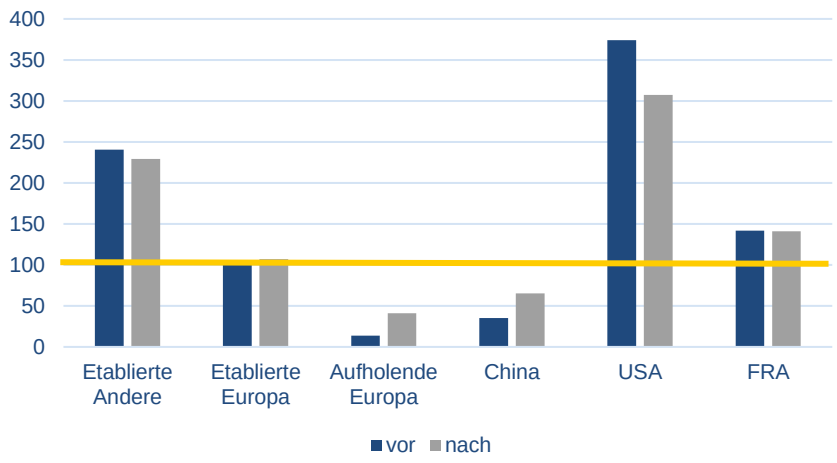
Quelle: Eigene Berechnung

Die Position der deutschen Elektrotechnik gleicht sich durch den Leistungsaustausch etwas an die anderen Länder(-gruppen) an (siehe Abbildung 4-24):

- Die deutsche Elektrotechnik weist vor und nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs eine geringere FuE-Quote auf als die US-amerikanische Elektrotechnik und die Elektrotechnik in den anderen etablierten Industriestaaten. Durch den Leistungsaustausch nähert sich die deutsche Elektrotechnik etwas an diese Länder an.
- Die aufholenden europäischen Industriestaaten und China weisen gegenüber der deutschen Elektrotechnik eine geringere FuE-Quote auf. Sie können jedoch gegenüber der deutschen Elektrotechnik etwas aufholen, ohne aber an das deutsche Niveau heranzureichen.

Abbildung 4-24: FuE-Quoten der Elektrotechnik vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Vergleich zur deutschen Elektrotechnik

Index: Deutschland = 100



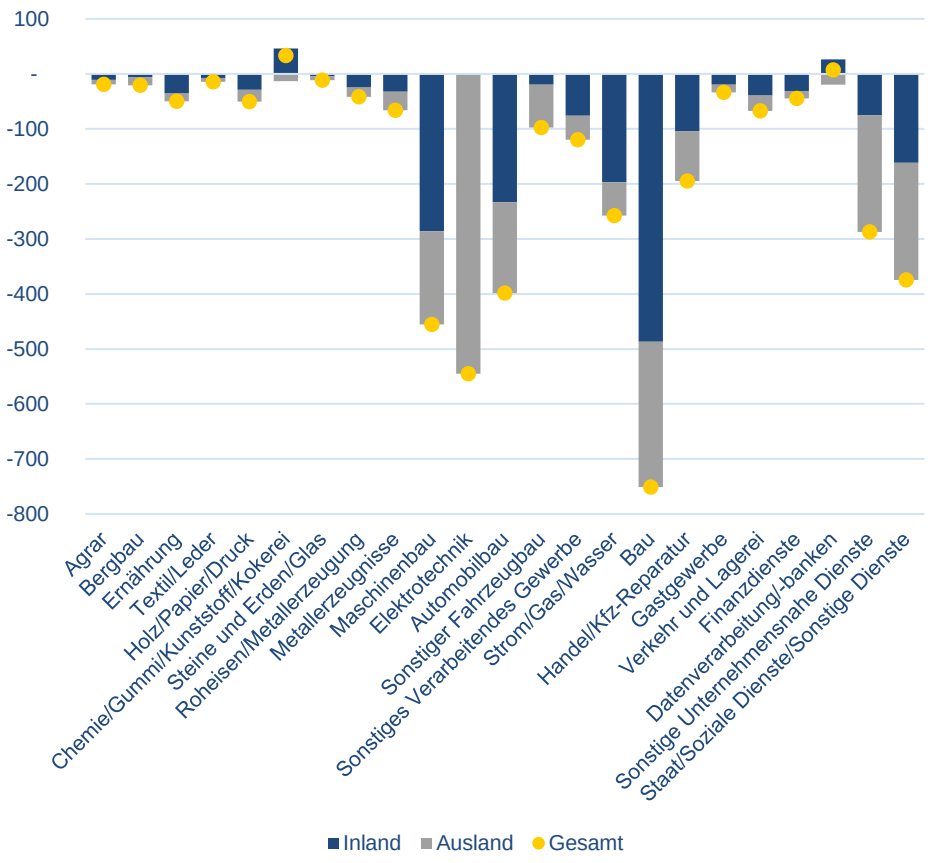
Quelle: Eigene Berechnung

Die deutsche Elektroindustrie weist im nationalen Branchenvergleich eine hohe FuE-Quote auf. Entsprechend ist sie für fast alle Branchen Technologiegeber (siehe Abbildung 4-25):

- Die Elektrotechnik ist im Inland für das Baugewerbe (-487 Millionen US-Dollar), den Maschinenbau (-286 Millionen US-Dollar) und den Automobilbau (-233 Millionen US-Dollar) Technologiegeber.
- Dagegen ist die Elektrotechnik Technologienehmer von der Branchengruppe Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei (33 Millionen US-Dollar) und der Datenverarbeitung/-banken (7 Millionen US-Dollar), wobei nur ein leichtes Plus erzielt werden kann.
- Im Ausland ist die deutsche Elektrotechnik Technologiegeber für die Elektrotechnik (-545 Millionen US-Dollar) und das Baugewerbe (-264 Millionen US-Dollar).

Abbildung 4-25: FuE-Saldo in der deutschen Elektrotechnik durch den Leistungsaustausch

In Mio. US-Dollar



Quelle: Eigene Berechnung

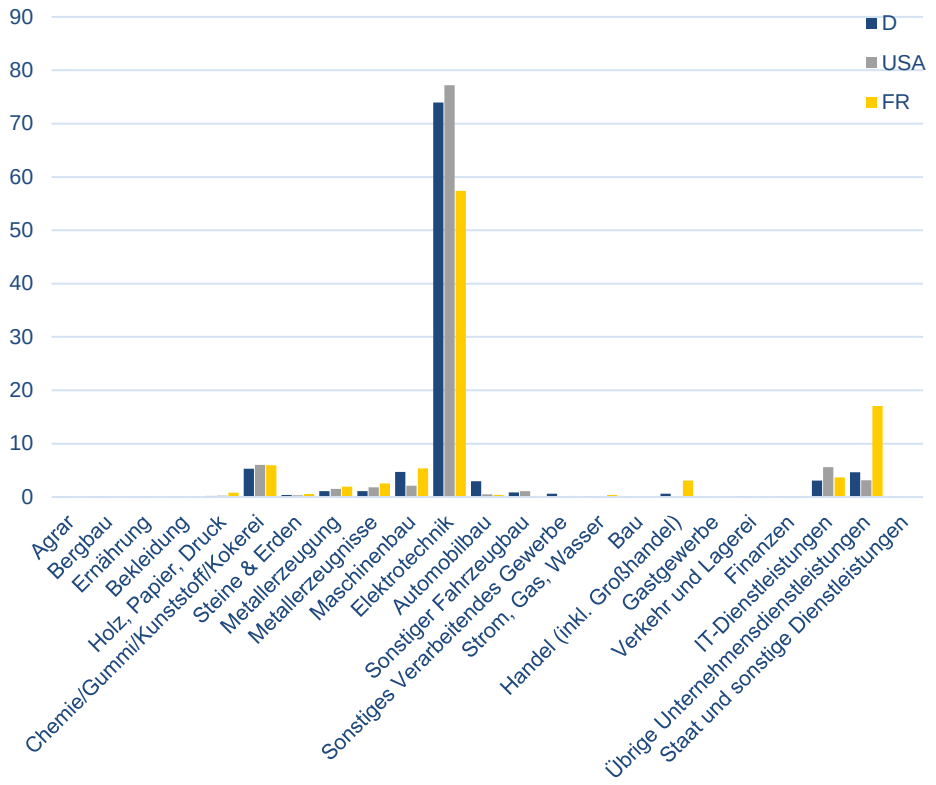
FuE-Impulse der Elektrotechnik aus anderen Branchen

Die deutsche Elektrotechnik erhält über die inländischen Vorleistungsbezüge und die importierten Vorleistungen aus anderen Branchen und Ländern FuE-Ausgaben von 3.123 Millionen US-Dollar. Die Herkunft des FuE-Inputs unterscheidet sich nur unwesentlich von anderen Staaten (siehe Abbildung 4-26):

- Die stärksten Impulse erhält die Elektrotechnik aus der eigenen Branche.
- Lediglich in Frankreich kommen zudem von den übrigen Unternehmensdienstleistungen Impulse, zu denen die Forschung und Entwicklung zählt. Die übrigen Unternehmensdienstleistungen liefern in Frankreich einen deutlich höheren Anteil der Vorleistungen als in Deutschland oder den USA.

Abbildung 4-26: Herkunft der in den Vorleistungen der Elektrotechnik enthaltenen FuE-Ausgaben

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

Zwischenfazit Elektrotechnik: Die Elektrotechnik ist außerhalb Deutschlands auf der Produktionsseite eher Lieferant als Bezieher von Vorleistungen. In Deutschland ist das Verhältnis dagegen fast ausgeglichen, die Elektrotechnik ist stark mit sich selbst vernetzt. In den etablierten Industrieländern ist die Elektrotechnik Technologiegeber für andere Branchen und Länder, was die FuE-Quoten deutlich verringert. Lediglich die chinesische Elektrotechnik ist Technologienehmer. In Deutschland ist die Elektrotechnik Technologiegeber für fast alle Branchen. Nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist die deutsche Elektrotechnik immer noch deutlich geringere FuE-Quoten auf als in anderen etablierten Industriestaaten außerhalb Europas. Von unten kann die chinesische Elektrotechnik deutlich aufholen. Externes Potenzial zur Steigerung der FuE-Quote hat die deutsche Elektrotechnik im Ländervergleich kaum, allenfalls durch verstärkte Vorleistungsverflechtungen mit den forschungsstarken übrigen unternehmensnahen Dienstleistungen, wie sie in der französischen Elektrotechnik zu beobachten sind.

5 Leistungsaustausch und Patente

Anstelle des FuE-Inputs kann die Anzahl der Patente der Branchen in die Analyse einbezogen werden. In diesem Abschnitt soll aufgezeigt werden, inwieweit dieses Vorgehen zu anderen Ergebnissen führt als die Betrachtung der FuE-Ausgaben. Daher werden nur diejenigen Branchen und Länder in die Analyse einbezogen, für die FuE- und Patentdaten zur Verfügung stehen. Anders als bei den FuE-Ausgaben fehlen vor allem Patentdaten für die Dienstleistungsbranchen. Angesichts der geringeren Zahl berücksichtigter Branchen sind die hier vorgestellten Ergebnisse zu den FuE-Verflechtungen nicht direkt mit den Resultaten aus Kapitel 4 vergleichbar.

Im Folgenden werden für die vier Länder Deutschland, Frankreich, USA und China für ausgewählte Branchen der Saldo aus in den Vorleistungsbezügen/-importen und in den Vorleistungslieferungen/-exporten enthaltenen absoluten Patentzahlen im Verhältnis zu den ursprünglichen Patentzahlen dargestellt. Zusätzlich wird das Vorzeichen des so ermittelten FuE-Saldos dargestellt, um zu prüfen, ob sich die Patente und der FuE-Input durch den Leistungsaustausch in die gleiche Richtung ändern. Im Anschluss wird für die Länder die Patentzahl je Milliarde US-Dollar Umsatz vor und nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs betrachtet. Dabei wird der Deutschlandwert vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs als Referenzwert gesetzt. Zum Abschluss wird der Fokus auf Deutschland gelegt und die FuE- und Patentverflechtungen der jeweiligen Branche mit den übrigen Branchen werden analysiert.

5.1 Patentverflechtungen im Maschinenbau

Im Maschinenbau gewinnen alle Länder bei der Patentbetrachtung durch den Leistungsaustausch Patente hinzu (siehe Tabelle 5-1):

Tabelle 5-1: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Maschinenbau

	Saldo in Prozent der ursprünglichen Patente	Vorzeichen bei FuE-Anstrengungen
D	330,1	–
F	315,3	–
USA	333,8	–
CHN	1.081,2	+

Quelle: Eigene Berechnung

- Der Maschinenbau in den etablierten Industriestaaten kann durch den Leistungsaustausch die ihm zugeordneten Patente verdreifachen. In China fällt der Zuwachs deutlich stärker aus, hier verzehnfacht sich die Patentzahl.

- Anders als bei den FuE-Anstrengungen gewinnt der Maschinenbau in den etablierten Industriestaaten bei den Patenten durch den Leistungsaustausch hinzu. Dies liegt zum Teil an den Zuordnungsregeln der Patente zu den jeweiligen Branchen (siehe Kapitel 3.4). In China bleibt das Vorzeichen unverändert.

Der Maschinenbau gewinnt durch den Leistungsaustausch Patente hinzu, was sich in höheren Patentzahlen je Milliarde US-Dollar Umsatz niederschlägt (siehe Tabelle 5-2):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist der französische Maschinenbau die meisten Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz auf, gefolgt vom deutschen Maschinenbau. Der chinesische Maschinenbau ist dagegen weit abgeschlagen.
- Den höchsten Zuwachs kann der Maschinenbau in Frankreich und in Deutschland erzielen, gefolgt von den USA.
- China hat zwar im Vergleich zur ursprünglichen Patentzahl den prozentual höchsten Zuwachs zu verzeichnen, gleichwohl steigt die absolute Patentzahl aufgrund des geringen Ausgangswerts nur begrenzt. Deshalb fällt der Abstand zum Maschinenbau in den etablierten Industriestaaten nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs größer aus.

Tabelle 5-2: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Maschinenbau
Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100

	vor	nach
D	100,0	430,1
F	108,5	450,8
USA	74,9	325,0
CHN	7,4	86,9

Quelle: Eigene Berechnung

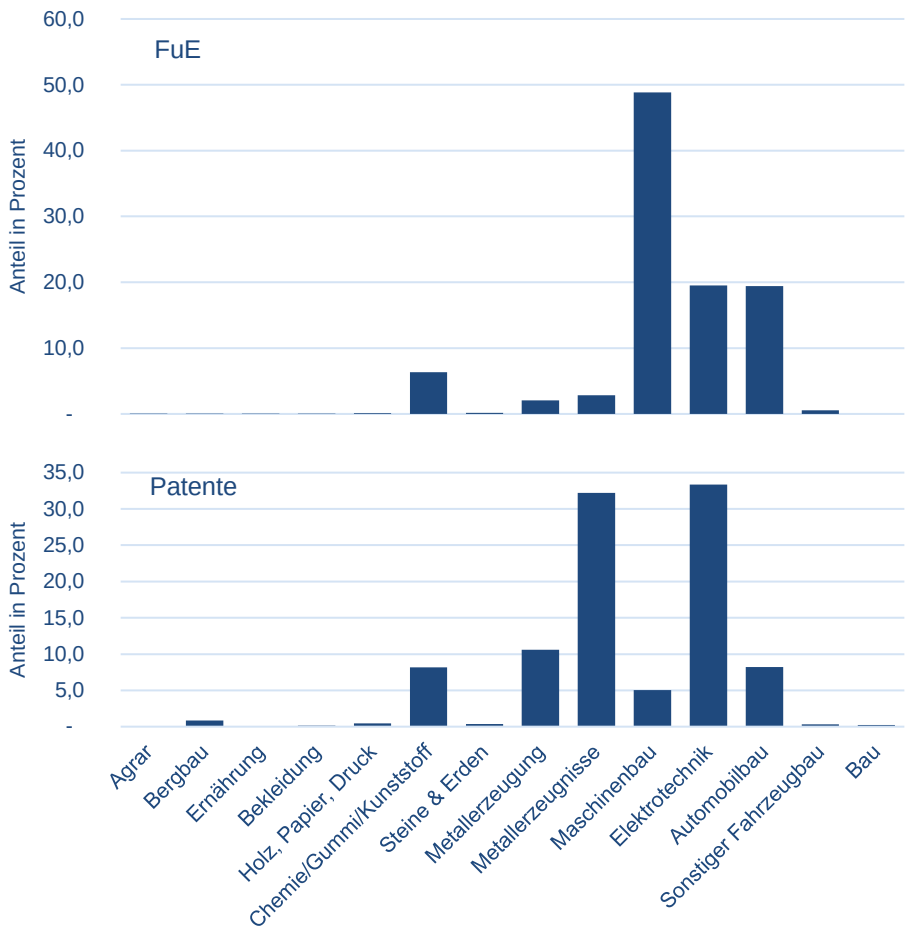
Der Maschinenbau in Deutschland weist bei den FuE-Anstrengungen und den Patenten eine leicht abweichende Struktur auf (siehe Abbildung 5-1):

- Der Maschinenbau gewinnt vor allem in der eigenen Branche und von der Elektrotechnik und dem Automobilbau FuE-Inputs hinzu, in geringerem Maße auch vom Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.
- Bei der Patentbetrachtung ist die Elektrotechnik wichtigster Lieferant. Anders als bei den FuE-Anstrengungen treten die Metallerzeugung und die Hersteller

von Metallerzeugnissen hervor, was teils an der Patentzuordnung, teils am unterschiedlichen Patentierungsverhalten der Branchen liegen dürfte.

Abbildung 5-1:Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des deutschen Maschinenbaus

Anteil an allen erhaltenen FuE-Ausgaben/Patenten in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

5.2 Patentverflechtungen im Automobilbau

Im Automobilbau gewinnen alle Länder bei der Patentbetrachtung durch den Leistungsaustausch Patente hinzu (siehe Tabelle 5-3):

- Der Automobilbau in den etablierten Industriestaaten gewinnt durch den Leistungsaustausch im Vergleich zu seiner ursprünglichen Patentzahl rund 20 bis

50 Prozent an Patenten hinzu. In China fällt der Zuwachs mit 160 Prozent deutlich höher aus.

- Anders als bei den FuE-Anstrengungen gewinnt der deutsche Automobilbau bei den Patenten durch den Leistungsaustausch hinzu. In allen anderen Staaten bleibt das Vorzeichen unverändert.

Tabelle 5-3: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Automobilbau

	Saldo in Prozent der ursprünglichen Patente	Vorzeichen bei FuE-Anstrengungen
D	20,5	–
F	27,3	+
USA	49,4	+
CHN	160,3	+

Quelle: Eigene Berechnung

Der Automobilbau gewinnt durch den Leistungsaustausch in allen betrachteten Staaten Patente hinzu. An der Reihenfolge der Länder ändert sich nichts (siehe Tabelle 5-4):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist der französische Automobilbau die meisten Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz auf, gefolgt vom deutschen Automobilbau. Der chinesische Automobilbau ist dagegen weit abgeschlagen.

Tabelle 5-4: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Automobilbau
Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100

	vor	nach
D	100,0	120,5
F	123,4	157,2
USA	62,2	92,9
CHN	5,3	13,7

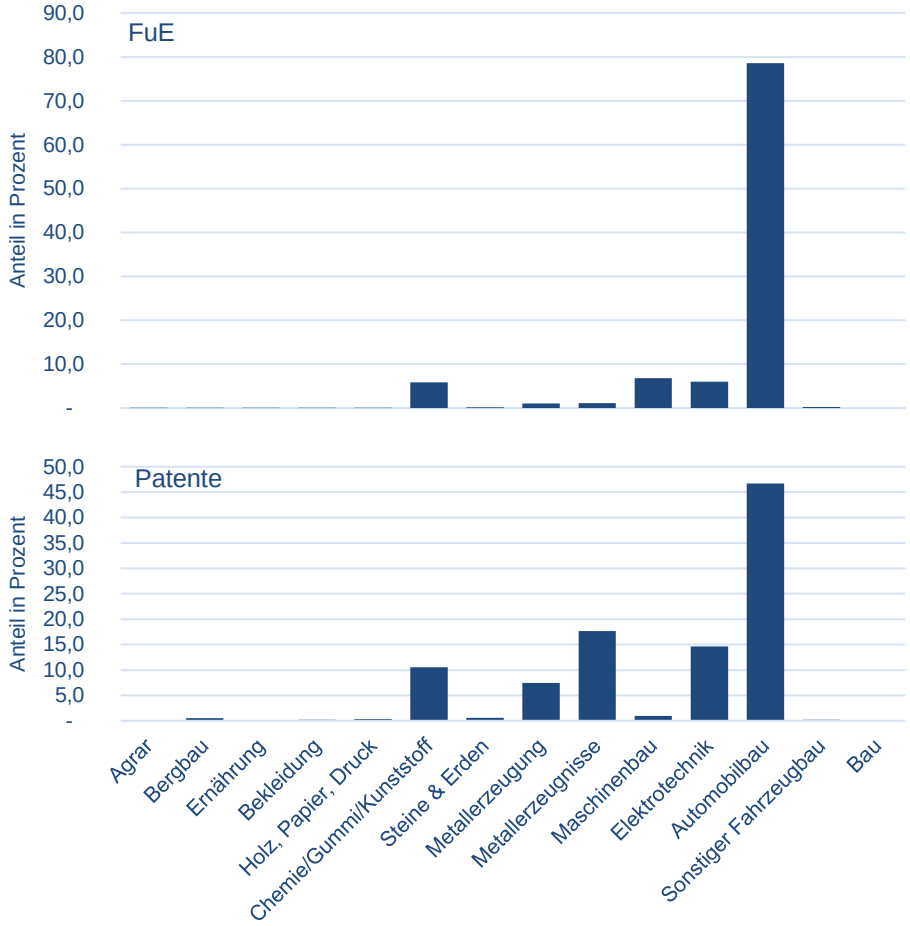
Quelle: Eigene Berechnung

- Den höchsten Zuwachs kann der Automobilbau in Frankreich und in den USA erzielen. Frankreich bleibt somit auch nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs bei den Patenten vor Deutschland. Die USA können den Abstand zum deutschen Automobilbau etwas verringern.
- China verzeichnet im Vergleich zur ursprünglichen Patentzahl den prozentual höchsten Zuwachs, allerdings steigt die absolute Patentzahl geringfügig. Der Abstand der etablierten Industriestaaten zum chinesischen Automobilbau erhöht sich nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs.

