



STIFTERVERBAND

ANALYSE

INSIGHTS 2023

Forschung und Entwicklung in der
Wirtschaft 2021



BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vorwort	03
01 FuE-Aufwendungen der Wirtschaft erholen sich 2021	04
02 Wer forscht denn da?	11
03 FuE in der Pandemie und Blick in zentrale Branchen	18
04 Positiver Trend bei FuE zum Klimaschutz	28
05 Externe Forschung und Entwicklung im Aufwind	34
06 Regionale Disparitäten und ihre Dynamik	45
07 FuE-Output	54
08 Literatur	62

Vorwort

Transformation bedarf Forschung und Entwicklung (FuE). Der Wandel zu einer nachhaltig handelnden Wirtschaft und Gesellschaft braucht technologische und soziale Lösungen, für die FuE eine zentrale Grundlage bilden. Der Bedarf für FuE ist hoch. Doch die Rahmenbedingungen sind herausfordernd wie selten. Ob Pandemie, Wirtschaftskrise, Krieg in Europa, Ressourcenengpässe oder zunehmender Wettbewerbsdruck – das alles erschwert die Planung und Durchführung von FuE-Aktivitäten.

In unseren neuen Insights gewähren wir Einblicke, wie FuE trotz dieser Schwierigkeiten von Unternehmen geleistet wurden. Grundlage hierfür sind die von uns im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung regelmäßig erhobenen Daten zu FuE im Wirtschaftssektor. Diese stehen in aggregierter Form allen offen: Nutzen Sie also unser Datenportal (siehe QR-Code). Denn neues Wissen und neue Erkenntnisse zu erlangen, ist der Zweck von Forschung. Und es ist auch unser Ziel, allen Interessierten neue Einblicke und Erkenntnisse zu vermitteln.

In den Daten haben wir in diesem Jahr neben bekannten Mustern auch erhebliche Dynamik gesehen: So steigt die Bedeutung von Auftragsforschung und damit von kollaborativer Innovation immer stärker an, vor allem mit Partnern aus dem Ausland. Biotechnologie, Dienstleistungen, Softwareentwicklung erhalten ein signifikant größeres Gewicht im deutschen Innovationssystem. Die räumliche Konzentration von FuE in Deutschland hat sich verstärkt. Klimaschutztechnologien haben Einzug in FuE-Abteilungen und Projekte gefunden, doch ihre Relevanz ist gegenüber den klassischen Mobilitäts- oder Gesundheitstechnologien gering.

Zu all diesen und noch weit mehr Aspekten geben wir in unserer neuen Insights-Publikation einen Überblick. Insights löst damit die *α:r ən 'di*-Analysen der Vorjahre ab und erscheint in einem neuen Layout. Wir wünschen Ihnen viel Freude und viele neue Erkenntnisse bei der Lektüre!

Stellvertretend für das ganze Team
der FuE-Erhebung

Gero Stenke



01

FuE-AUFWENDUNGEN DER WIRTSCHAFT ERHOLEN SICH 2021

Von Johannes Schmitt und Jan van der Heyden

- **Trendwende: Interne Aufwendungen für FuE der Wirtschaft erholen sich wieder und steigen um 6,7 Prozent auf 75,8 Milliarden Euro**
- **Aufwendungen für externe Forschungsaufträge und das Personal für FuE erreichen neue Rekordwerte**
- **Planungen der Unternehmen für 2022 fallen positiv aus**
- **Der Anteil der FuE-Aufwendungen am BIP beträgt 3,13 Prozent**

Das erste Jahr der COVID-19-Pandemie war durch einen historischen Einbruch der internen Aufwendungen für FuE in der deutschen Wirtschaft gekennzeichnet. Der Rückgang betrug insgesamt 6,3 Prozent und war 2020 damit stärker ausgeprägt als der Rückgang des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Vor allem im verarbeitenden Gewerbe war die negative Entwicklung deutlich zu spüren (SV Wissenschaftsstatistik, 2022). Besonders betroffen war hier die Automobilindustrie mit einem Minus von 13,6 Prozent bei den internen Aufwendungen. Der Effekt dieses Rückgangs ist für den Forschungsstandort nicht zu unterschätzen, da der Kfz-Bau mit weitem Abstand der größte Wirtschaftszweig im Bereich FuE ist. 2020 hatte die Branche einen Anteil von 23 Prozent an den gesamten internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Deutschland. Aber auch in anderen Wirtschaftszweigen, wie zum Beispiel im Maschinenbau, im Luft- und Raumfahrzeugbau sowie in der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, war 2020 ein Abwärtstrend zu beobachten. Insbesondere große Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe trugen zu dem Minus im Wirtschaftssektor bei. Ungebrochen war 2020 dagegen der Aufwärtstrend in der Informations- und Kommunikationsbranche, der schon seit längerem zu beobachten ist (SV Wissenschaftsstatistik, 2021a, Kapitel 8). Auch in der Pandemie konnte diese Branche ein deutliches Plus verbuchen.