Der Automobilbau in Deutschland weist bei bezogenen und importierten FuE-Ausgaben und Patenten eine ähnliche Struktur auf (siehe Abbildung 5-2):

Abbildung 5-2: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des deutschen Automobilbaus

Anteil an allen erhaltenen FuE-Ausgaben/Patenten in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Der Automobilbau ist eng mit den Automobilzulieferern verbunden. Daher kommen die meisten Lieferungen bei den FuE-Ausgaben und Patenten aus dem Automobilbau.
- Des Weiteren liefern der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, der Maschinenbau und die Elektrotechnik FuE-Ausgaben an den Automobilbau.
- Anstelle des Maschinenbaus beliefern die Hersteller von Metallerzeugnissen und die Metallerzeugung den Automobilbau mit Patenten.
- Auch bei der Patentbetrachtung haben der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei und die Elektrotechnik einen erheblichen Anteil an den Patentlieferungen an den Automobilbau.

5.3 Patentverflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei gibt in allen Ländern bei der Patentbetrachtung durch den Leistungsaustausch Patente ab (siehe Tabelle 5-5):

- In Deutschland gibt der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei rund 23 Prozent seiner Patente an andere Branchen im In- und Ausland ab.
- Mit -8,4 bzw. -7,1 Prozent fällt der negative Saldo in Frankreich bzw. den USA deutlich geringer aus.
- In China ist der Patentsaldo mit -1,7 Prozent fast ausgeglichen.
- Das Vorzeichen der Patentsalden bleibt im Vergleich zu den FuE-Anstrengungen durch den Leistungsaustausch unverändert.

Tabelle 5-5: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

	Saldo in Prozent der ursprünglichen Patente	Vorzeichen bei FuE-Anstrengungen
D	-23,3	–
F	-8,4	–
USA	-7,1	–
CHN	-1,7	–

Quelle: Eigene Berechnung

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei verliert durch den Leistungsaustausch in allen betrachteten Staaten Patente (siehe Tabelle 5-6):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei die meisten Patente je Milliarde US-Dollar

Umsatz auf, gefolgt von Frankreich und den USA. China ist weit abgeschlagen.

- Den mit Abstand höchsten Rückgang weist Deutschland auf. In Frankreich und den USA fällt der Verlust durch den Leistungsaustausch deutlich geringer aus. In China bleibt die Patentzahl im Verhältnis zum Umsatz fast unverändert.
- Gemessen an der Zahl der Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz rückt der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei näher an die Bereiche in Frankreich und den USA. Der Abstand zum chinesischen Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei wird ebenfalls kleiner, bleibt aber doch erheblich.

Tabelle 5-6: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei
Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100

	vor	nach
D	100,0	76,7
F	69,3	63,5
USA	65,2	60,6
CHN	5,8	5,7

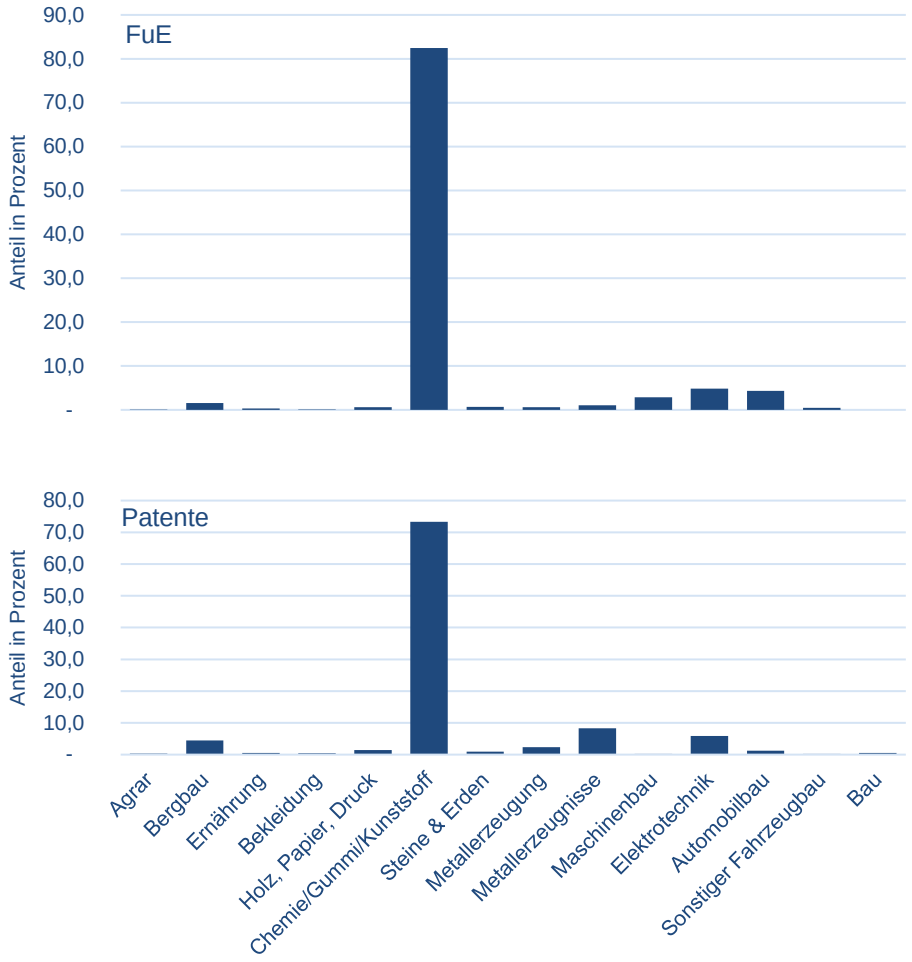
Quelle: Eigene Berechnung

Der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei weist bei den Lieferungen von FuE-Input und Patenten eine ähnliche Struktur auf (siehe Abbildung 5-3):

- Einen Unterschied zwischen Lieferungen der FuE-Ausgaben und der Patente gibt es vor allem bei den Herstellern von Metallerzeugnissen. Anders als beim FuE-Input liefern die Hersteller von Metallerzeugnissen Patente.
- Im Vergleich zu den FuE-Anstrengungen fallen dagegen die Patentlieferungen des Maschinenbaus und des Automobilbaus geringer aus.

Abbildung 5-3: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Anteil an allen erhaltenen FuE-Ausgaben/Patenten in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

5.4 Patentverflechtungen der Hersteller von Metallerzeugnissen

Die Hersteller von Metallerzeugnissen bekommen im Vergleich zu den FuE-Ausgaben mehr Patente zugewiesen. Daher geben alle Länder bei der Patentbetrachtung durch den Leistungsaustausch Patente an anderen Branchen ab (siehe Tabelle 5-7):

- Die Hersteller von Metallerzeugnissen geben durch den Leistungsaustausch zwischen 33 Prozent (USA) und 60 Prozent (China) der ihnen zugeordneten Patente an andere ab.

- Anders als bei den FuE-Anstrengungen verlieren die Hersteller von Metallerzeugnissen in allen Staaten Patente durch den Leistungsaustausch. In allen Ländern ändert sich somit das Vorzeichen.

Tabelle 5-7: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch der Hersteller von Metallerzeugnissen

	Saldo in Prozent der ursprünglichen Patente	Vorzeichen bei FuE-Anstrengungen
D	-44,4	+
F	-37,7	+
USA	-32,6	+
CHN	-59,7	+

Quelle: Eigene Berechnung

Die Hersteller von Metallerzeugnissen verlieren durch den Leistungsaustausch Patente an andere Branchen im In- und Ausland, was sich in geringeren Patentzahlen je Milliarde US-Dollar Umsatz niederschlägt (siehe Tabelle 5-8):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weisen die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen die meisten Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz auf, gefolgt von Frankreich und den USA. China ist weit abgeschlagen.

Tabelle 5-8: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs der Hersteller von Metallerzeugnissen
Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100

	vor	nach
D	100,0	55,6
F	55,4	34,6
USA	37,1	25,0
CHN	7,2	2,9

Quelle: Eigene Berechnung

- Den höchsten Rückgang weisen die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen auf. Nach dem Leistungsaustausch weisen die deutschen Hersteller von Metallerzeugnissen zwar immer noch die meisten Patente je Milliarde US-

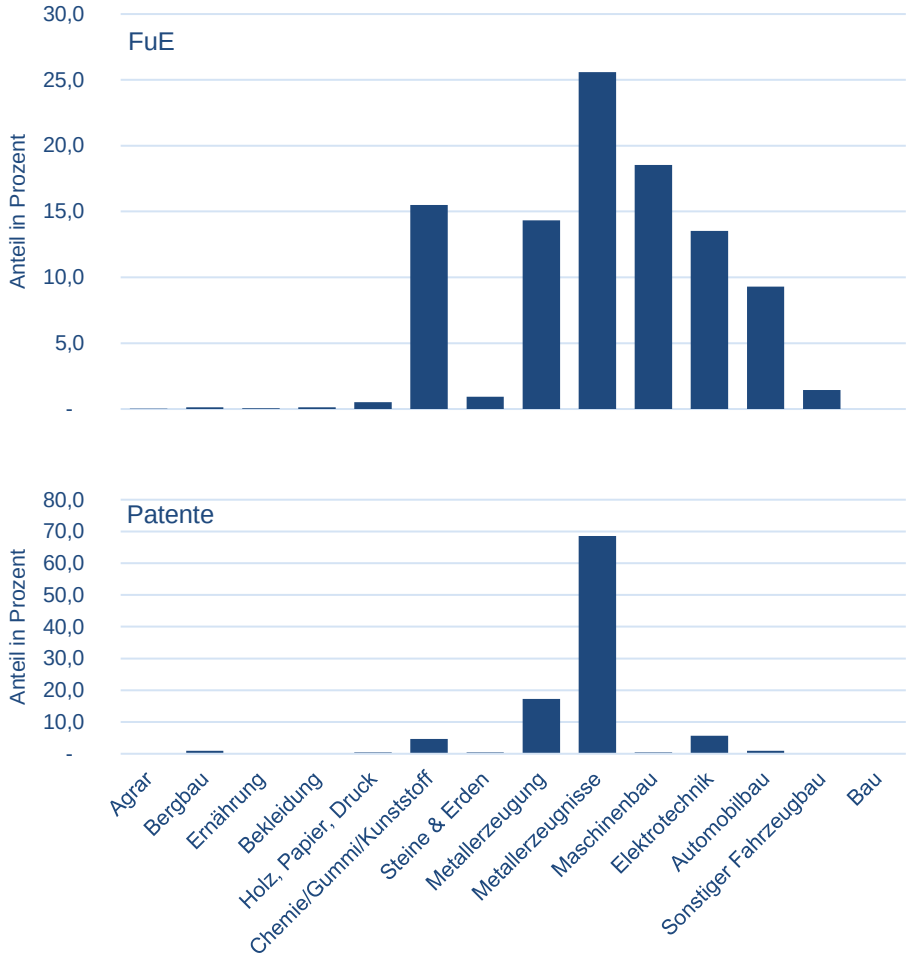
Dollar Umsatz auf, der Abstand zu den anderen etablierten Industriestaaten fällt aber deutlich geringer aus.

- China verliert ebenfalls durch den Leistungsaustausch Patente, gleichwohl fällt der Abstand zu den etablierten Industriestaaten geringer aus als vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs.

Die Hersteller von Metallerzeugnissen in Deutschland weisen bei den FuE-Ausgaben und den Patenten eine teils deutlich abweichende Struktur auf (siehe Abbildung 5-4):

Abbildung 5-4: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen der Hersteller von Metallerzeugnissen

Anteil an allen erhaltenen FuE-Ausgaben/Patenten in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Bei der Betrachtung des FuE-Inputs liefern die Hersteller von Metallerzeugnissen, der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, der Maschinenbau, die Metallerzeugung, die Elektrotechnik und der Automobilbau FuE-Ausgaben.
- Anders bei der Betrachtung der Patente: Hier sind vor allem die Hersteller von Metallerzeugnissen Lieferanten von Patenten. In deutlich geringerem Maße liefern zudem die Metallerzeugung, die Elektrotechnik und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.
- Der Maschinenbau und der Automobilbau liefern dagegen kaum Patente an die Hersteller von Metallerzeugnissen.

5.5 Patentverflechtungen in der Elektrotechnik

In der Elektrotechnik zeigt sich bei den Patenten ein vergleichbares Bild wie beim FuE-Input. Während die etablierten Industrieländer Patente abgeben, gewinnt die chinesische Elektrotechnik hinzu (siehe Tabelle 5-9):

- In den etablierten Industriestaaten gibt die Elektrotechnik durch den Leistungsaustausch gut ein Fünftel der ihr zugeordneten Patente an andere Branchen und Länder ab.
- Es bestehen kaum Unterschiede zwischen den etablierten Industriestaaten.
- In China gewinnt die Elektrotechnik rund 40 Prozent gegenüber der ursprünglichen Patentzahl hinzu.
- Die Vorzeichen des Patentsaldos entsprechen den Vorzeichen des FuE-Saldos.

Tabelle 5-9: Veränderung der Patente durch den Leistungsaustausch in der Elektrotechnik

	Saldo in Prozent der ursprünglichen Patente	Vorzeichen bei FuE-Anstrengungen
D	-23,7	–
F	-22,3	–
USA	-20,7	–
CHN	39,5	+

Quelle: Eigene Berechnung

Die Elektrotechnik in den etablierten Industriestaaten verliert durch den Leistungsaustausch Patente, während sie in China Patente hinzugewinnt (siehe Tabelle 5-10):

- Vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs weist die US-amerikanische Elektrotechnik die meisten Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz auf, gefolgt von Frankreich und Deutschland. China ist weit abgeschlagen.
- Den höchsten Rückgang verzeichnen die US-amerikanische Elektrotechnik und die französische Elektrotechnik. Die deutsche Elektrotechnik gibt durch den Leistungsaustausch ebenfalls Patente je Milliarde US-Dollar ab.
- Die chinesische Elektrotechnik gewinnt dagegen hinzu. Dadurch verringert sich der Abstand zur deutschen Elektrotechnik, wobei der Abstand immer noch deutlich ist.

Tabelle 5-10: Anzahl Patente je Milliarde US-Dollar Umsatz vor/nach Berücksichtigung des Leistungsaustauschs in der Elektrotechnik
Deutschland vor Berücksichtigung des Leistungsaustauschs = 100

	vor	nach
D	100,0	76,3
F	125,8	97,7
USA	142,6	113,0
CHN	14,6	20,4

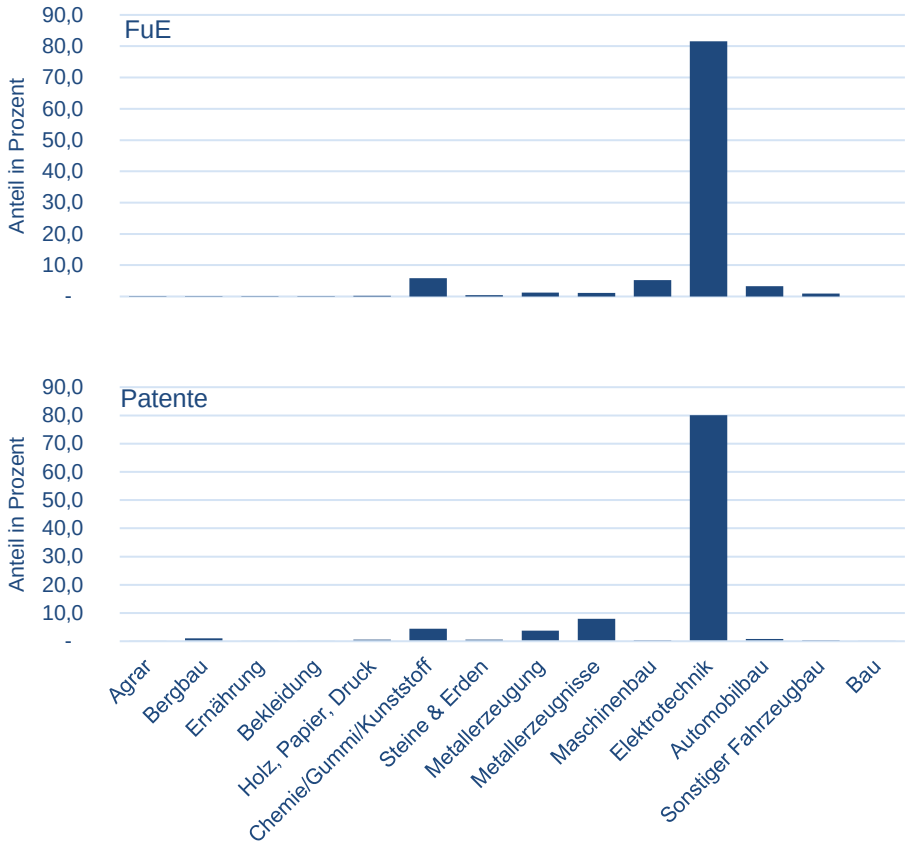
Quelle: Eigene Berechnung

Die Elektrotechnik in Deutschland weist beim FuE-Input und den Patenten eine ähnliche Struktur auf (siehe Abbildung 5-5):

- Die Elektrotechnik erhält vor allem von der Elektrotechnik FuE-Input geliefert. In geringem Maße liefern zudem der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, der Maschinenbau und der Automobilbau FuE-Anstrengungen.
- Bei der Patentbetrachtung bleibt die Bedeutung der Elektrotechnik als Patentlieferant unverändert. Etwas an Bedeutung gewinnen die Hersteller von Metallerzeugnissen und die Metallerzeugung, während der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei geringfügig abnimmt.
- Bei der Patentbetrachtung verlieren der Maschinenbau und der Automobilbau ihre Bedeutung als Lieferanten von Wissen an die Elektrotechnik.

Abbildung 5-5: Vergleich der Herkunft FuE-Ausgaben und Patente in den Vorleistungsbezügen und -importen der Elektrotechnik

Anteil an allen erhaltenen FuE-Ausgaben/Patenten in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

Zwischenfazit: Leistungsaustausch und Patente

Patente sind ein Outputindikator des Prozesses der Wissensgenerierung, während die FuE-Ausgaben einen Inputindikator darstellen. Beide Indikatoren können unterschiedliche Ergebnisse liefern, wenn die Auswirkungen des Leistungsaustauschs betrachtet werden und dabei mit der Annahme gearbeitet wird, dass in den getauschten Vorleistungen anteilsmäßig FuE-Input oder Patente enthalten sind.

In den Bereichen Automobilbau, Elektrotechnik sowie Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei zeigt sich eine hohe Übereinstimmung der Ergebnisse, die mittels der Input- und Outputindikatoren ermittelt worden sind.

Anders dagegen im Maschinenbau und spiegelbildlich in der Herstellung von Metallerzeugnissen. Während der Maschinenbau trotz hoher FuE-Anstrengungen nur wenige Patente zu verzeichnen hat, finden sich bei der Herstellung von Metallerzeugnissen deutlich mehr Patente. Allerdings kann es sein, dass aufgrund der Zuordnung von Technologiefeldern zu Branchen hier eine Unschärfe entsteht. Während Maschinen häufig nicht zerstörungsfrei zerlegt und damit nachgebaut werden können, sind spezielle Verfahren bspw. zur Oberflächenveredlung leichter reproduzierbar. Daher können Maschinenbauunternehmen solche Verfahren patentieren lassen, die dann über das Technologiefeld eher der Herstellung von Metallerzeugnissen zugeordnet werden.

6 Leistungsaustausch und Wissensnetze unterscheiden sich

In den Kapiteln 4 und 5 wurde untersucht, wie durch den Leistungsaustausch Ausgaben für Forschung und Entwicklung sowie Patente in die Produkte verschiedener Länder einfließen. Dabei wurde mit der Annahme gearbeitet, dass sich über die Vorleistungsimporte und -exporte die branchendurchschnittlichen FuE-Aufwendungen bzw. Patente weiterverbreiten.

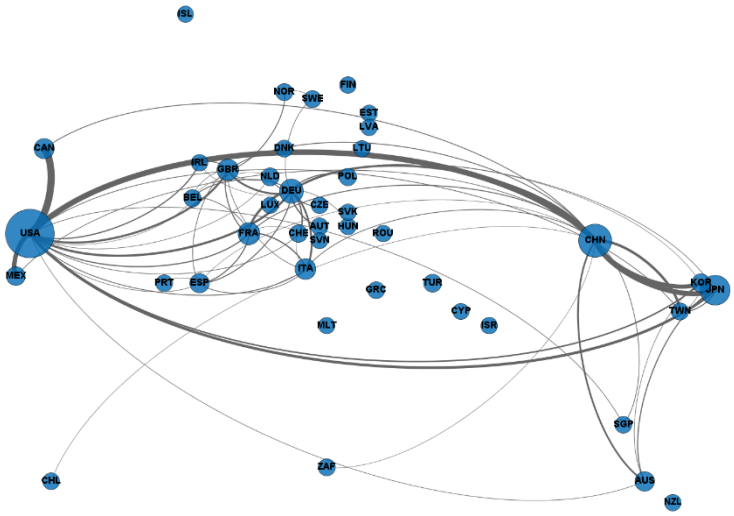
Eine andere Frage sind die grenzüberschreitenden Wissensnetze, die echte Kooperationen darstellen. Hier liefert der Leistungsaustausch keine Hinweise auf die grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Anhand der Patentdaten lassen sich die tatsächlichen internationalen Ko-Erfindungen ermitteln. Ein Vergleich des Vorleistungsaustauschs und der Wissensnetzwerke (siehe Abbildung 6-1) zeigt, dass die Wissensnetze eine andere Struktur aufweisen als die Produktionsnetze:

- Die USA, Deutschland und Japan sind die wichtigsten Knoten in den internationalen Wissensnetzwerken.
- Die USA und Europa sind im Wissensnetzwerk eng verknüpft. Zugleich weisen die USA im Wissensnetzwerk eine starke Verbindung mit China auf.
- Im Leistungsaustausch bestehen starke Verbindungen zwischen Deutschland und Mittel- und Osteuropa. Diese Verbindungen sind im Wissensnetzwerk nicht vorhanden. Stattdessen ist Deutschlands Rolle im europäischen Wissensnetzwerk zu den westeuropäischen Nachbarn ausgeprägter als im europäischen Produktionsnetzwerk.
- China spielt im Leistungsaustausch eine erhebliche Rolle, erreicht diese Rolle aber im Wissensnetzwerk (noch) nicht.
- In Asien gibt es deutliche Unterschiede zwischen dem Produktions- und dem Wissensnetzwerk: Während China im Produktionsnetzwerk stark mit Japan und Korea verbunden ist, ist das Wissensnetzwerk zwischen diesen Ländern sehr schwach ausgeprägt.
- Die USA sind auf der Produktionsseite stark mit Mexiko verflochten, was sich nicht in einem entsprechenden Wissensnetzwerk widerspiegelt.

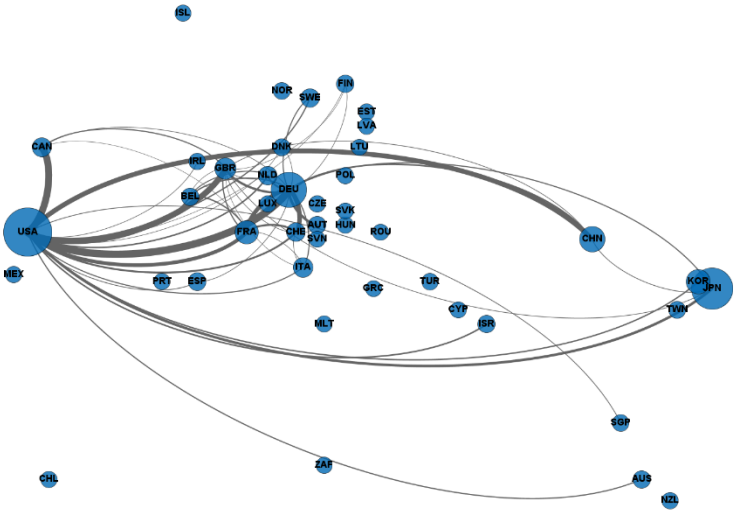
Fazit: Der Leistungsaustausch und die Wissensnetzwerke unterscheiden sich. Vor allem die schwach ausgeprägten Wissensnetzwerke mit Mittel- und Osteuropa stellen auf Dauer ein Problem für die deutsche Industrie dar. Ein reines Abstellen auf kostengünstige, aber nicht technologierelevante Zulieferer aus Mittel- und Osteuropa mag kurzfristig vorteilhaft sein, langfristig reicht diese Strategie aber angesichts der steigenden Wissensintensität nicht aus. Daher muss Deutschland ein Interesse an technologisch starken Netzwerken mit Mittel- und Osteuropa, aber auch Südeuropa haben. Dort besteht noch viel Potenzial für den Ausbau der Wissensnetzwerke.

Abbildung 6-1: Leistungsaustausch und Wissensnetzwerke im Vergleich

Leistungsaustausch



Wissensnetzwerk



Quelle: Eigene Darstellung

7 Wissensnetzwerke

Im Folgenden werden die internationalen Wissensnetzwerke untersucht. Die Untersuchung der Wissensnetzwerke wird unterteilt in die Analyse interregionaler und interdisziplinärer Zusammenarbeit. Im Bereich der interregionalen Zusammenarbeit werden die Wohnsitzorte der in den Patenten vermerkten Erfinder als regionales Unterscheidungskriterium genutzt. Werden in einem Patent mehrere Erfinder aus mindestens zwei Ländern genannt, wird dies als Indikator für die interregionale – oder spezifischer internationale – Zusammenarbeit bei der Entwicklung des Patents genutzt. Im Bereich der interdisziplinären Zusammenarbeit werden Mehrfacheinträge nach Technologien für die Identifikation der Vernetzung verwendet.

7.1 Internationale Wissensnetzwerke

Die Untersuchung der internationalen Wissensnetzwerke erfolgt in einem ersten Schritt für alle Themenfelder und wird danach auf ausgewählte Branchen heruntergebrochen. Betrachtet werden alle weltweiten Patente, für die mehr als ein Erfinder hinterlegt ist. Für jede thematische Abgrenzung wird zunächst die globale Sicht dargestellt. Hier werden die netzwerktheoretischen Kennziffern analysiert. Danach erfolgt ein Blick auf die Position Deutschlands innerhalb des Themenfelds. Hier lassen sich die Anteile der jeweiligen deutschen Erfinder an den globalen Patenten und ihr Anteil an der internationalen Zusammenarbeit und der Anteil der international vernetzten Patente an den inländischen Patenten im internationalen Vergleich darstellen.

7.1.1 Internationale Patentvernetzung in allen Themenfeldern

Internationale Wissensnetze wachsen weltweit

Die Zunahme der internationalen Verflechtung bei den Patentanmeldungen kann in einer Zweizeitpunktbetrachtung der Jahre 1995 und 2015 summarisch dargestellt werden (siehe Abbildung 7-1):

- Die Zahl der verknüpften Länder (oder Netzwerkknoten N) nahm zwischen 1995 und 2014 von 105 auf 147 zu.
- Die Zahl der Verbindungen (oder Netzwerkkanten E) stieg von 390 auf 910.
- Entsprechend stiegen die Netzwerkdichte D (von 0,0714 auf 0,0848) und die durchschnittliche Gradzentralität k (von 7,43 auf 12,38).

Fazit: Im Jahr 2014 beteiligten sich also erstens mehr Länder an der internationalen Zusammenarbeit. Zweitens arbeiten die Länder mit Partnern aus mehreren Ländern zusammen. Die Netzwerkdichte und die durchschnittliche Zahl der Verbindungen je Land wuchsen.

Abbildung 7-1: Ko-Erfindernetzwerk international 1995 und 2014

Ko-Erfindernetzwerk 1995 mit 105 verknüpften Ländern

Ko-Erfindernetzwerk 2014 mit 147 verknüpften Ländern

Quelle: Eigene Darstellung

Die Entwicklungen der entsprechenden Netzwerkkennziffern sind in der Abbildung 7-2 im Zeitverlauf dargestellt:

- Besonders signifikant ist die Zunahme der Netzwerkknoten, als Ausdruck der erhöhten Zahl von Erfinderländern, die international kooperieren. Eine höhere

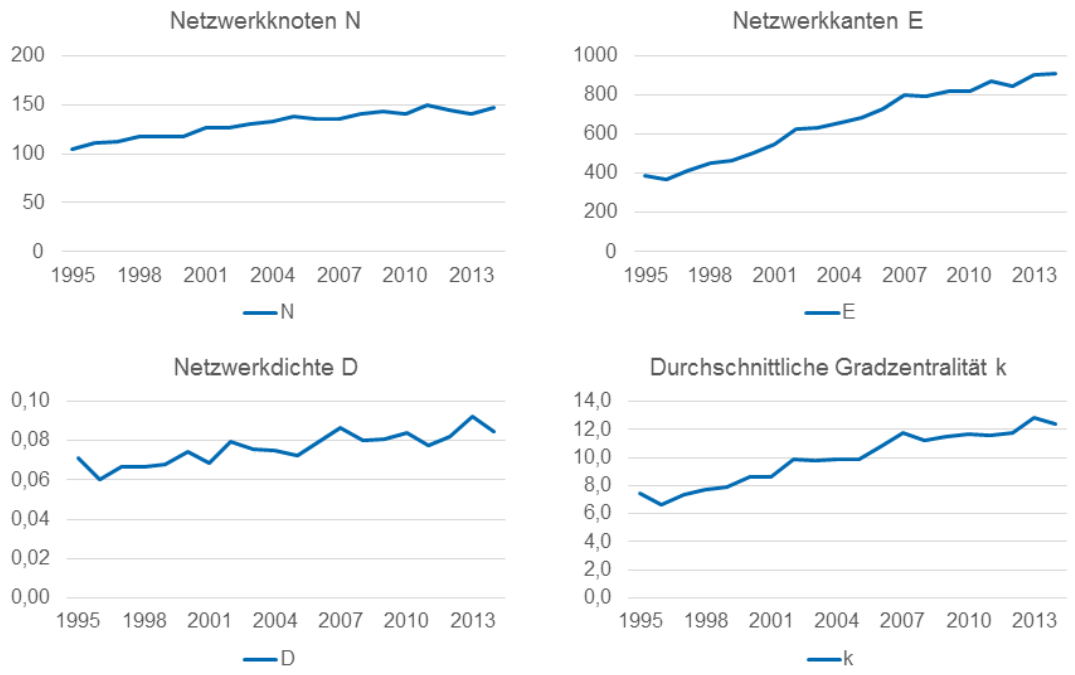
Zahl von Netzwerkknoten führt dazu, dass auch die Zahl möglicher Kanten zunimmt. Am aktuellen Rand hat die Dynamik der Netzwerkknoten nachgelassen.

- Zugenommen hat die Zahl der Netzwerkkanten (als Ausdruck der internationalen Verzahnung von Innovationen). Zwar hat auch hier die Dynamik am aktuellen Rand nachgelassen, es ist aber weiterhin eine Zunahme zu beobachten.
- Die Netzwerkdichte D weist den Anteil der tatsächlichen Verknüpfungen an den maximal möglichen Verknüpfungen aus. Der zeitliche Verlauf von D weist seit 1995 im Trend stetig nach oben.

Fazit: Die Entwicklung hin zu einer stärkeren internationalen Vernetzung zwischen den in der Abbildung 7-1 dargestellten Zeitpunkten ist kontinuierlich vorangeschritten. Am aktuellen Rand ist eine abnehmende Dynamik zu beobachten. Die Zahl der Länder, die sich an internationalen Patenten beteiligen, stagniert.

Abbildung 7-2: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, alle Themenfelder

Netzwerkknoten (N), Netzwerkkanten (E), Netzwerkdichte (D), Durchschnittliche Gradzentralität (k)



Quelle: Eigene Darstellung

Deutschland ist überdurchschnittlich stark vernetzt

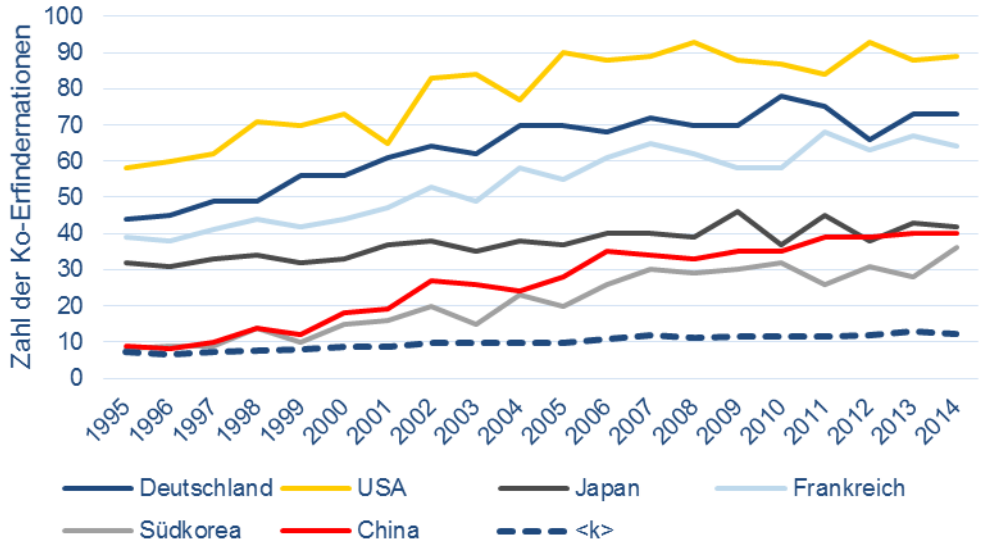
Die internationale Vernetzung Deutschlands lässt sich mit der Zahl der Ko-Erfindernationen messen und für den Zeitraum von 1995 bis 2014 mit ausgewählten Wettbewerbern sowie dem durchschnittlichen Wert des gesamten internationalen Patentnetzwerks vergleichen (siehe Abbildung 7-3):

- Die am stärksten vernetzte Erfindernation sind die USA. Bezogen auf alle Themenbereiche stieg die Zahl der Ko-Erfindernationen von 58 (1995) auf 89 (2014).
- Im gesamten Zeitraum erreicht Deutschland den zweiten Platz. Die Zahl der Ko-Erfindernationen stieg von 44 (1995) auf 73 (2014).
- Die Vernetzung Frankreichs ist etwas geringer ausgeprägt als die Vernetzung Deutschlands (39 (1995) und 64 (2014) Ko-Erfindernationen).
- Die Vernetzung Japans ist wiederum geringer als die Vernetzung der zuvor genannten Nationen. Auch die Zunahme von 32 (1995) auf 42 (2014) Ko-Erfindernationen war weniger stark ausgeprägt.
- China und Südkorea konnten im Betrachtungszeitraum ihre Vernetzung deutlich steigern. China kam im Jahr 1995 nur auf neun Ko-Erfindernationen, erreichte im Jahr 2014 aber mit 40 schon das Vernetzungsniveau Japans. Die Vernetzung und deren Entwicklung in Südkorea ist geringfügig kleiner (8 (1995) und 36 (2014) Ko-Erfindernationen.
- Die durchschnittliche internationale Vernetzung liegt mit einem Wert für <k> zwischen 7,4 (1995) und 12,4 (2014) deutlich unter den Werten der wichtigen Erfindernationen.
- In der jüngeren Vergangenheit setzte sich das Wachstum der Zahl der Ko-Erfindernationen nicht fort. In den USA erreichte die Zahl der Ko-Erfindernationen in den Jahren 2008 und 2012 mit 93 einen Höhepunkt.
- In Deutschland erreichte der Wert im Jahr 2010 mit 78 sein Maximum, in Frankreich im Jahr 2011 mit 68 Ko-Erfindernationen.
- In China war der Wert der Ko-Erfindernationen mit 40 im Jahr 2014 zwar am höchsten. Das größte Wachstum fand allerdings auch hier in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums statt.

Fazit: Die etablierten Industrieländer wie die USA und Deutschland sind überdurchschnittlich stark vernetzt. Die Zahl der Ko-Erfindernationen der asiatischen Staaten ist deutlich geringer, wobei China stark aufgeholt hat.

Abbildung 7-3: Zahl der Ko-Erfindernationen

Ausgewählte Länder und Netzwerk-Durchschnitt (<k>), 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

In Deutschland nimmt die Bedeutung der internationalen Wissensvernetzung zu

Die Bedeutung der internationalen Wissensvernetzung kann anhand des Anteils der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern abgeschätzt werden. Die Bedeutung kann für den Zeitraum von 1995 bis 2014 mit ausgewählten Wettbewerbern sowie dem durchschnittlichen Wert des gesamten internationalen Patentnetzwerks verglichen werden (siehe Abbildung 7-4):

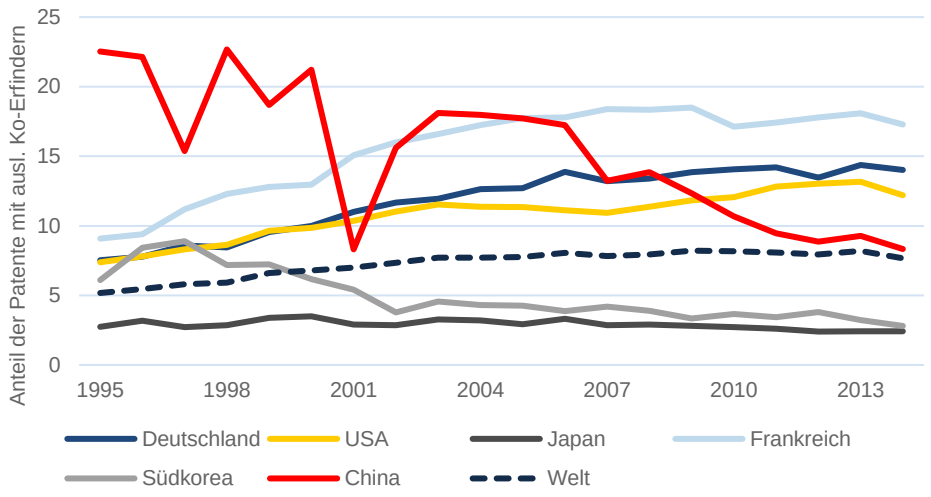
- Weltweit nimmt die Bedeutung der internationalen Wissensvernetzung zu. Der Anteil der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern steigt von 4,8 auf 7,1 Prozent.
- In Deutschland hat die Bedeutung der internationalen Kooperationen deutlich stärker zugenommen, und zwar von 7,5 auf 14 Prozent.
- Auch andere etablierte Industriestaaten weisen deutliche Zunahmen auf: In Frankreich stieg der Anteil von 9,1 auf 17,3 Prozent, in den USA von 7,4 auf 12,2 Prozent.
- In den asiatischen etablierten Industriestaaten liegt der Anteil der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern deutlich niedriger: In Japan sank der Anteil von 2,7 auf 2,4 Prozent. Deutlich stärker fiel der Rückgang von 6,1 auf 2,8 Prozent in Korea auf, was auf einen starken Aufbau inländischer Kooperationen hindeutet.

- In China ist ein ähnliches Bild wie in Korea zu beobachten, wobei hier deutlich stärkere Schwankungen zu verzeichnen sind. Der Anteil der internationalen Patente sank von 22,5 auf 8,3 Prozent, da rein inländische Patentkooperationen deutlich angestiegen sind.

Fazit: Während in den westlichen Industriestaaten der Anteil der internationalen Patente an allen Patenten zugenommen hat, sind in Asien rückläufige Anteile zu verzeichnen. Dies sollte aber nicht zu dem Fehlschluss führen, die asiatischen Länder würden sich weniger international vernetzen. Im Gegenteil: Sie haben ihre Anteile an allen internationalen Patenten deutlich ausgeweitet (siehe unten).

Abbildung 7-4: Anteil der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern eines Landes

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Darstellung

Deutschlands Beteiligung an Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern nimmt ab

Trotz der in Deutschland zunehmenden Bedeutung der Patente mit internationalen Ko-Erfindern nimmt die deutsche Beteiligung an allen Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern ab (siehe Abbildung 7-5):

- War Deutschland im Jahr 1995 noch an 30 Prozent der weltweiten Patente mit ausländischen Ko-Erfindern beteiligt, so waren es im Jahr 2014 nur noch

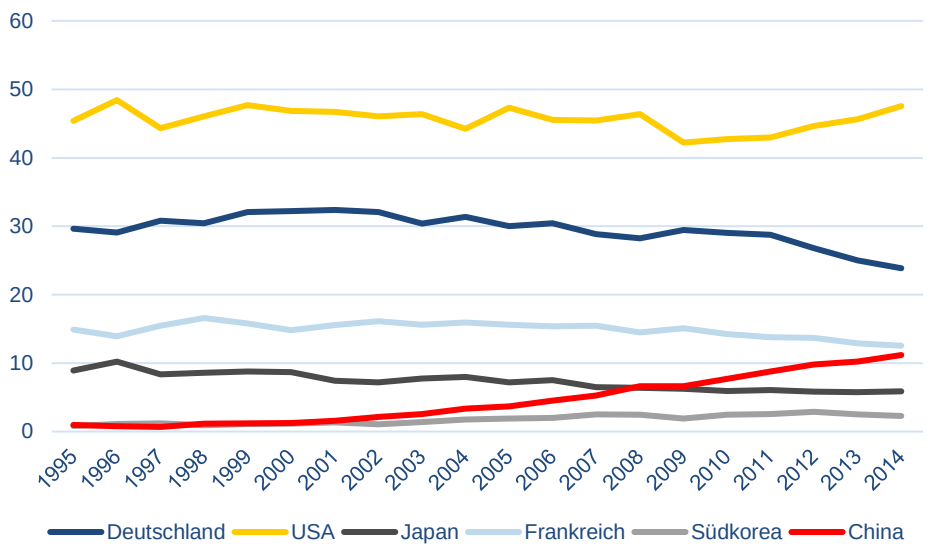
24 Prozent. Zwar ist die Zahl der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern im Zeitraum 2007 bis 2014 auch in Deutschland gestiegen, weltweit hat die Zahl aber deutlich stärker zugenommen. Vor allem fällt die Dynamik innerhalb der EU-15-Staaten und mit den NAFTA-Staaten geringer aus als die weltweite Dynamik.

- Japan weist ebenfalls einen rückläufigen Anteil auf, wobei das Ausgangsniveau bereits deutlich niedriger ausfiel. Von 1995 bis zum Jahr 2014 ist der japanische Anteil an den Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 9 auf 6 Prozent gesunken.
- In den USA ist dagegen ein Anstieg von 45 Prozent (1995) auf 48 Prozent (2014) zu verzeichnen.
- Südkorea weist einen sehr geringen Anteil an den internationalen Patenten auf, auch wenn der Anteil von 1 auf 2 Prozent gestiegen ist.
- Deutlich zugelegt hat China: Von 1995 bis 2014 stieg der chinesische Anteil an den Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 1 auf 11 Prozent.

Fazit: Bei den internationalen Patenten hat Deutschland an Boden verloren. Die USA spielen hier weiterhin die Hauptrolle und sind fast an der Hälfte der weltweiten Patente mit ausländischen Ko-Erfindern beteiligt. China hat sich deutlich stärker international vernetzt. Um den Anschluss an die Weltspitze zu halten, muss China in den Blick genommen werden (siehe unten).