Im Gegensatz zu den internen Aufwendungen ist das Volumen der Aufwendungen für externe Forschungsaufträge im gesamten Wirtschaftssektor leicht gestiegen und das FuE-Personal ist nur marginal zurückgegangen. Das Personal wurde in den Unternehmen im Bereich FuE also nach Möglichkeit gehalten und Einsparungen bei den Mitteln für interne FuE zum Beispiel durch eine Reduktion der Investitionen oder auch Kurzarbeit erreicht.

6,7%

Zuwachs der internen
Aufwendungen für FuE



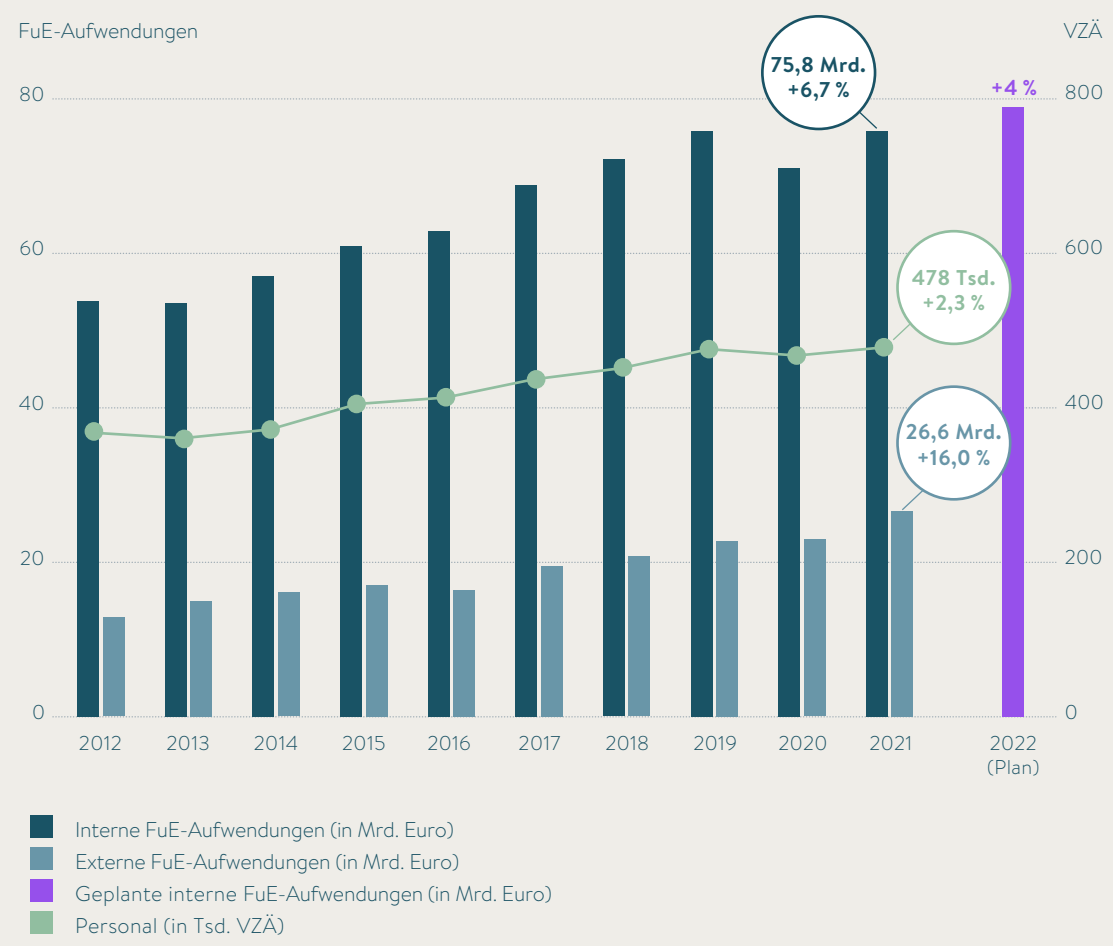


Abb. 1
Die Entwicklung der FuE-Aufwendungen in der deutschen Wirtschaft 2012 bis 2021