Abbildung 7-5: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

Deutschlands Anteil an allen weltweiten Patenten mit Ko-Erfindern nimmt ab

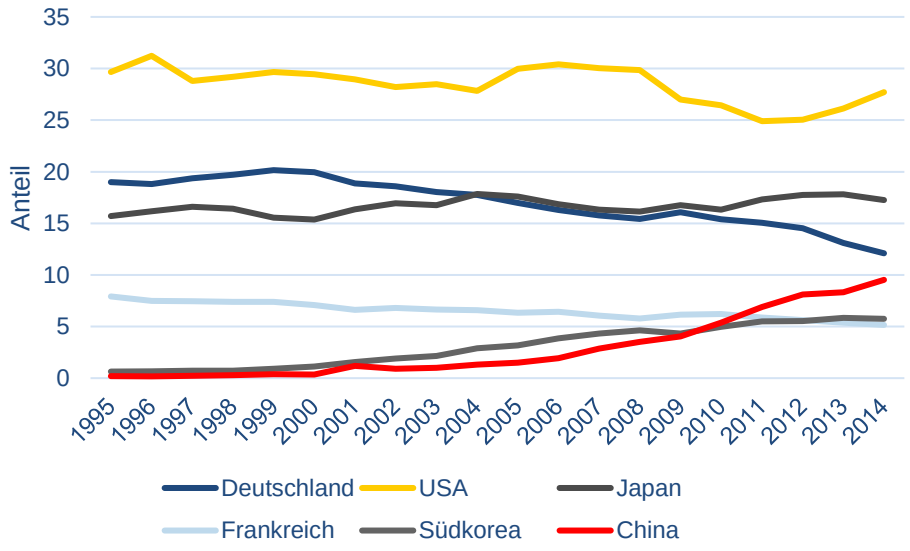
In Deutschland ist die Zahl der Patente mit Ko-Erfindern langsamer gewachsen als im Ausland. Entsprechend nimmt der deutsche Anteil an allen Patenten mit Ko-Erfindern ab (siehe Abbildung 7-6):

- Der deutsche Anteil an den weltweiten Patenten mit Ko-Erfindern ist von 19 Prozent im Jahr 1995 auf nur noch 12,1 Prozent der Patente im Jahr 2014 gesunken.
- Auch in den USA kann ein Rückgang von 29,7 Prozent (1995) auf 27,7 Prozent (2014) beobachtet werden. Allerdings weisen die USA seit dem Jahr 2010 wieder eine aufsteigende Tendenz auf.
- Südkorea und China weisen zwar noch einen geringeren Anteil an den Patenten mit Ko-Erfindern auf als Deutschland, sie konnten aber ihren Anteil von 1995 bis 2014 deutlich erhöhen: In Korea stieg der Anteil von 0,6 auf 5,8 Prozent, in China von 0,2 auf 9,5 Prozent.
- Japan weist seit dem Jahr 2004 einen höheren Anteil an Patenten mit Ko-Erfindern auf als Deutschland.

Fazit: Bei den Patenten mit Ko-Erfindern haben die asiatischen Staaten erheblich an Boden gewonnen. Die westlichen Industrieländer haben dagegen an Boden verloren, wobei die USA am aktuellen Rand eine Trendumkehr geschafft haben.

Abbildung 7-6: Beteiligung an weltweiten Patenten mit Ko-Erfindern

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

USA, Japan und Deutschland weiter vorn

Bei den weltweiten Patenten mit Ko-Erfindern, unabhängig davon, ob die Ko-Erfinder im In- oder Ausland sitzen, weisen die USA, Japan und Deutschland weiterhin die höchsten Patentzahlen auf (siehe Tabelle 7-1):

- Trotz der weiterhin höchsten Patentzahlen in den USA, Japan und Deutschland weisen diese Länder zwischen 1995 und 2014 eine deutlich geringere Dynamik auf als China. Deutschland weist in diesem Trio wiederum die geringste Dynamik auf.
- China landet im Jahr 2014 bereits auf Rang 4, wobei es unter allen betrachteten Ländern die höchste Wachstumsrate aufweist.
- Ebenfalls eine hohe Zunahme der Patente mit Ko-Erfindern weisen Korea, die Türkei und Litauen auf, allerdings teils auf einem deutlich niedrigeren Niveau.
- Indien als BRICS-Land, das in der Tabelle nicht aufgeführt ist, weist im Jahr 2014 insgesamt 3.767 Patente mit Ko-Erfindern auf.
- Brasilien als weiteres BRICS-Land, das nicht in der Tabelle aufgeführt ist, weist im Jahr 2014 insgesamt 1.003 Patente mit Ko-Erfindern auf.

Fazit: Am aktuellen Rand weisen die USA, Japan und Deutschland weiterhin die höchste absolute Anzahl von Patenten mit Ko-Erfindern im In- oder Ausland auf. China hat sehr stark aufgeholt.

Tabelle 7-1: Anzahl aller Ko-Patente (alle Themen) und Wachstum von 1995 bis 2015
Anzahl und Wachstum in Prozent

	1995	2014	Wachstum
USA	20.537	70.317	242,4
JPN	10.878	43.798	302,6
DEU	13.153	30.712	133,5
CHN	142	24.203	16.944,4
KOR	442	14.615	3.206,6
FRA	5.481	13.094	138,9
GBR	4.899	10.033	104,8
CHE	2.268	5.857	158,2
CAN	1.133	5.767	409,0
ITA	2.421	5.391	122,7
NLD	1.756	4.967	182,9
SWE	1.606	4.850	202,0
AUT	887	2.959	233,6
BEL	1.153	2.880	149,8
FIN	895	2.773	209,8
ESP	453	2.749	506,8
ISR	488	2.545	421,5
AUS	890	2.338	162,7
DNK	673	2.079	208,9
SGP	73	1.357	1.758,9
TWN	131	1.275	873,3
NOR	281	1.117	297,5
POL	53	971	1.732,1
TUR	24	842	3.408,3
IRL	122	793	550,0
CZE	44	557	1.165,9
NZL	170	471	177,1
HUN	123	469	281,3
MEX	43	411	855,8
ZAF	108	394	264,8
PRT	22	267	1.113,6
LUX	46	265	476,1
GRC	39	255	553,8
SVN	36	199	452,8
SVK	20	180	800,0
ROU	10	172	1.620,0
LTU	2	65	3.150,0
EST	4	59	1.375,0
LVA	4	51	1.175,0
CYP	4	35	775,0

Quelle: Eigene Berechnung

Ausländische Ko-Patente Domäne der westlichen Industrieländer

Internationale Wissensnetze bestehen aus Patenten mit ausländischen Partnern. Bei den internationalen Ko-Patenten stehen die USA ebenfalls an der Spitze (siehe Tabelle 7-2):

- Die USA weisen nicht nur die höchste Zahl an internationalen Ko-Patenten auf, die Zahl der Ko-Patente ist auch schneller gewachsen als in den europäischen Industriestaaten und in Japan.
- Deutschland belegt mit Abstand zum Erst- und Drittplatzierten Rang 2.
- China weist zwischen 1995 und 2014 mit deutlichem Abstand das höchste Wachstum bei den internationalen Ko-Patenten auf.
- Japan als patentstarkes Land weist im Jahr 2014 auf allen Technologiefeldern 1.059 Patente mit ausländischen Ko-Erfindern auf, davon 429 aus den USA und 110 aus Deutschland.
- Israel als Land mit hoher FuE-Tätigkeit weist im Jahr 2014 auf allen Themengebieten 465 Patente mit ausländischen Ko-Erfindern auf, wovon 297 Ko-Erfinder aus den USA und 19 aus Deutschland kommen.
- Korea hat im Jahr 2014 auf allen Themengebieten 410 Patente mit ausländischen Ko-Erfindern, davon 154 aus den USA und 27 aus Deutschland.
- Indien als BRICS-Land, das in der Tabelle nicht aufgeführt ist, weist im Jahr 2014 insgesamt 1.028 Patente mit ausländischen Ko-Erfindern auf, wovon gut die Hälfte auf Kooperationen mit den USA entfällt.
- Brasilien als weiteres BRICS-Land, das nicht in der Tabelle aufgeführt ist, weist im Jahr 2014 insgesamt 218 Patente mit Ko-Erfindern auf.

Fazit: Die ausländischen Ko-Patente sind weiterhin eine Domäne der westlichen Industrieländer. Gleichwohl holt China auch hier deutlich auf, wenn auch mit langsamerer Geschwindigkeit als bei allen Ko-Patenten.

Tabelle 7-2: Anzahl aller Ko-Patente (alle Themen) mit ausländischen Ko-Erfindern und Wachstum von 1995 bis 2015
Anzahl und Wachstum in Prozent

	1995	2014	Wachstum
USA	1.516	8.575	465,6
DEU	990	4.304	334,7
GBR	655	2.347	258,3
FRA	498	2.262	354,2
CHN	32	2.034	6.256,3
CHE	435	1.855	326,4
CAN	206	1.460	608,7
JPN	298	1.059	255,4
SWE	168	1.035	516,1
NLD	255	961	276,9
BEL	265	944	256,2
ITA	177	706	298,9
AUT	137	669	388,3
FIN	70	551	687,1
ESP	69	485	602,9
ISR	91	465	411,0
DNK	121	463	282,6
SGP	24	424	1.666,7
KOR	27	410	1.418,5
AUS	86	410	376,7
NOR	46	272	491,3
POL	19	254	1.236,8
IRL	22	247	1.022,7
CZE	12	174	1.350,0
TWN	28	155	453,6
HUN	27	144	433,3
LUX	14	126	800,0
MEX	16	108	575,0
NZL	20	93	365,0
TUR	13	90	592,3
GRC	10	71	610,0
SVK	8	61	662,5
ZAF	10	58	480,0
ROU	-	58	-
PRT	4	57	1.325,0
SVN	8	30	275,0
EST	1	15	1.400,0
CYP	2	14	600,0
LTU	1	11	1.000,0
LVA	2	7	250,0

Quelle: Eigene Berechnung

China ist stärker mit den USA vernetzt als mit Europa

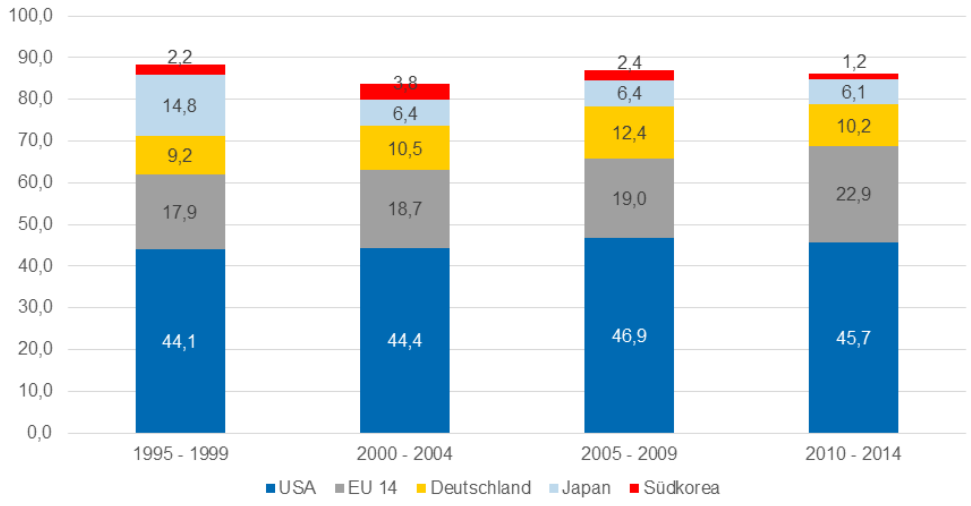
China hat erhebliche Anteile an den internationalen Patenten hinzugewonnen. Gleichwohl ist die Struktur der chinesischen Partner im Zeitablauf vergleichsweise stabil (siehe Abbildung 7-7):

- Die USA sind der größte Partner Chinas. Es besteht ein etabliertes Wissensnetzwerk. Mehr als zwei Fünftel aller chinesischen Ko-Erfinder stammen aus den USA. Die Zahl der chinesisch-amerikanischen Ko-Patente stieg von 1995 bis 2014 von 11 auf 997 Patente.
- Der deutsche Anteil unter den chinesischen Ko-Erfindern ist über die Zeit relativ stabil und liegt bei rund 10 Prozent. Am aktuellen Rand nimmt der deutsche Anteil leicht ab. Die Zahl der deutsch-chinesischen Ko-Patente stieg von 1995 bis 2014 von 7 auf 141.
- Die übrigen EU-15-Staaten konnten in der Vergangenheit ihren Anteil als chinesischer Ko-Erfinder ausbauen.
- Japan und Korea haben als chinesischer Ko-Erfinder an Bedeutung verloren. Vor allem Korea konnte keinen Zuwachs bei den Ko-Patenten verzeichnen.

Fazit: Die Kooperationen der USA und Deutschlands sind weitgehend proportional mit Chinas Patentaktivitäten mit ausländischen Partnern gewachsen. Da die USA einen deutlich größeren Anteil an den chinesischen Ko-Erfindern haben, ist die absolute Zahl an internationalen Patenten in den USA schneller gewachsen als in Deutschland. Um den Anschluss zu halten, sollten Unternehmen und Hochschulen in Deutschland China stärker in den Blick nehmen.

Abbildung 7-7: Chinas grenzüberschreitende Patente nach Ko-Erfinder

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014, Differenz zu 100: andere Länder



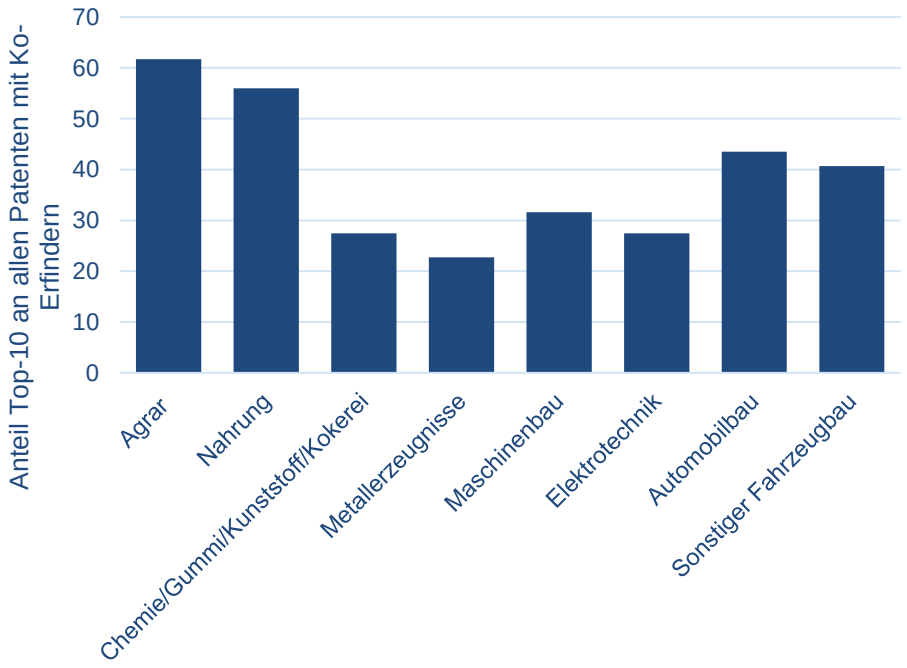
EU-14: EU-15 ohne Deutschland
Quelle: Eigene Darstellung

Wenige Unternehmen sind die Hotspots in den deutschen grenzüberschreitenden Patentnetzen

In Deutschland entfallen auf die zehn Unternehmen mit den meisten internationalen Patenten rund 20 Prozent aller deutschen Patente mit Ko-Erfindern. Einige Technologiefelder weisen dabei eine besonders hohe Konzentration auf (siehe Abbildung 7-8): Agrar mit 61,7 Prozent, Nahrung mit 56 Prozent, der Fahrzeugbau mit 43,5 Prozent und der sonstige Fahrzeugbau mit 40,7 Prozent. Im Maschinenbau, in der Elektrotechnik und der Herstellung von Metallerzeugnissen sind die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern auf mehr Unternehmen verteilt.[3]

Abbildung 7-8: Anteil der Top-10-Unternehmen eines Technologiefeldes an allen Patenten mit Ko-Erfindern

Anteil in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

[3] In der vorliegenden Betrachtung wurden nur Unternehmen ausgewählt. Auf die Berücksichtigung von Universitäten und Forschungseinrichtungen wurde verzichtet. Ob und wie stark sich diese Einrichtungen neben dem FuE-Prozess auch an der Patentierung beteiligen, unterscheidet sich – auch kulturell bedingt – stark zwischen den Ländern. International vergleichende Ergebnisse sind daher stark verzerrt.

Im internationalen Vergleich sind deutsche Unternehmen wichtige Teilnehmer am internationalen Patentierungsgeschehen. In der **Tabelle 7-3** sind Kennziffern zur Beschreibung der Unternehmenskonzentration bei den weltweiten Patentanmeldungen zusammenfasst. Die Anteile der wichtigsten zehn patentierenden Unternehmen (in der zweiten Spalte) variieren zwischen rund 6 Prozent im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei und rund 19 Prozent im Automobilbau. Unter den Top-10-Unternehmen sind zwischen einem (Elektrotechnik) und acht (Maschinenbau) deutsche Unternehmen vertreten. Die Anteile der Patente der deutschen Unternehmen an den Patenten der Top-10-Unternehmen korrelieren stark mit der Anzahl der Unternehmen in den Top 10.

Die deutschen Unternehmen weisen durch die Kombination einer großen Zahl von Unternehmen in den Top 10 und einer hohen Patentkonzentration der Top-10-Unternehmen insgesamt eine starke internationale Stellung im Maschinenbau und im Automobilbau auf. Mehr als 12 Prozent der weltweiten Patente im Maschinenbau stammen so von den deutschen Unternehmen in den internationalen Top 10. Im Automobilbau liegt diese Kennziffer bei 8,5 Prozent. Schwach vertreten sind die deutschen Unternehmen bei den Hotspots im Bereich Elektrotechnik: Nur 1,6 Prozent der weltweiten Patente kommen von dem einen Unternehmen, das Deutschland hier in den Top 10 vertritt.

Tabelle 7-3: Kennziffern der Top-10-Unternehmen weltweit nach Technologiefeld

	Anteil an allen Patenten weltweit (in Prozent)	Anzahl deutscher Unternehmen in den Top 10	Anteil der Patente deutscher Unternehmen an Top 10 (in Prozent)
Agrar	11,7	5	52,9
Nahrung	11,1	5	54,3
Chemie/Gummi/ Kunststoff/Kokerei	5,7	3	35,9
Metallerzeugnisse	7,9	3	40,4
Maschinenbau	17,0	8	72,7
Elektrotechnik	11,8	1	13,7
Automobilbau	18,7	4	45,6
Sonstiger Fahrzeugbau	10,3	5	52,7

Quelle: Eigene Berechnung

7.1.2 Internationale Patentvernetzung im Automobilbau

Internationales Wissensnetz im Automobilbau ist gewachsen

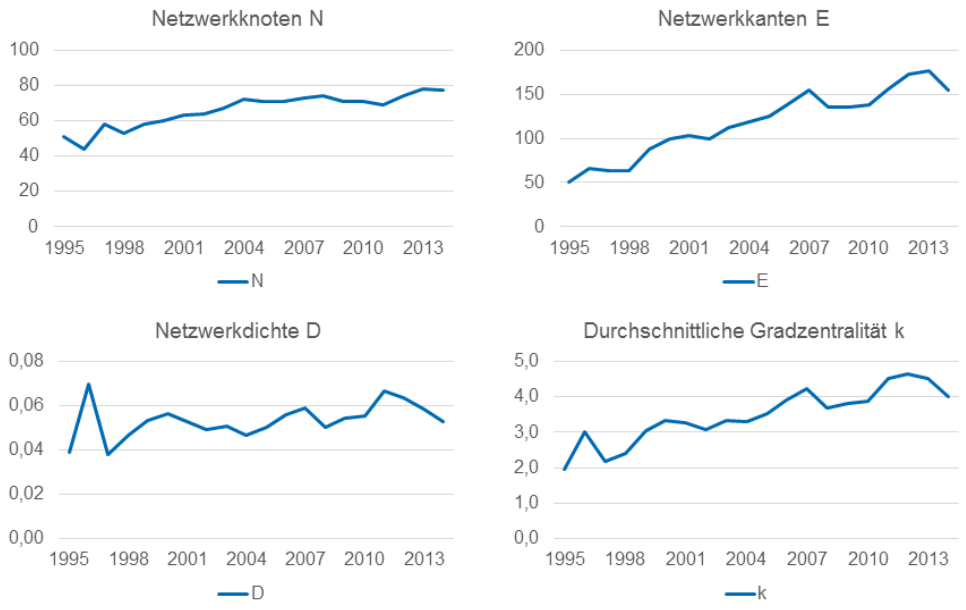
Die Automobilindustrie zählt zu den wichtigsten FuE-treibenden Branchen, wobei die deutsche Automobilindustrie hier eine Spitzenposition einnimmt. In der globalen Sicht ist im Automobilbau eine steigende Vernetzung zwischen 1995 und 2014 zu beobachten (siehe Abbildung 7-9):

- Die Zahl der verknüpften Länder (oder Netzwerkknoten N) stieg zwischen 1995 und 2014 von 51 auf 77.
- Die Zahl der Verbindungen (oder Netzwerkkanten E) nahm von 51 auf 155 zu.
- Entsprechend stiegen die Netzwerkdichte D (von 0,0392 auf 0,0530) und die durchschnittliche Gradzentralität k (von 1,96 auf 4,03).
- Die Dynamik hat am aktuellen Rand nachgelassen, vor allem wegen der nachlassenden Verbindungen zwischen den Ländern.

Fazit: Das Wissensnetzwerk im Automobilbau ist gewachsen. Im Jahr 2014 beteiligten sich im Automobilbau mehr Länder an der internationalen Zusammenarbeit, die Netzwerkdichte ist gestiegen. Die Dynamik hat am aktuellen Rand nachgelassen.

Abbildung 7-9: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Automobilbau

Netzwerkknoten (N), Netzwerkkanten (E), Netzwerkdichte (D), Durchschnittliche Gradzentralität (k)



Quelle: Eigene Darstellung

Deutscher Automobilbau stark vernetzt

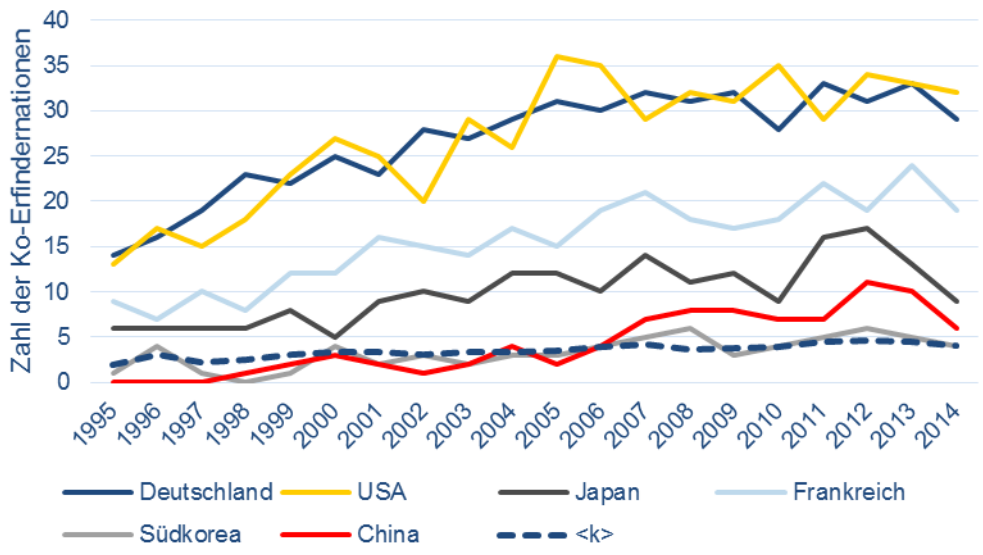
Der Automobilbau weist bei seinen Patentaktivitäten zahlreiche Vernetzungen mit dem Ausland auf, wobei im Zeitraum 1995 bis 2014 eine Zunahme der Vernetzung stattgefunden hat. Gleichwohl ist die Zahl der Ko-Erfindernationen geringer als in der Elektrotechnik oder im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei (siehe unten). Die Patentnetze fallen in den verschiedenen Ländern unterschiedlich stark aus (siehe Abbildung 7-10):

- Weltweit hat sich die durchschnittliche Zahl der Verbindungen je Knoten seit 1995 von rund zwei auf vier im Jahr 2014 verdoppelt.
- Der deutsche Automobilbau ist stark vernetzt. Von 1995 bis 2014 stieg die Zahl der Ko-Erfindernationen von 14 auf 29 an.
- Gleichauf mit dem deutschen Automobilbau sind die USA, deren Zahl der Ko-Erfindernationen von 13 auf 32 gestiegen ist.
- Chinas Automobilbau kooperierte im Jahr 2014 lediglich mit sechs anderen Nationen, nach zehn Nationen im Jahr zuvor.

Fazit: Der deutsche Automobilbau geht im Vergleich zu anderen Ländern mit vielen Nationen Kooperationen bei der Patentanmeldung ein.

Abbildung 7-10: Anzahl der kooperierenden Nationen im Automobilbau

Ausgewählte Länder (N-1) und Netzwerk-Durchschnitt (<k>), 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

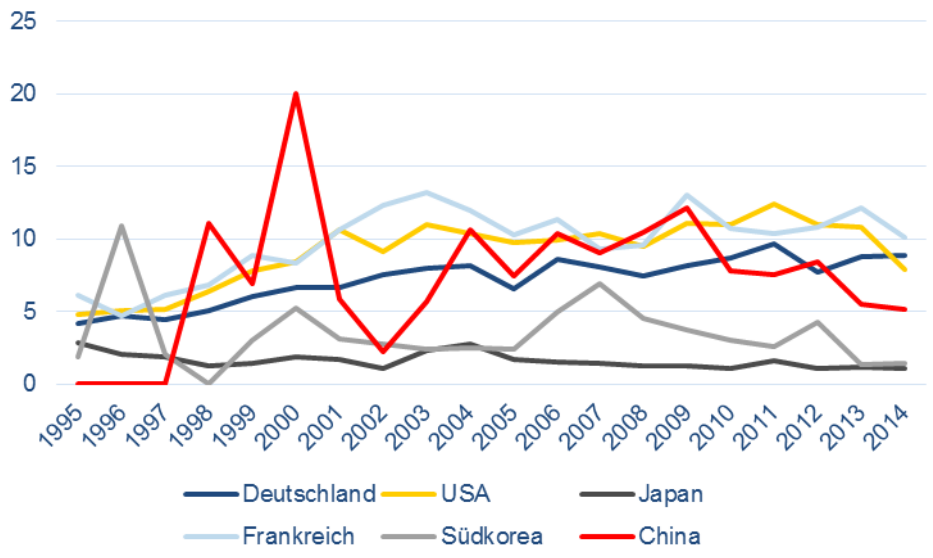
Bedeutung länderübergreifender Patente entwickelt sich unterschiedlich

Die Bedeutung länderübergreifender Patente entwickelt sich im Automobilbau unterschiedlich (siehe Abbildung 7-11):

- In den westlichen Industriestaaten haben länderübergreifende Patente im Jahr 2014 eine doppelt so hohe Bedeutung wie noch im Jahr 1995. In Frankreich stieg der Anteil von 6 auf 10 Prozent, in Deutschland von 4 auf 9 Prozent und in den USA von 5 auf 8 Prozent.
- In Japan und Südkorea ist der Anteil der länderübergreifenden Patente eher rückläufig, was jedoch auf den starken Anstieg der inländischen Kooperationen zurückzuführen ist. In Japan und Südkorea beträgt der Patentanteil mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern jeweils 1 Prozent.
- Im chinesischen Automobilbau liegt der Anteil der länderübergreifenden Patente bei 5 Prozent. Von 1995 bis 2014 ist die Zahl der rein chinesischen Patente um das 30-Fache gestiegen.

Abbildung 7-11: Bedeutung länderübergreifender Patente im Automobilbau

Anteil Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern
Angaben eines Landes in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

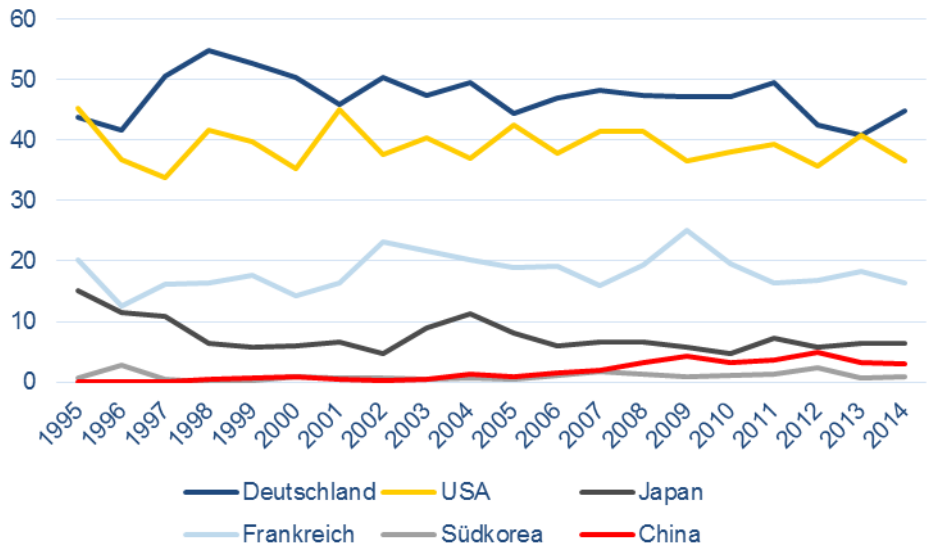
Deutschland mit höchstem Anteil länderübergreifender Patente

Deutschland ist im Automobilbau die führende Forschungsnation. Dies schlägt sich auch in der Beteiligung an allen länderübergreifenden Patenten im Automobilbau nieder (siehe Abbildung 7-12):

- Der deutsche Automobilbau konnte im Zeitraum von 1995 bis 2014 seine Beteiligung an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 44 auf 45 Prozent leicht steigern.
- Ebenfalls eine hohe Beteiligung weisen die USA auf, allerdings ist ihr Anteil von 45 Prozent auf unter 40 Prozent gesunken.

Abbildung 7-12: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Automobilbau

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

- Die französische Beteiligung ist ebenfalls gesunken. Betrug der Anteil 1995 noch 20 Prozent, so erreichte er 2014 nur noch 16 Prozent.
- Den deutlichsten Rückgang von 15 auf 6 Prozent verzeichnete Japan.
- Südkoreas Beteiligung an den weltweiten Patenten mit ausländischen Kooperationspartnern liegt bei unter 1 Prozent.

- Der chinesische Automobilbau erreichte im Jahr 2014 lediglich eine Beteiligung von 3 Prozent an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern.

Fazit: Im Automobilbau sind Patente mit ausländischen Ko-Erfindern weiterhin eine Domäne der deutschen und der US-amerikanischen Automobilindustrie. Der chinesische Automobilbau spielt hier eine untergeordnete Rolle.

Internationales Patentnetzwerk im Automobilbau

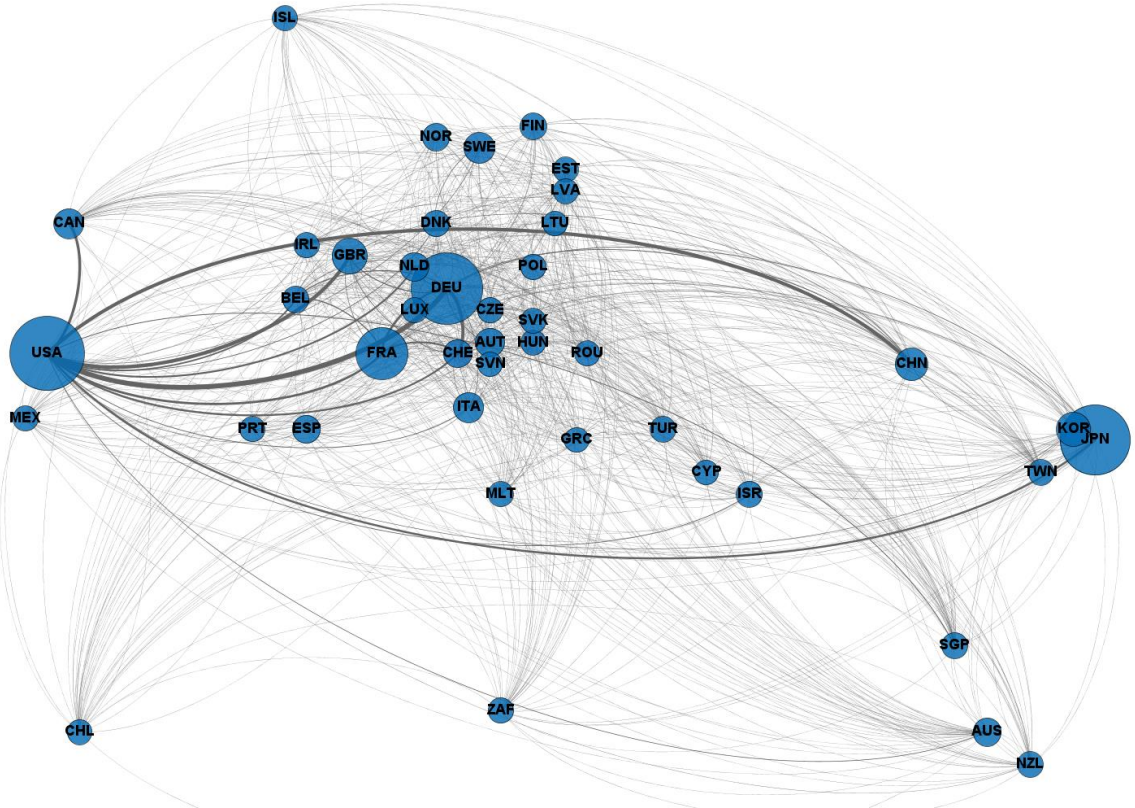
Innerhalb des Automobilbaus können Patente ebenfalls von mehreren Erfindern angemeldet werden. In Abbildung 7-13 ist dieses internationale Patentnetzwerk innerhalb des Automobilbaus dargestellt. Die Größe der Kreise gibt Auskunft über die Zahl der Patente mit in- und ausländischen Ko-Erfindern eines Landes, die Verbindungen zwischen den Ländern bilden die Verflechtungen zwischen den Ländern ab:

- Die deutsche Automobilindustrie weist weltweit die höchste FuE-Quote und die höchste Beteiligung an den Wissensnetzwerken auf. Ihr Netz besteht aus Verbindungen zu sehr vielen Ländern.
- Die USA weisen ebenfalls eine hohe Beteiligung an den Wissensnetzwerken auf. Allerdings ist ihr Netzwerk stärker auf wenige Partner konzentriert, und zwar mit Deutschland, China, Großbritannien und Japan.
- Innerhalb Europas gibt es im Patentnetzwerk des Automobilbaus viele Verbindungen, von denen keine herausragt. Gleiches gilt für das asiatische Patentnetzwerk, wobei daran deutlich weniger Länder beteiligt sind.

Fazit: Der deutsche Automobilbau steht im Zentrum eines vielschichtigen internationalen Wissensnetzwerkes. Der US-amerikanische Automobilbau weist im Vergleich ein sehr viel stärker zentriertes Wissensnetzwerk auf.

Abbildung 7-13: Internationales Patentnetzwerk innerhalb des Automobilbaus

Weltweite internationale Verflechtungen im Automobilbau



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.3 Internationale Patentvernetzung in der Elektroindustrie

Internationales Wissensnetz in der Elektrotechnik ist gewachsen

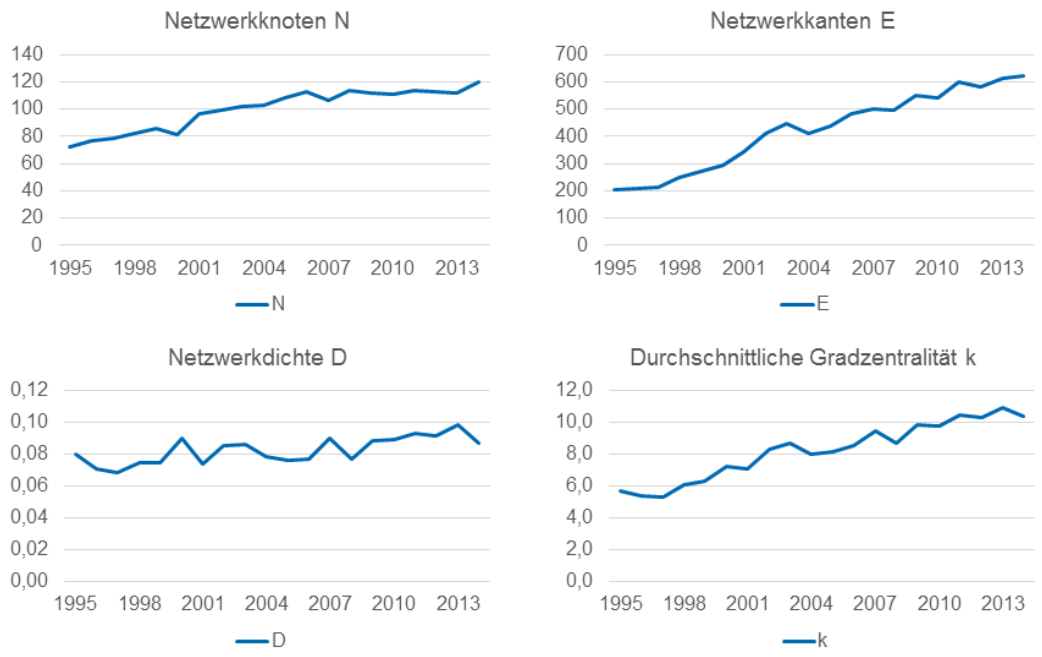
Die Elektrotechnik ist weltweit das patentintensivste Technologiefeld. Die Vernetzung ist von 1995 bis 2014 deutlich gestiegen (siehe Abbildung 7-14), wenngleich die Bedeutung der internationalen Patente an allen Patenten mit Ko-Erfindern lediglich von 3,8 auf 6,4 Prozent zugelegt hat:

- Die Zahl der verknüpften Länder (oder Netzwerkknoten N) nahm zwischen 1995 und 2014 von 72 auf 120 zu.
- Die Zahl der Verbindungen (oder Netzwerkkanten E) stieg von 204 auf 622.
- Entsprechend stiegen die Netzwerkdichte D (von 0,0798 auf 0,0871) und die durchschnittliche Gradzentralität k (von 5,67 auf 10,37).
- Anders als im Automobilbau hat die Dynamik weniger stark nachgelassen. Lediglich die Netzwerkdichte hat am aktuellen Rand etwas nachgelassen, da die Zahl der Knoten schneller gestiegen ist als die Zahl der Verbindungen.

Fazit: Das Wissensnetzwerk in der Elektrotechnik ist gewachsen. Im Jahr 2014 beteiligten sich in der Elektrotechnik deutlich mehr Länder an der internationalen Zusammenarbeit, die durchschnittliche Anzahl der Verbindungen je Knoten ist deutlich gestiegen.

Abbildung 7-14: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Elektrotechnik

Netzwerkknoten (N), Netzwerkkanten (E), Netzwerkdichte (D), Durchschnittliche Gradzentralität (k)



Quelle: Eigene Darstellung

Vernetzung in der deutschen Elektrotechnik nimmt zu

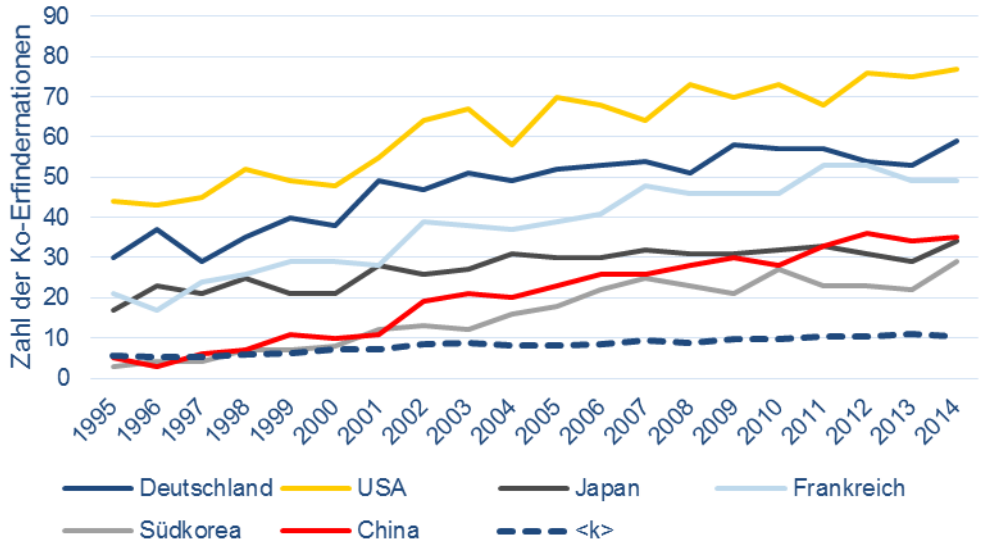
Die Elektrotechnik in den verschiedenen Ländern ist unterschiedlich stark in ihren Patentaktivitäten mit dem Ausland vernetzt, wobei im Zeitraum 1995 bis 2014 eine Zunahme der Vernetzung stattgefunden hat (siehe Abbildung 7-15):

- Weltweit hat sich die durchschnittliche Zahl der Verbindungen je Knoten seit 1995 von rund fünf auf zehn im Jahr 2014 verdoppelt.
- Die deutsche Elektrotechnik ist stark vernetzt. Von 1995 bis 2014 stieg die Zahl der Ko-Erfindernationen von 31 auf 60 an.
- Spitzenreiter sind die USA, deren Elektrotechnik im Jahr 2014 mit 77 Staaten kooperierte.
- Chinas Elektrotechnik hat bereits seit Ende der 1990er-Jahre die Zahl der kooperierenden Nationen kontinuierlich ausgebaut und kooperiert nun mit 35 anderen Staaten.

Fazit: Die Elektrotechnik ist dasjenige Technologiefeld, das mit sehr vielen Nationen Kooperationen bei der Patentanmeldung eingeht. Deutschland ist bei seinen Patentaktivitäten in vielen Ländern tätig.

Abbildung 7-15: Anzahl der kooperierenden Nationen im Bereich Elektrotechnik

Ausgewählte Länder (N-1) und Netzwerk-Durchschnitt (<k>), 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

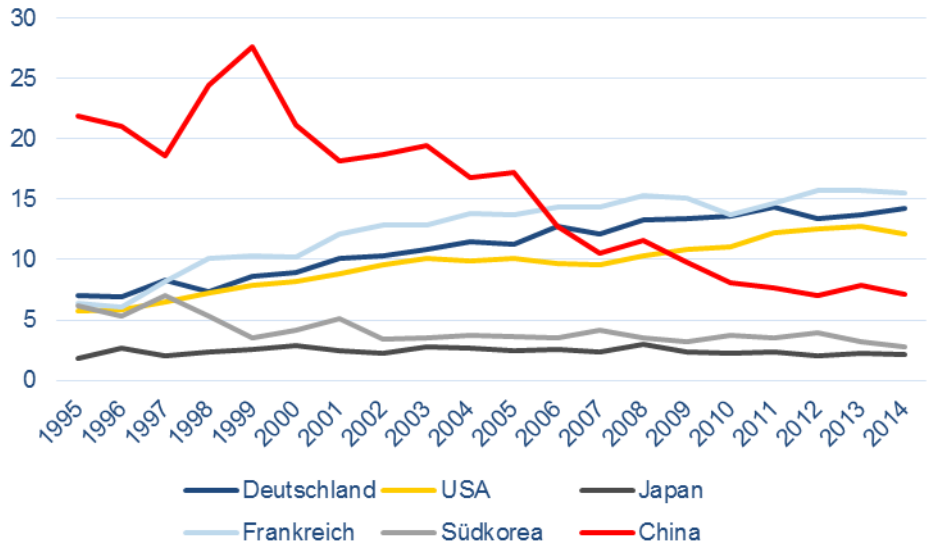
Bedeutung länderübergreifender Patente entwickelt sich unterschiedlich

Die Bedeutung länderübergreifender Patente entwickelt sich in der Elektrotechnik unterschiedlich (siehe Abbildung 7-16):

- In den westlichen Industriestaaten haben länderübergreifende Patente im Jahr 2014 eine größere Bedeutung als noch im Jahr 1995. In Frankreich stieg der Anteil von 6 auf 16 Prozent, in Deutschland von 7 auf 14 Prozent und in den USA von 6 auf 12 Prozent.
- In Japan weisen die länderübergreifenden Patente mit 2 Prozent den geringsten Anteil an allen Patenten mit Ko-Erfindern auf. In Südkorea ist der Anteil von 1995 bis 2014 von 6 auf 3 Prozent gesunken, was auf das schnellere Wachstum der inländischen Kooperationen zurückzuführen ist.
- Den größten relativen Bedeutungsverlust haben die länderübergreifenden Patente in der chinesischen Elektrotechnik. Dies liegt am deutlich schnelleren Wachstum der rein chinesischen Patente, deren Zahl 2014 um das 65-Fache höher liegt als noch 1995.