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Im zweiten Jahr der Pandemie hat ein deutlicher Erholungseffekt (vgl. Abbildung 1) eingesetzt. Die Ausgaben für interne FuE betragen 2021 wieder 75,8 Milliarden Euro und sind damit um 6,7 Prozent gestiegen. Als Resultat liegen die internen Aufwendungen wieder fast auf dem Vor-Pandemie-Niveau von 2019. Die internen Aufwendungen sind 2021 um nur 69 Millionen Euro geringer als noch 2019. Auch mit Blick auf die anderen beiden FuE-Indikatoren ist ein positiver Trend aus der deutschen Wirtschaft zu vermenden. So sind die Aufwendungen für externe Forschungsaufträge abermals gestiegen – dieses Mal um 16 Prozent. Auch das FuE-Personal – welches in Form von Vollzeitäquivalenten (VZÄ)¹ gemessen wird – ist leicht angestiegen, sodass ein neuer Rekordwert erreicht wird: 478.129 VZÄ sind 2021 in der deutschen Wirtschaft im Rahmen von FuE beschäftigt.

Der positive Eindruck von den Entwicklungen im Jahr 2021 wird zudem durch die berichteten Planungen der Unternehmen im Rahmen der FuE-Erhebung flankiert. Die geplanten Aufwendungen der Unternehmen implizieren eine Steigerung von 4 Prozent. Sollte sich diese Planung bewahrheiten, würden 2022 damit 78,8 Milliarden Euro für interne FuE-Aktivitäten im Wirtschaftssektor investiert werden.