Abbildung 7-16: Bedeutung länderübergreifender Patente im Bereich Elektrotechnik

Anteil Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern
Angaben eines Landes in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

Deutschlands Elektrotechnik verliert an Bedeutung bei länderübergreifenden Patenten

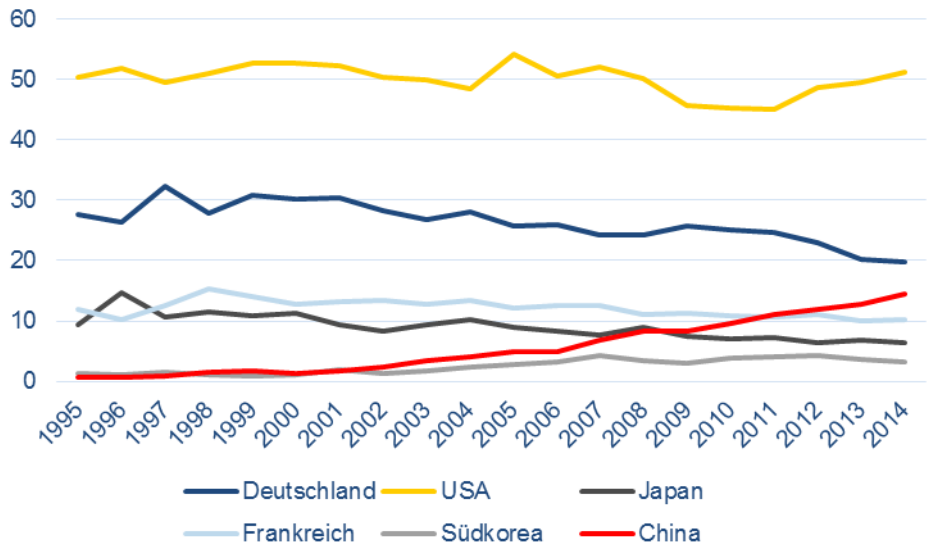
Obgleich alle westlichen Industrieländer in der Elektrotechnik einen Bedeutungszuwachs der länderübergreifenden Patente verzeichnen, können im Jahr 2014 nicht alle ihre Beteiligung an den weltweiten länderübergreifenden Patenten aus dem Jahr 1995 halten (siehe Abbildung 7-17):

- Lediglich der Elektrotechnik in den USA gelingt es, ihre Beteiligung an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 50 auf 51 Prozent auszubauen. Die USA haben vor allem mit der chinesischen Elektrotechnik deutlich mehr Patente gemeinsam angemeldet.
- Der Anteil der deutschen Elektrotechnik fällt im gleichen Zeitraum von 28 auf 20 Prozent.
- Am meisten hinzugewonnen hat die chinesische Elektrotechnik, die ihre Beteiligung an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 1 auf 15 Prozent steigern konnte. Im Jahr 2013 hat der chinesische Anteil erstmals den französischen Anteil übertroffen.

Fazit: Die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern sind weiterhin eine Domäne der USA und Deutschlands. Während die USA ihre Position halten konnten, hat die deutsche Elektrotechnik Anteile verloren. Die chinesische Elektrotechnik hat dagegen ihre Position deutlich stärken können und dürfte in den nächsten Jahren die deutsche Elektrotechnik übertreffen.

Abbildung 7-17: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Bereich Elektrotechnik

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

Internationales Patentnetzwerk in der Elektrotechnik

In Abbildung 7-18 ist das internationale Patentnetzwerk innerhalb der Elektrotechnik dargestellt. Die Größe der Kreise gibt Auskunft über die Zahl der Patente mit in- und ausländischen Ko-Erfindern eines Landes, die Verbindungen zwischen den Ländern bilden die Verflechtungen zwischen den Ländern ab:

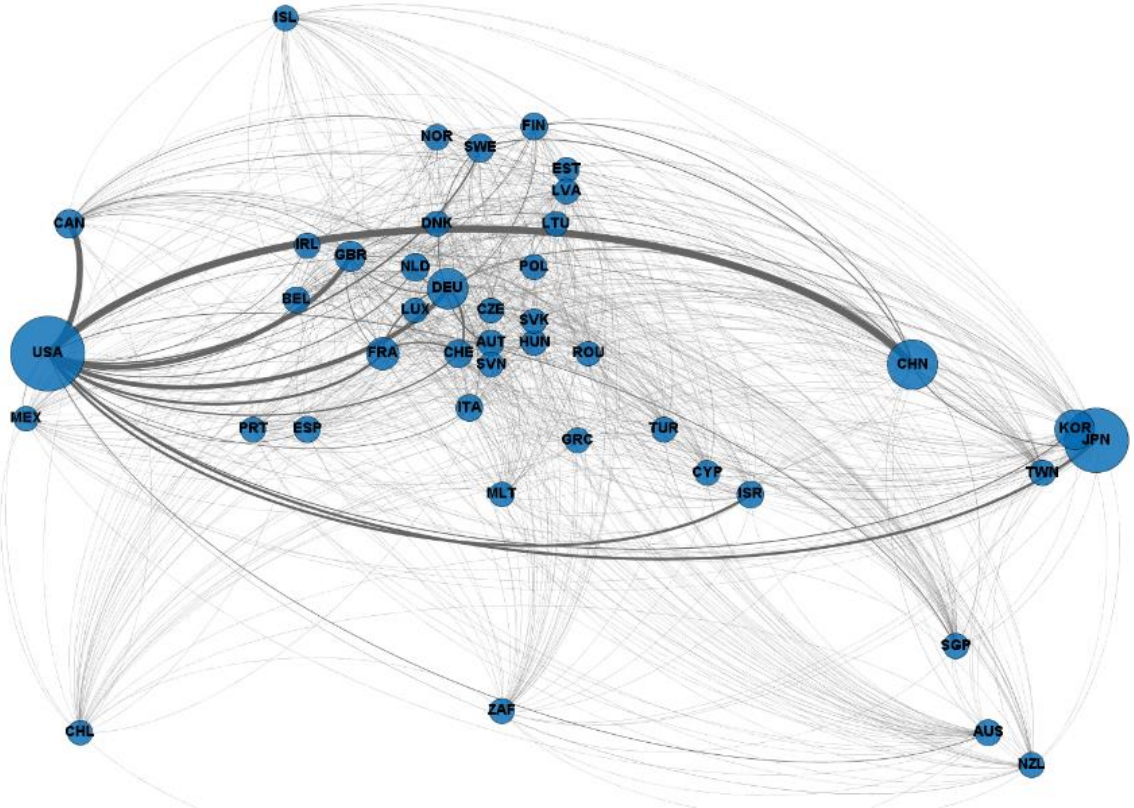
- Den Mittelpunkt für Patente mit internationalen Ko-Erfindern bilden die USA. Japan weist zwar auch viele Patente mit Ko-Erfindern auf, ist aber deutlich schwächer vernetzt als die USA.
- Die USA haben als einziges Land eine ausgeprägte Verflechtung mit der israelischen Elektrotechnik.

- China ist bereits mit vielen Ländern verwoben, die Verbindungen weisen aber noch eine vergleichsweise geringe Intensität auf.
- Die deutsche Elektrotechnik ist insbesondere mit den USA und der Schweiz vernetzt, ansonsten fallen die Verbindungen eher schwach aus.
- Ein ausgeprägtes europäisches Patentnetzwerk ist in der Elektroindustrie nicht vorhanden. Die meisten europäischen Länder orientieren sich in Richtung USA.

Fazit: Die US-amerikanische Elektroindustrie steht im Zentrum des internationalen Wissensnetzwerkes. China hat inzwischen zu vielen Ländern Verbindungen, die aber derzeit noch schwach ausgeprägt sind.

Abbildung 7-18: Internationales Patentnetzwerk innerhalb der Elektrotechnik

Weltweite internationale Verflechtungen in der Elektrotechnik



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.4 Internationale Patentvernetzung im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Internationales Wissensnetz im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist gewachsen

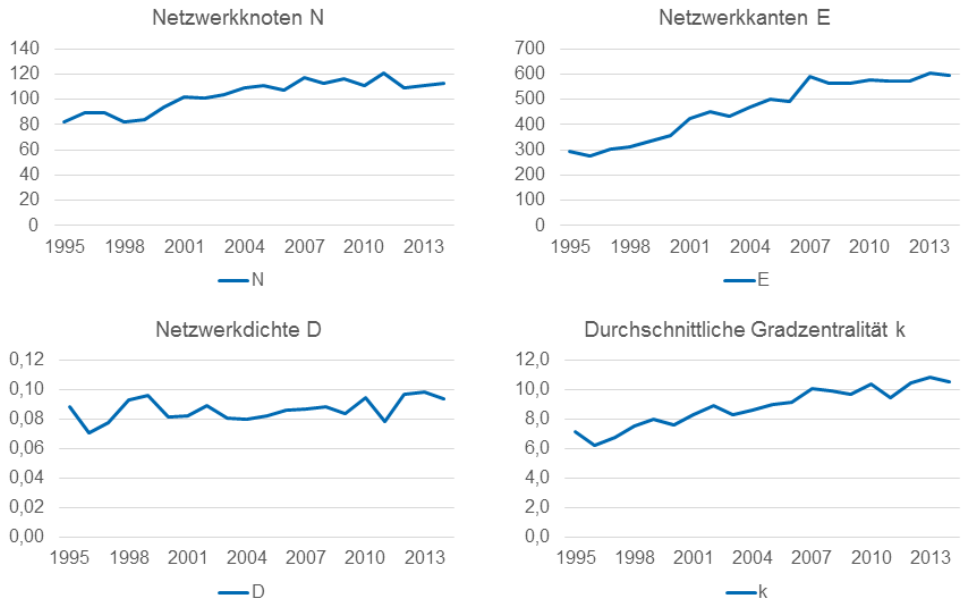
Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei zählt zu den wichtigsten FuE-treibenden Branchen, die andere Branchen mit Wissen versorgen. Zugleich hat sich der Bereich in der globalen Sicht von 1995 bis 2014 weiter vernetzt (siehe Abbildung 7-19):

- Die Zahl der verknüpften Länder (oder Netzwerkknoten N) stieg zwischen 1995 und 2014 von 82 auf 113. Während der Bereich im Jahr 1995 noch die meisten Netzwerkknoten aufwies, war dies im Jahr 2014 die Elektrotechnik.
- Die Zahl der Verbindungen (oder Netzwerkkanten E) nahm von 293 auf 595 zu.
- Entsprechend stiegen die Netzwerkdichte D (von 0,0882 auf 0,0940) und die durchschnittliche Gradzentralität k (von 7,15 auf 10,53).
- Die Dynamik hat seit dem Jahr 2005 nachgelassen. Seitdem ist eher eine Seitwärtsbewegung zu beobachten.

Fazit: Das Wissensnetzwerk im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist traditionell stark ausgeprägt. Bis zum Jahr 2005 ist es weiter gewachsen, danach hat die Dynamik nachgelassen.

Abbildung 7-19: Entwicklung der Netzwerkkennziffern 1995 bis 2014, Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Netzwerkknoten (N), Netzwerkkanten (E), Netzwerkdichte (D), Durchschnittliche Gradzentralität (k)



Quelle: Eigene Darstellung

Viele kooperierende Nationen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist in den verschiedenen Ländern unterschiedlich stark in ihren Patentaktivitäten mit dem Ausland vernetzt, wobei im Zeitraum 1995 bis 2014 eine Zunahme der Vernetzung stattgefunden hat (siehe Abbildung 7-20):

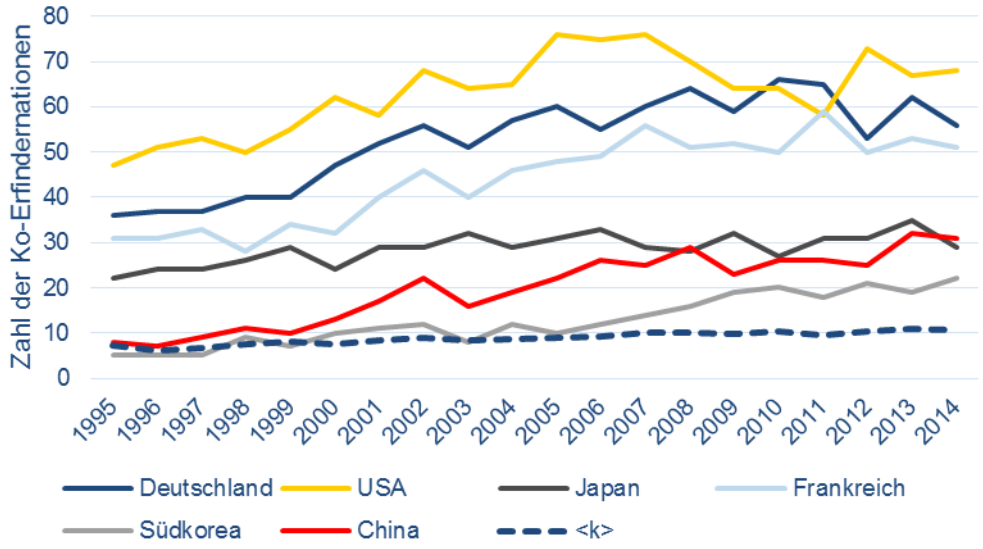
- Weltweit ist die durchschnittliche Zahl der Verbindungen je Knoten seit 1995 von rund sieben auf zehn im Jahr 2014 gestiegen.
- Der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist stark vernetzt. Von 1995 bis 2014 stieg die Zahl der Ko-Erfindernationen von 36 auf 56 an.
- Spitzenreiter sind die USA, deren Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei im Jahr 2014 mit knapp 68 Staaten kooperierte.
- China hat seit der Jahrtausendwende die Zahl der kooperierenden Nationen kontinuierlich ausgebaut. Ihre Zahl stieg von 13 im Jahr 2000 auf 31 im Jahr 2014.

Fazit: Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist zusammen mit der Elektrotechnik derjenige Bereich, der mit sehr vielen Nationen Kooperationen bei der Patent-

anmeldung eingeht. Deutschland ist bei seinen Patentaktivitäten in vielen Ländern tätig. China hat deutlich aufgeholt.

Abbildung 7-20: Anzahl der kooperierenden Nationen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Ausgewählte Länder (N-1) und Netzwerk-Durchschnitt (<k>), 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

Bedeutung länderübergreifender Patente entwickelt sich unterschiedlich

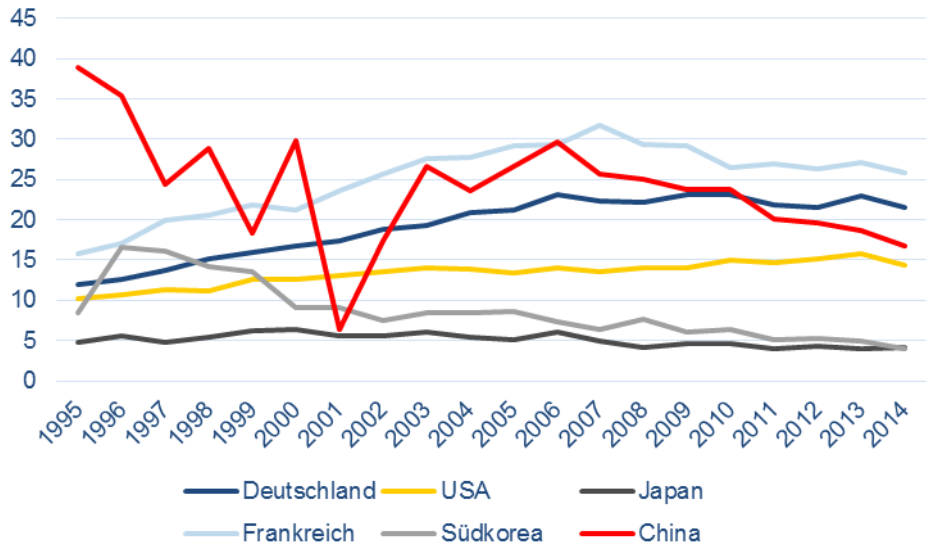
Die Bedeutung länderübergreifender Patente im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei hat vor allem in Frankreich und in Deutschland zugenommen (siehe Abbildung 7-21):

- In Frankreich und Deutschland haben länderübergreifende Patente im Jahr 2014 eine deutlich größere Bedeutung als noch im Jahr 1995. In Frankreich stieg der Anteil von 16 auf 26 Prozent, in Deutschland von 12 auf 22 Prozent.
- In den USA hat der Anteil länderübergreifender Patente lediglich von 10 auf 14 Prozent zugelegt.
- In Japan und Korea weisen die länderübergreifenden Patente im Jahr 2014 mit 4 Prozent den geringsten Anteil an allen Patenten mit Ko-Erfindern auf.
- Den größten relativen Bedeutungsverlust haben die länderübergreifenden Patente in China, deren Anteil von 1995 bis 2014 von 39 auf 17 Prozent gesun-

ken ist. Dies liegt am deutlich schnelleren Wachstum der rein chinesischen Patente, deren Zahl 2014 um das 67-Fache höher liegt als noch 1995.

Abbildung 7-21: Bedeutung länderübergreifender Patente im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Anteil Patente mit ausländischen Ko-Erfindern an allen Patenten mit Ko-Erfindern
Angaben eines Landes in Prozent, 1995 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung

Internationale Patente im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei weiterhin Domäne der westlichen Industrieländer

Alle westlichen Industrieländer im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei beteiligen sich weiterhin sehr häufig an den weltweiten länderübergreifenden Patenten (siehe Abbildung 7-22):

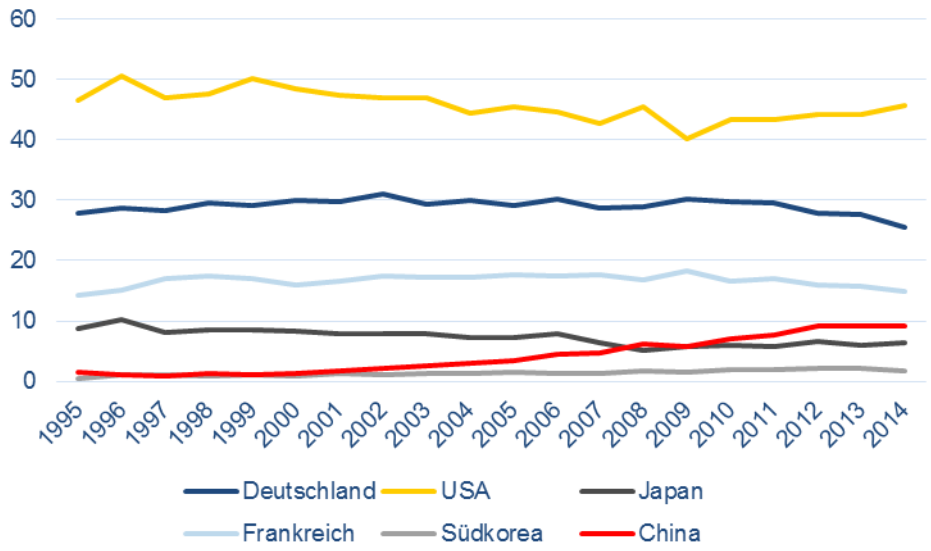
- In den USA ging die Beteiligung an den weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern von 47 auf 46 Prozent geringfügig zurück. Auch der deutsche Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei verzeichnet einen leichten Rückgang von 28 auf 26 Prozent, während Frankreich einen leichten Zuwachs von 14 auf 15 Prozent erreicht.
- Am meisten hinzugewonnen hat der chinesische Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, der seinen Anteil an den weltweiten Patenten

mit ausländischen Ko-Erfindern von 2 auf 9 Prozent steigern konnte. Damit liegt der chinesische Anteil im Jahr 2014 über dem japanischen Anteil (6,5 Prozent).

Fazit: Die Patente mit ausländischen Ko-Erfindern sind weiterhin eine Domäne der westlichen Industriestaaten. Der chinesische Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/ Kokerei hat seine Position deutlich stärken können.

Abbildung 7-22: Beteiligung an weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Angaben in Prozent, 1995 bis 2014



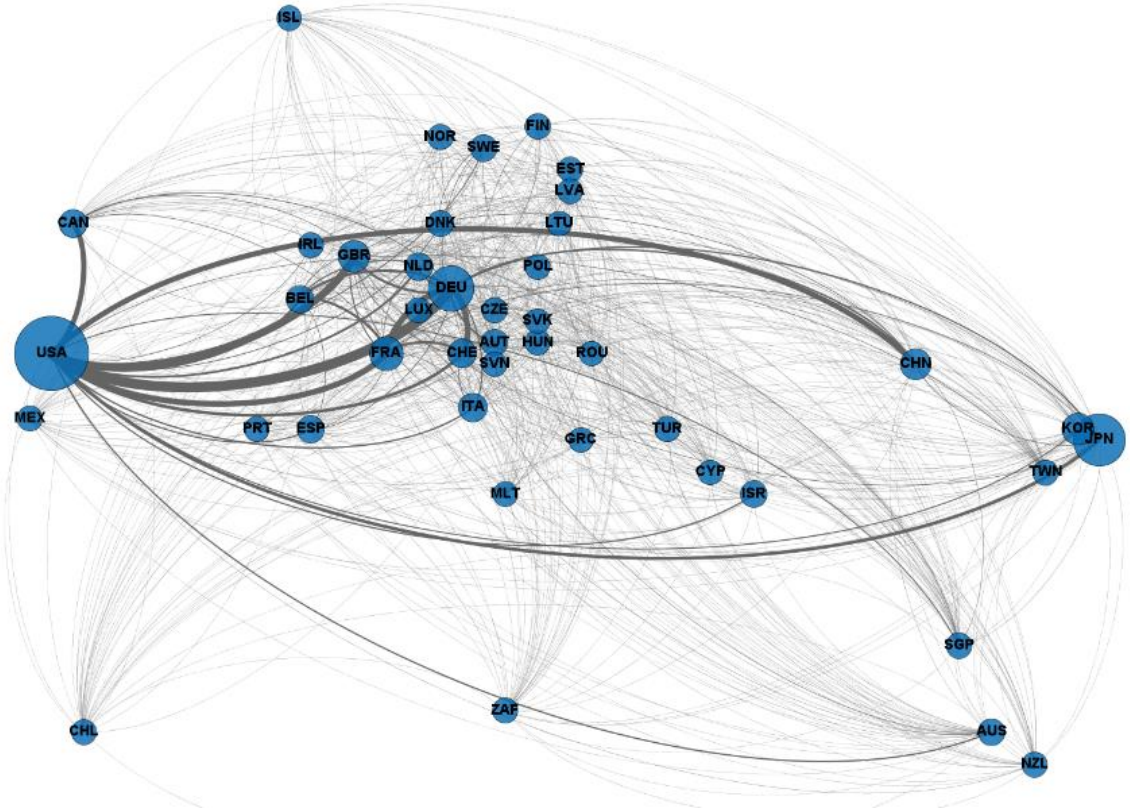
Quelle: Eigene Darstellung

Internationales Patentnetzwerk im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

In Abbildung 7-23 ist das internationale Patentnetzwerk innerhalb des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei dargestellt. Die Größe der Kreise gibt Auskunft über die Zahl der Patente mit in- und ausländischen Ko-Erfindern eines Landes, die Verbindungen zwischen den Ländern bilden die Verflechtungen zwischen den Ländern ab:

Abbildung 7-23: Internationales Patentnetzwerk innerhalb des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Weltweite internationale Verflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei



Quelle: Eigene Darstellung

- Den Mittelpunkt für Patente mit internationalen Ko-Erfindern bilden im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei die USA. Von dort aus gehen die meisten internationalen Verbindungen innerhalb des Bereichs aus.
- Japan weist zwar auch viele Patente mit Ko-Erfindern auf, ist aber deutlich schwächer vernetzt. Hier bestehen vor allem Verbindungen in die USA und nach Deutschland.
- Deutschland weist ebenfalls viele Patente mit Ko-Erfindern auf und bildet das Zentrum des europäischen Netzwerkes, das insbesondere mit den westeuropäischen Staaten ausgeprägt ist.
- China ist vor allem mit den USA verwoben, ansonsten weist der chinesische Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei kaum starke Verbindungen auf.

Fazit: Der US-amerikanische Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei steht im Zentrum des internationalen Wissensnetzwerkes. Innerhalb Europas nimmt Deutschland eine zentrale Rolle ein. Japan ist dagegen trotz einer hohen Zahl an Patenten mit Ko-Erfindern schwach international vernetzt.

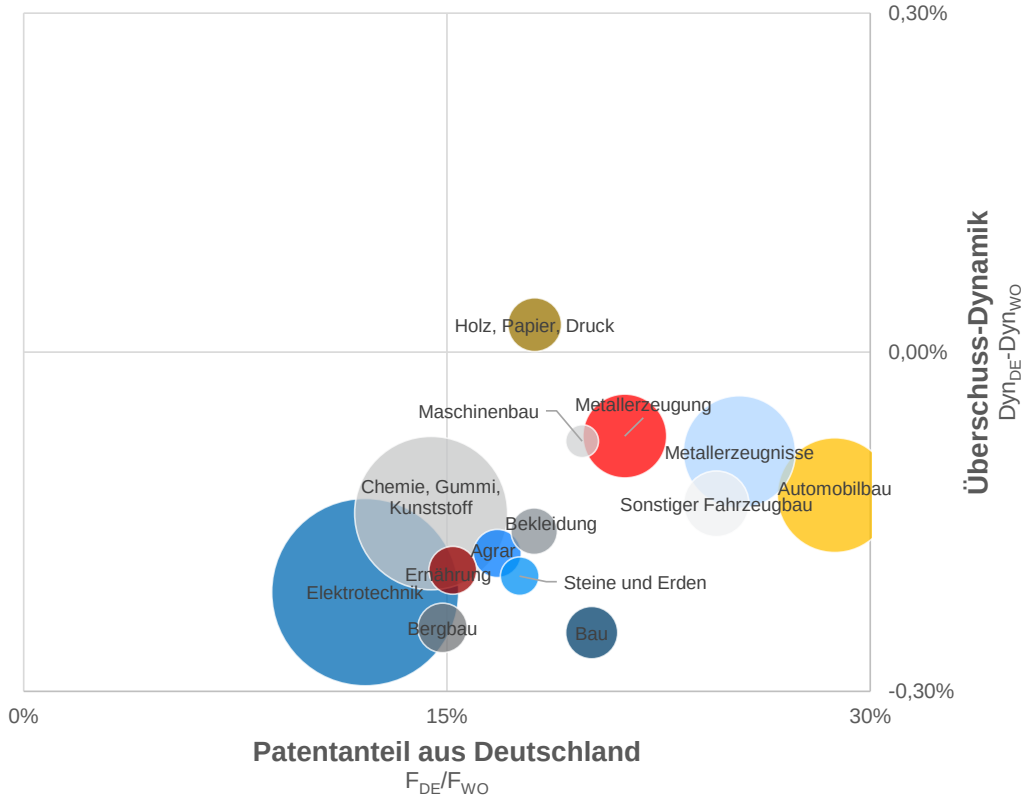
7.1.5 Dynamik der Patentanmeldungen in Deutschland nach Technologiefeldern

Die drei näher betrachteten Themenfelder Automobilbau, Elektrotechnik und Chemie/-Gummi/Kunststoff/Kokerei nehmen im deutschen Patentportfolio unterschiedliche Positionen ein (siehe Abbildung 7-24). Der internationale Patentanteil des Automobilbaus ist der höchste unter den Technologiefeldern (gefolgt von den Metallerzeugnissen, dem Sonstigen Fahrzeugbau, der Metallerzeugung und dem Maschinenbau). Die Elektrotechnik hat dagegen den geringsten Patentanteil. Der Bereich Chemie/Gummi/-Kunststoff/Kokerei bewegt sich etwa im Mittelfeld.

Die Überschuss-Dynamik ergibt sich aus der Differenz der Wachstumsrate der deutschen Patentanmeldungen und der Wachstumsrate der internationalen Patentanmeldungen in diesem Bereich. In der Abbildung 7-24 zeigt sich nochmals der oben schon erwähnte Befund: In fast allen Technologiefeldern verliert Deutschland in den vergangenen 20 Jahren an Patentanteilen im internationalen Vergleich. Lediglich die Dynamik der Patentanmeldungen im Bereich Holz, Papier und Druck übersteigt den weltweiten Durchschnitt. Auch in dieser Betrachtung schneidet der Bereich Elektrotechnik relativ schwach ab.

Abbildung 7-24: Patentdynamik in Deutschland

Patentanteil (horizontal), Überschuss-Dynamik (vertikal) und Anzahl (Größe) deutscher Patentanmeldungen



Quelle: Eigene Darstellung

7.2 Interdisziplinäre Wissensnetzwerke

7.2.1 Alle Themenfelder

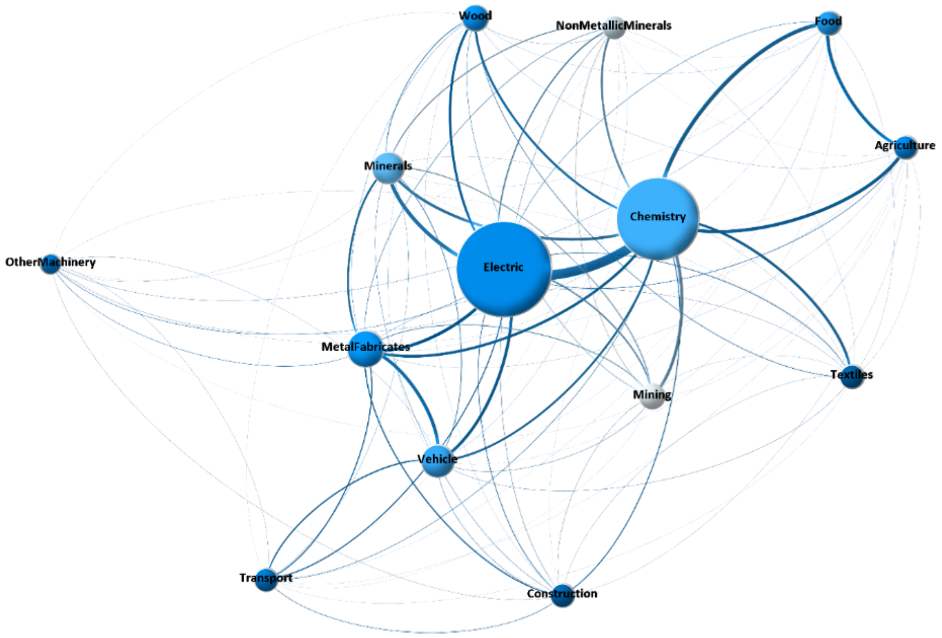
In der Patentanalyse kann anhand der Zuordnung zu den Patentklassen und den Mehrfacheinträgen nach Technologien die interdisziplinäre Vernetzung identifiziert werden. In Abbildung 7-25 sind die weltweiten interdisziplinären Wissensnetze für die Jahre 1995 und 2014 dargestellt, wobei nur stärkere Verbindungen dargestellt sind. Die Größe der Kreise zeigt dabei die intradisziplinäre Vernetzung innerhalb eines Technologiefeldes an, die Verbindungen zwischen den Kreisen die interdisziplinäre Vernetzung:

- Insgesamt ist eine deutliche Ausweitung der interdisziplinären Vernetzung zwischen 1995 und 2014 festzustellen. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Technologiefeldern sind heute sehr viel stärker ausgeprägt als noch 1995.
- Im Zentrum des Wissensnetzwerkes steht die Elektrotechnik. Hier laufen die Fäden aus den unterschiedlichen Technologiefeldern häufig zusammen. Ein weiterer wichtiger Kern ist der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei, der aber im Zeitverlauf gegenüber der Elektrotechnik an Bedeutung verloren hat.
- Bei der interdisziplinären Vernetzung können zwei zentrale Patentcluster identifiziert werden: erstens die M+E-Industrie, zu der insbesondere die Elektrotechnik, der Fahrzeugbau und die Herstellung von Metallerzeugnissen gehören. Zweitens das Patentcluster Nahrung/Agrar/Chemie, das bereits seit 1995 Bestand hat.

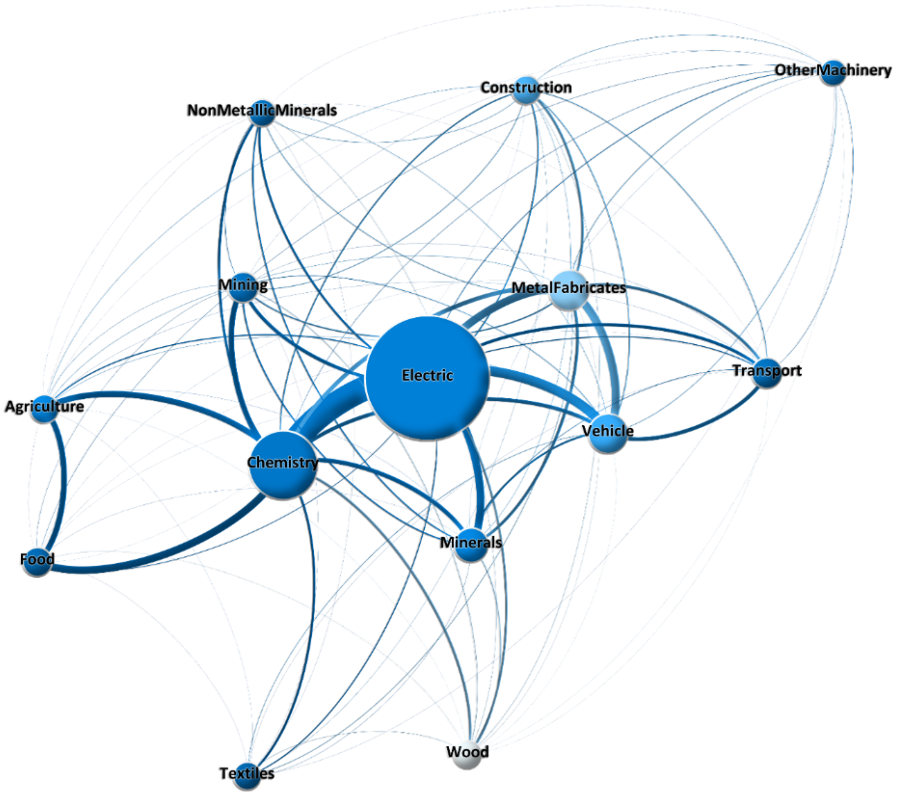
Fazit: Die interdisziplinäre Vernetzung hat weltweit seit dem Jahr 1995 zugelegt. Im Mittelpunkt stehen die Elektrotechnik und der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.

Abbildung 7-25: Weltweite interdisziplinäre Vernetzung 1995 und 2014

Themenvernetzung (weltweit) 1995



Themenvernetzung (weltweit) 2014



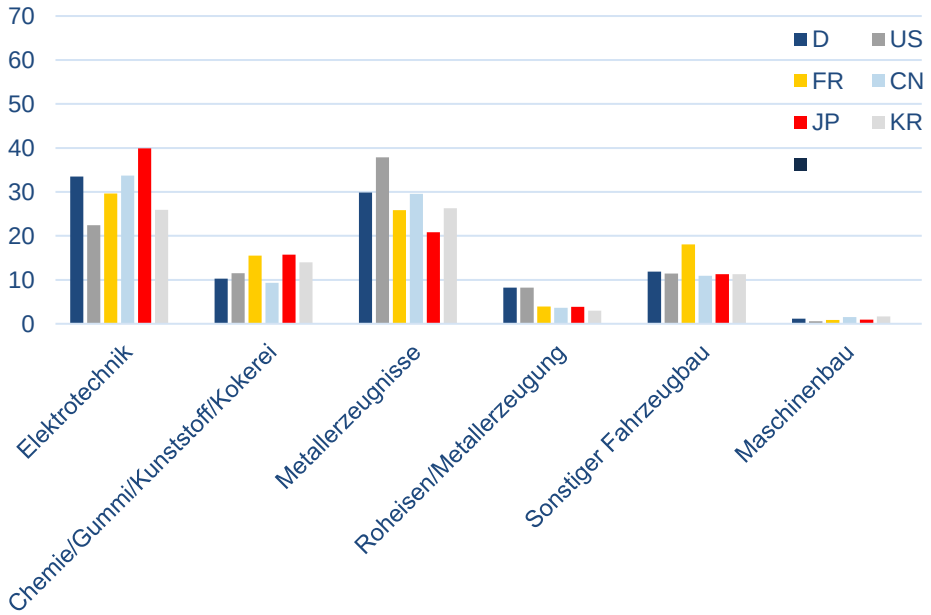
Quelle: Eigene Darstellung

7.2.2 Interdisziplinäre Patentverflechtungen im Automobilbau

Der Automobilbau arbeitet bei der Patenterstellung mit verschiedenen Technologiefeldern im In- und Ausland zusammen. Die wichtigsten Verflechtungen sind in Abbildung 7-26 für den Automobilbau verschiedener Länder dargestellt:

Abbildung 7-26: Interdisziplinäre Verflechtungen im Automobilbau

Anteil ausgewählter interdisziplinärer Technologiefelder an allen betrachteten Technologiefeldern in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Der Automobilbau arbeitet weltweit bei den Patenten vor allem mit der Elektrotechnik und den Metallerzeugnissen zusammen.
- Die Zusammenarbeit mit der Elektrotechnik ist in Deutschland stärker ausgeprägt als in den USA oder Frankreich. Dies steht im Widerspruch zu der Herkunft des Wissens durch den Leistungsaustausch, die in den USA und in Frankreich stärker ausgeprägt ist (siehe Kapitel 4.3.2)
- In Japan entfällt der höchste Anteil der technologiefeldübergreifenden Patente auf die Zusammenarbeit mit der Elektrotechnik, gefolgt vom deutschen Automobilbau.
- Im weltweiten Vergleich resultieren im deutschen Automobilbau weniger Patente aus der Zusammenarbeit mit dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/

Kokerei. Mit diesem Bereich kooperiert der japanische und französische Automobilbau etwas häufiger.

- In den USA arbeitet der Automobilbau häufiger mit den Herstellern von Metallerzeugnissen zusammen.

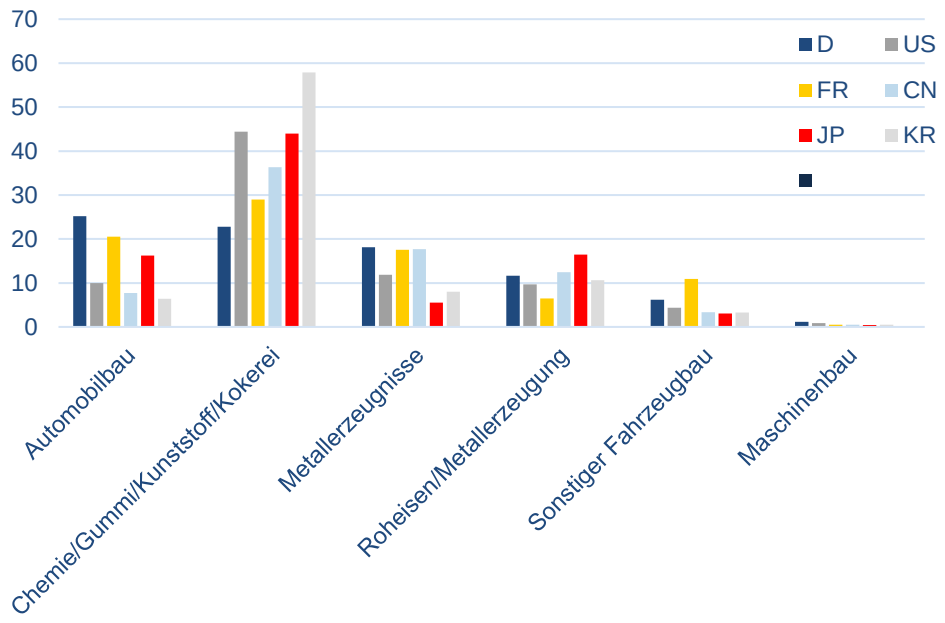
Fazit: Die interdisziplinären Verflechtungen des Automobilbaus zeigen, dass in Japan ein höherer Anteil der Patentkooperationen auf die Elektrotechnik entfällt. Hier ist zu erwarten, dass im deutschen Automobilbau die Bedeutung dieser Kooperationen angesichts der Entwicklungen in der Elektromobilität weiter anwachsen wird.

7.2.3 Interdisziplinäre Patentverflechtungen in der Elektrotechnik

Die Elektrotechnik arbeitet bei der Patenterstellung häufig mit verschiedenen Technologiefeldern im In- und Ausland zusammen. Die wichtigsten Verflechtungen sind in Abbildung 7-27 für die Elektrotechnik verschiedener Länder dargestellt:

Abbildung 7-27: Interdisziplinäre Verflechtungen in der Elektrotechnik

Anteil ausgewählter interdisziplinärer Technologiefelder an allen betrachteten Technologiefeldern in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Die Elektroindustrie arbeitet bei den Patenten vor allem mit dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei zusammen. Diese Zusammenarbeit hat außerhalb Deutschlands eine deutlich höhere Bedeutung.
- In Deutschland hat die Zusammenarbeit der Elektrotechnik mit dem Automobilbau dagegen eine höhere Bedeutung als in den anderen Ländern.
- Die weiteren wichtigen Partner bei der Patenterstellung kommen ebenfalls aus der Metall- und Elektroindustrie.

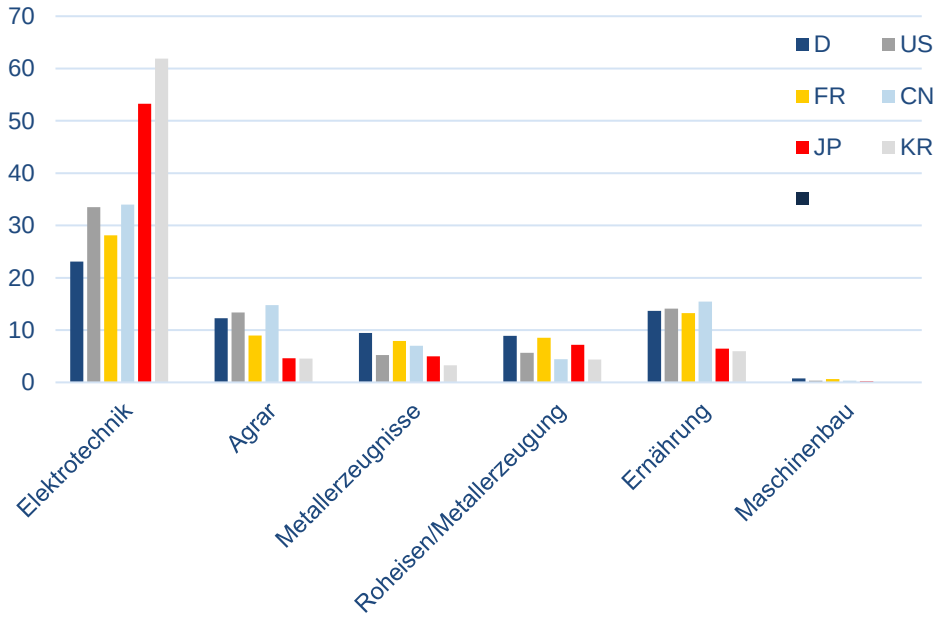
Fazit: Die Elektroindustrie arbeitet mit vielen Technologiefeldern zusammen und liefert entsprechende Impulse. Besonders ausgeprägt ist die Zusammenarbeit mit dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei.

7.2.4 Interdisziplinäre Patentverflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ist eines der Zentren der interdisziplinären Patentnetzwerke und arbeitet mit verschiedenen Technologiefeldern im In- und Ausland zusammen. Die wichtigsten Verflechtungen sind in Abbildung 7-28 für verschiedene Länder dargestellt:

Abbildung 7-28: Interdisziplinäre Verflechtungen im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei

Anteil ausgewählter interdisziplinärer Branchen an allen betrachteten Branchen in Prozent



Quelle: Eigene Berechnung

- Der Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei arbeitet bei den Patenten vor allem mit der Elektrotechnik zusammen. Besonders hohe Bedeutung hat diese Zusammenarbeit in Japan und Korea.
- Weitere wichtige Partner sind der Agrarbereich und die Ernährungsindustrie.
- In Deutschland entfällt von den interdisziplinären Patenten des Bereichs Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei ein geringfügig höherer Anteil auf weitere Teile der Metall- und Elektroindustrie.

Fazit: Im Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei haben Ko-Patente mit der Elektrotechnik eine sehr hohe Bedeutung. Zugleich schlägt sich das Patentcluster Chemie/Agrar/Ernährung in entsprechenden Ko-Patenten nieder.

7.3 Schlüsseltechnologien der Digitalisierung

Eine Patentanalyse der Schlüsseltechnologien für die Entwicklung der Gigabit-Gesellschaft (IW Consult (2016)) zeigt, dass Deutschland bei den Schlüsseltechnologien sehr früh patentaktiv gewesen ist und im Vergleich zum Rest der Welt bereits sehr früh eine hohe Technologiereife erreicht hat. In fast allen Schlüsseltechnologien ist Deutschland bei der Anzahl der Patentfamilien unter den Top 5 (siehe Tabelle 7-4).

Tabelle 7-4: Schlüsseltechnologien der Digitalisierung
Rang nach Anzahl Patentfamilien (Summe Zehnjahreszeitraum, regionale Zuordnung über Erfinderort)

VR	Hologramm	3-D Druck	Robotik	Cloud Tech	Digit. Sign.	Bildgeb. Verf.	Kartendienste	CPPS	Sensoren	RFID/NFC	Block Chain	QR	Selective Content	MMS	Datenkomprimierung	Verschlüsselung
US	JP	US	KR	US	US	US	US	CN	US	KR	US	US	US	US	US	US
KR	US	DE	JP	KR	KR	JP	JP	US	KR	US	JP	JP	KR	KR	KR	JP
JP	KR	JP	US	JP	CN	DE	KR	DE	JP	JP	KR	TW	JP	JP	JP	CN
CN	DE	KR	DE	CA	JP	KR	DE	JP	CN	CN	CN	CN	CN	TW	CN	KR
DE	FR	FR	CN	IN	DE	CN	CN	KR	DE	TW	FR	DE	TW	CA	DE	DE

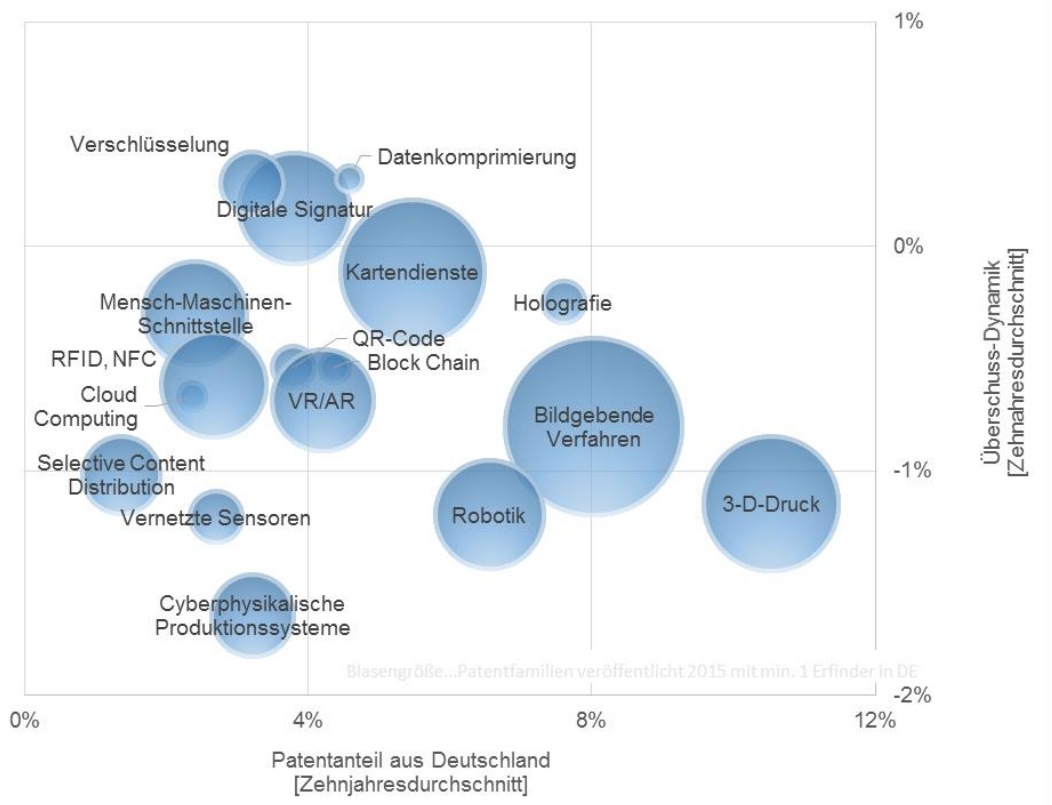
Quelle: IW Consult (2016a)

Zudem zeigt sich, dass Deutschland zwar bei einigen Technologien wie Verschlüsselung, Digitale Signatur und Datenkomprimierung eine überdurchschnittliche Dynamik aufweist. Bei der Mehrheit der 17 untersuchten Schlüsseltechnologien liegt die Dynamik der deutschen Patentanmeldungen aber unter dem weltweiten Durchschnitt. Insbesondere bei Cyberphysikalischen Produktionssystemen, Vernetzten Sensoren, Ro-

botik und 3-D-Druck droht Deutschland den Anschluss zu verlieren (siehe Abbildung 7-29).

Der relativ geringe Patentanteil und die mangelnde Dynamik des deutschen Bereichs Elektrotechnik sind hinsichtlich seiner Bedeutung als Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung und Vernetzung der Wirtschaft problematisch. Zugleich stellt sich die Frage, wie das vorhandene Wissen in den Schlüsseltechnologien möglichst schnell in andere Branchen ausstrahlen kann.

Abbildung 7-29: Patentanteil und Überschussdynamik bei Schlüsseltechnologien der Digitalisierung



Quelle: IW Consult (2016a)

Fazit: Deutschland hat früh eine hohe Technologiereife bei den Schlüsseltechnologien der Digitalisierung erreicht und befindet sich weltweit unter den Top 5. Gleichwohl liegt die Dynamik bei den Patentanmeldungen bei vielen Schlüsseltechnologien inzwischen unter dem weltweiten Durchschnitt.

8 Wie können die FuE-Netzwerke in Deutschland gestärkt werden?

Die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hängt in einem erheblichen Maße von seinen Fähigkeiten ab, durch Innovationen Vorsprünge zu erarbeiten, mit denen sich die deutsche Wirtschaft von ihren Konkurrenten absetzen kann. Vor diesem Hintergrund werden nationale und internationale Vergleiche von Innovationssystemen angestellt. Deutschland gehört dabei zu den Top 10 der FuE-treibenden Länder. Allerdings sind die FuE-Anstrengungen hierzulande auf wenige Branchen konzentriert. Weiterhin sind die FuE-Anstrengungen in Deutschland stärker auf die Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten konzentriert als in anderen Ländern. Im internationalen Vergleich erreichen die Branchen unterschiedliche Ergebnisse: Vor allem der deutsche Automobilbau weist einen erheblichen Vorsprung auf, während die FuE-Anstrengungen in der Elektrotechnik in anderen Ländern stärker ausgeprägt sind.

Länder und Branchen rücken durch Leistungsaustausch näher zusammen – Deutschland ist Technologiegeber

Aufgrund des vielfältigen Leistungsaustauschs zwischen den Branchen und den Ländern ist davon auszugehen, dass dadurch auch FuE und Patente zwischen den beteiligten Parteien getauscht werden. Diese Verflechtungen sind unter der Annahme untersucht worden, dass in den gehandelten Vorleistungen die branchendurchschnittlichen FuE-Intensitäten enthalten sind.

Durch den Austausch von Vorleistungen rücken die Länder näher zusammen. Allerdings ändern sich die Rangfolgen nicht grundlegend. Gleichwohl zeigt sich, dass die herkömmlichen Quoten die Vorsprünge Deutschlands zu groß darstellen dürften. Deutschland ist Exporteur von FuE-Leistungen, vor allem durch seine forschungsstarken Branchen. Die deutschen Automobilzulieferer beliefern bspw. mit ihrer Technik die meisten Hersteller in anderen Staaten, sodass diese technologisch vergleichbare Komponenten einsetzen.

Forschung und Entwicklung muss gestärkt werden

Die forschungsstarken Branchen sind das „technologische Herz“ Deutschlands. Sie werden auch zukünftig in der Geberrolle bleiben und zu den FuE-Exporten Deutschlands beitragen. Um den technologischen Vorsprung zu wahren, sind jedoch weitere FuE-Anstrengungen auch in den forschungsstarken Branchen erforderlich, zumal bspw. die Elektrotechnik oder der Maschinenbau niedrigere FuE-Quoten aufweisen als in anderen traditionellen Industriestaaten.

Auf Branchenebene gibt es in Deutschland auch nach Berücksichtigung der FuE-Verflechtungen deutliche Unterschiede nach Branchen. Zwar geben die forschungsstarken Branchen ab und die forschungsschwachen Branchen gewinnen hinzu, in vielen Branchen wie der Bauwirtschaft oder der Herstellung von Metallerzeugnissen bleibt aber die FuE-Quote gering. Diese Branchen müssen einerseits selbst mehr in

Forschung und Entwicklung investieren und so ihre FuE-Quote erhöhen. Andererseits müssen sie vorgelagerte Innovationstreiber stärker integrieren und die Impulse vorgelagerter Innovationstreiber nutzen. In der Bauwirtschaft gelingt dies zum Teil durch die Vernetzung mit dem Bereich Chemie/Gummi/Kunststoff/Kokerei sowie der Elektrotechnik. Gleichwohl können diese Anstrengungen weiter ausgebaut werden.

Impulse aus anderen Branchen nutzen

Auf Branchenebene zeigt sich weiterhin, dass die deutschen Branchen anders als im Ausland häufiger stärker mit sich selbst vernetzt sind und weniger Impulse aus anderen Branchen erhalten. In den anderen Ländern ist vor allem die Elektrotechnik ein wichtiger Impulsgeber, was einerseits auf die höheren FuE-Quoten in der ausländischen Elektrotechnik und andererseits auf die höheren Vorleistungsanteile dieser Branche zurückzuführen sein dürfte. Weiterhin sind in anderen Ländern die IT-Dienstleistungen und übrige Dienstleistungen, zu denen auch Forschung und Entwicklung gehören, wichtige Impulsgeber für die Industrie. In Deutschland hat sich gezeigt, dass sich die Technologieintensität der Produkte vieler Branchen durch den Leistungsaustausch erhöht. Diese Branchen haben daher ein Interesse an starken Zulieferern. Hier liegt ein Ansatzpunkt zur Stärkung der Wissensintensität der industriellen Wertschöpfungsketten Deutschlands. Damit Impulse aus anderen Branchen wie der Elektrotechnik stärker genutzt werden können, ist Raum für die Zusammenarbeit zu schaffen. So zeigt sich in Regionalstudien, dass auf Unternehmensebene die Bereitschaft besteht, sich mit anderen Unternehmen zu vernetzen. Allerdings fehlt es vor Ort an geeigneten Räumen für die Vernetzung (IW Consult (2016b)). Im Innovationssystem sind immer wieder neue Formen wie Wissenschaftszentren oder Innovationsinkubatoren geschaffen worden, wie Unternehmen bei der Nutzung ihres Forschungs- und Entwicklungspotenzials gefördert werden können. Eine relativ neue Form sind die sog. Innovation Hubs, die altbewährte Methoden mit Netzwerken und gemeinschaftsbasierten Ideen kombinieren. In solchen Räumen können etablierte und junge Unternehmen zusammenfinden und neue Ideen für die Nutzung der entwickelten Technologien entwickeln.

Mit steuerlicher FuE-Förderung KMU stärken

Bei den FuE-Anstrengungen gibt es in Deutschland ein stärkeres Gefälle nach Beschäftigtengrößenklasse als in anderen Ländern. Die Unternehmen ab 250 Beschäftigten haben in Deutschland einen deutlich höheren Anteil an den FuE-Ausgaben als in Ländern, die über eine steuerliche FuE-Förderung verfügen. In der steuerlichen FuE-Förderung kann ein Hebel liegen, um die FuE-Tätigkeit der deutschen KMU und neue Vorsprünge im internationalen Wettbewerb zu erarbeiten. Die steuerliche FuE-Förderung stellt eine technologieoffene Förderung dar, die angesichts der noch offenen Pfade des Digitalisierungstrends besonders wichtig ist.

Internationale Kooperationen in Europa stärken

Ein Hebel zur Stärkung der Innovationfähigkeit kann im Ausbau der Kooperationen bei den Innovationsaktivitäten liegen. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu Deutschland in anderen Ländern die Unternehmen deutlich stärker mit Partnern aus dem In- und Ausland kooperieren. Auch hier gibt es ein starkes Größengefälle, wobei die innovationstreibenden KMU in Deutschland im Vergleich deutlich seltener kooperieren als die Unternehmen in anderen Ländern. Die Internationalisierung von Innovationen scheint daher in deutschen Unternehmen häufig seltener vollzogen zu werden als in anderen Ländern. Hier ist zu fragen, wie die europäischen Kooperationen gestärkt werden können, um die Innovationskraft der deutschen Unternehmen zu stärken. Dabei sind insbesondere die KMU in den Blick zu nehmen, denen es deutlich seltener als den größeren Unternehmen gelingt, Innovationspartnerschaften zu etablieren.

Wissensnetze innerhalb der bestehenden Verbindungen stärken

Produktionsnetze und Wissensnetze sind nicht identisch. Hier haben die Unternehmen noch vielfältige Möglichkeiten, um auf bestehende Produktionsnetze aufzusetzen und ihre FuE-Kooperationen im Ausland zu stärken. Es steht zu erwarten, dass die Unternehmen in Zukunft Innovationen bei der Internationalisierung mitdenken.

Die Wissensnetze sind anhand der Patentanalyse identifiziert und untersucht worden. Es zeigt sich, dass die Zahl der beteiligten Länder am aktuellen Rand stagniert. Anders als in der Vergangenheit ist in naher Zukunft nicht damit zu rechnen, dass die Netze allein durch die Einbindung weiterer Staaten wachsen werden. Vielmehr ist das Potenzial an Partnerländern weitgehend ausgeschöpft. Zwar findet noch ein Zuwachs bei der Zahl der Netzwerkkanten statt, d. h., einzelne Länder bauen immer noch Verbindungen zu Netzwerkknoten auf, mit denen sie bislang noch keine Kooperationsverflechtungen unterhalten. Allerdings ist auch hier am aktuellen Rand eine nachlassende Dynamik zu beobachten. Eine Stärkung der Wissensnetze kann vor diesem Hintergrund nur innerhalb der bestehenden Verbindungen geschehen. Damit dies gelingen kann, ist zu untersuchen, welche Hemmnisse einer besseren internationalen Kooperation entgegenstehen.

Anschluss halten – Wissensnetze in stark wachsende Märkte spannen

Zwar hat die Bedeutung der Patente mit ausländischen Ko-Erfindern in allen westlichen Industriestaaten zugenommen, gleichwohl verlieren Deutschland und Frankreich Anteile an allen weltweiten Patenten mit ausländischen Ko-Erfindern. Anders die USA, die am aktuellen Rand eine positive Dynamik aufweisen. Dies geht einher mit einer positiven Dynamik in China, was auf verstärkte Kooperationen zwischen den USA und China hindeutet. Es zeigt sich, dass die USA größter chinesischer Auslandspartner bei den Ko-Patenten sind. Auch mit Indien weisen die USA deutlich mehr Ko-Patente auf. Offensichtlich gelingt es den US-amerikanischen Unternehmen besser, Wissensnetze in die stark wachsenden Märkte zu spannen. Hier sollten die deutschen und europäischen Unternehmen aufpassen, nicht den Anschluss zu verlieren.

Gemessen an der Gesamtzahl der weltweiten Patente mit Ko-Erfindern verlieren Deutschland und Frankreich den Anschluss. Im Gegensatz zu den USA, Japan, Südkorea und China, die ihren Anteil steigern konnten, sank der Anteil in Deutschland und Frankreich, wobei der Rückgang in Deutschland besonders stark ausgeprägt war. Hier ist es an Deutschland und an der Europäischen Union, die internationalen Kooperationen bei den Patentaktivitäten zu fördern. Da die USA weiterhin in vielen Bereichen das Zentrum internationaler Wissensnetze stellen, muss Europa angesichts der regionalen Schwerpunktverlagerungstendenzen in den USA hin nach China und dem pazifischen Raum seine Stellung festigen. Gleichwohl ist Deutschland überdurchschnittlich stark vernetzt mit anderen Ländern. Hier bestehen weitere Potenziale für die Vernetzung. Dazu können die Lessons Learned aus den bestehenden Kooperationen als Blaupause für weitere Kooperationen dienen.

Potenziale für europäische Wissensnetze ausschöpfen

Innerhalb Europas ist das Potenzial für Wissensnetze noch nicht vollständig ausgeschöpft. Diese bestehen vor allem zwischen Deutschland und den nord- und westeuropäischen Industriestaaten. Trotz des intensiven Leistungsaustauschs sind die Staaten Mittel- und Osteuropas noch nicht in die Wissensnetze eingebunden. Hier besteht ein zusätzliches Potenzial: Das weitere Zusammenwachsen Europas findet auch über die Wissensnetze statt.

Traditionelle Ressortgrenzen für interdisziplinäre Zusammenarbeit überwinden

Die Analyse der interdisziplinären Patentnetzwerke hat gezeigt, dass thematische Vernetzungen deutlich zugenommen haben. Die Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik müssen dem Rechnung tragen und stärker ressortübergreifend organisiert werden. Eine strikte Trennung nach einzelnen Technologien hilft angesichts der interdisziplinären Vernetzungen nicht weiter, da ansonsten Potenziale aus der Verknüpfung der Technologiefelder nicht ausgeschöpft werden.

Mehr für die Digitalisierung tun

Vor dem Hintergrund des Megatrends Digitalisierung als Querschnittstechnologie ist eine Stärkung der IKT und Elektrobranche, aber auch die Vernetzung anderer Branchen mit der IKT und der Elektrotechnik von Bedeutung, um die Herausforderungen des neuen Trends zu bewältigen. Die geringere Patentintensität und die fallenden Anteile an den weltweiten Patenten in der Elektrotechnik sollten als Warnzeichen verstanden werden, dass hier in Deutschland mehr getan werden muss. Dies zeigt sich spezifisch bei einigen Schlüsseltechnologien für die Digitalisierung. Die errichteten speziellen Kompetenzzentren zeigen hier in die richtige Richtung. Hier können die Akteure aus verschiedenen Branchen zusammenkommen, um die Impulse aus anderen Branchen wie der Elektrotechnik zu nutzen. Dabei sollte darauf geachtet werden, Impulse für alle Facetten von Industrie 4.0 zu geben. Ein wichtiges Instrument dazu sind Industrie-4.0-Häuser.

9 Literatur

BMBF (2014), Internationale Kooperationen – Aktionsplan des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

De Backer/Yamano (2012), International Comparative Evidence on Global Value Chains, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2012/03, http://dx.doi.org/10.1787/5k9bb2vcwv5j-en

Eurostat (2016), Hauptindikatoren bezüglich FuE [rd_e_fundgerd]

Eurostat (2016b), Arten von Kooperationspartnern von Unternehmen nach NACE Rev. 2 Tätigkeit und Größenklasse [inn_cis8_coop]

IW Consult (2015), Strukturbericht für die M+E-Industrie in Deutschland, Berichtsstand 2015, Köln

IW Consult (2016a), Der Weg in die Gigabit-Gesellschaft. Wie Netzausbau zukünftige Innovationen sichert. Eine Studie der IW Consult GmbH unter Mitwirkung des Economica Instituts für Wirtschaftsforschung und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI. Im Auftrag des Vodafone Instituts für Gesellschaft und Kommunikation

IW Consult (2016b), Standort- und Zukunftsstudie für den Rhein-Erft-Kreis 2025, Studie für die Wirtschaftsförderung des Rhein-Erft-Kreises

OECD (2016a), Gross domestic expenditure on R-D by sector of performance and source of funds; Data extracted on 07 Jun 2016 from OECD.Stat

OECD (2016b), Gross domestic product (GDP); Data extracted on 07 Jun 2016 from OECD.Stat

OECD (2016c), Input-Output Tables; Data extracted on 07 Jun 2016 from OECD.Stat

OECD (2016d), Business enterprise R-D expenditure by size class and by source of funds; Data extracted on 08 Jul 2016 from OECD.Stat

Schasse et al. (2016), Forschung und Entwicklung in Wirtschaft und Staat; EFI-Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 2/2016

Welsch (2005), Innovationspolitik: Eine problemorientierte Einführung, Wiesbaden

Wissenschaftsrat (2013), Perspektiven des deutschen Wissenschaftssystems, Drs. 3228-13