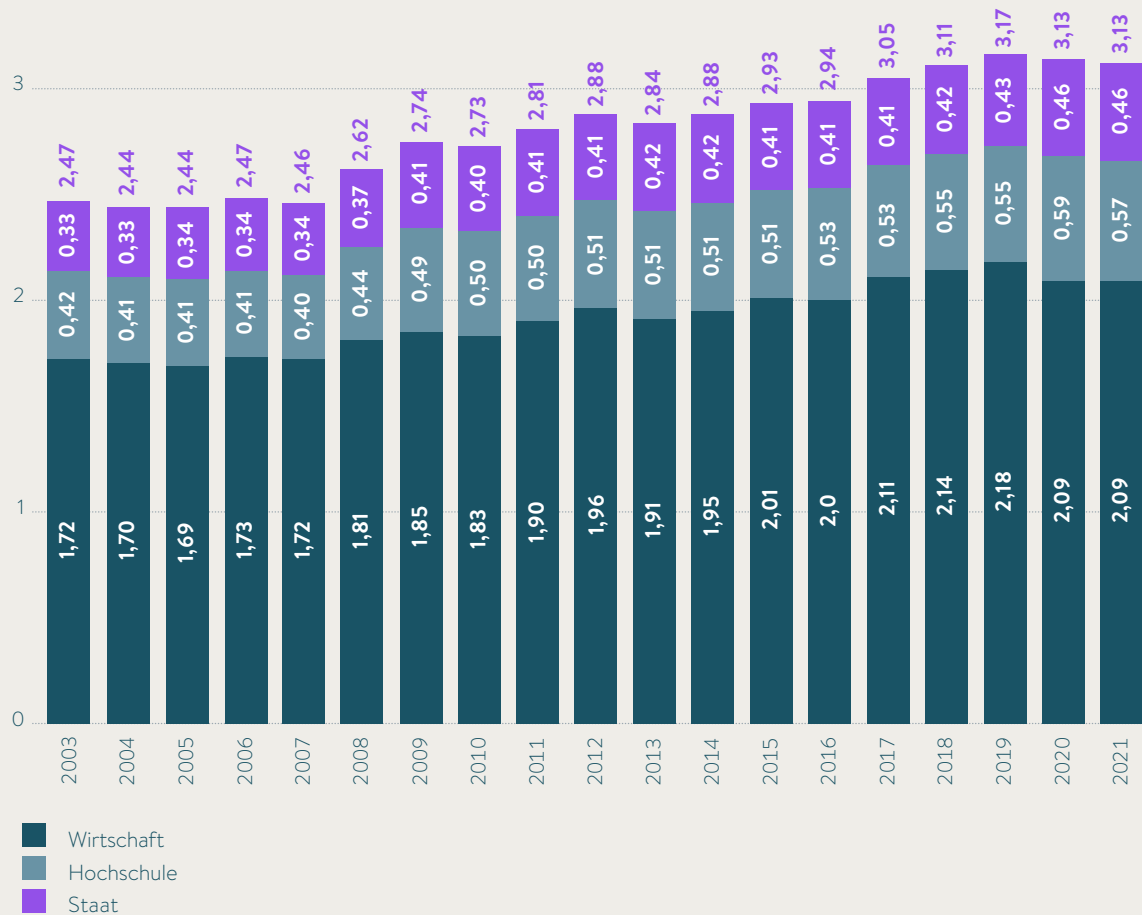


Abb. 2
Der Anteil der internen FuE-Aufwendungen am BIP

In Prozent

Anmerkung: Aufgrund von Rundungsabweichungen ergeben die Werte nicht immer die aggregierte Summe.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik und Destatis (Stand: August 2023).

Allerdings ist bei der Interpretation der geplanten FuE-Aufwendungen zu beachten, dass diese einer großen Unsicherheit unterliegen. Ob zum Beispiel mögliche Auswirkungen der gestiegenen Energiepreise oder der Inflation bereits in den berichteten Planungen² zum Tragen kommen, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Bereits in der FuE-Erhebung 2019 sahen die geplanten FuE-Ausgaben deutlich positiver aus als die später tatsächlich getätigten (SV Wissenschaftsstatistik, 2021b)³.

Der Einbruch der internen FuE-Aufwendungen 2020 war insbesondere ein Rückschlag für das ausgeufene politische Ziel, 3,5 Prozent des Bruttoinlandsproduktes für FuE aufwenden zu wollen. Der Anteil der internen FuE-Aufwendungen aller Sektoren am BIP 2021 bleibt im Vergleich zum Vorjahr konstant bei einem Wert von 3,13 Prozent (vgl. Abbildung 2). Insbesondere in der Wirtschaft liegt der Anteil noch immer deutlich unter dem Wert von 2019. Der Anteil des Staatssektors ist – wie auch der Anteil des Wirtschaftssektors – gleichgeblieben. Dagegen ist der Anteil des Hochschulsektors leicht gesunken. Gegenüber dem Wert von 2019 haben sich die Anteilswerte des Hochschul- und Staatssektors jedoch gesteigert. Dass sich der Anteil der internen Aufwendungen für FuE am BIP trotz der positiven Trendwende nicht verbessert hat, ist hauptsächlich auf die sich parallel erholende Gesamtwirtschaft zurückzuführen. Es bleibt abzuwarten, wie sich der Anteil interner FuE in den kommenden Jahren entwickelt.

Mit einem Wert von 3,13 Prozent nimmt Deutschland im internationalen Vergleich einen guten Platz ein – aber keinen Spitzenplatz. So belegt Deutschland in der OECD⁴ 2021 Platz 9. Spitzenwerte weisen Israel mit 5,56 Prozent (2021) und Südkorea mit 4,93 Prozent auf (2021). Ansonsten hat aktuell noch kein Land aus der OECD die 3,5 Prozent überschritten. Am nächsten an dieses Ziel herangerückt sind die USA mit 3,46 Prozent. Neben Japan liegen auch europäische Länder mit ihren anteiligen FuE-Aufwendungen vor Deutschland: Schweden, Belgien, Österreich und die Schweiz⁵. Mit Werten zwischen 3,19 und 3,35 Prozent sind die relativen Ausgaben für FuE allerdings nicht substantiell höher als hierzulande. Deutschland liegt auch deutlich über der Quote der gesamten OECD, welche 2021 2,7 Prozent beträgt (OECD, 2023). Bei den absoluten Aufwendungen nimmt Deutschland in der Europäischen Union aufgrund seiner volkswirtschaftlichen Größe dagegen Platz eins ein. Die Wirtschaft gibt für die Durchführung interner FuE mehr als doppelt so viel aus wie die im EU-Vergleich zweitplatzierte Wirtschaft Frankreichs.

Wie schon im Jahr 2020 sind die Entwicklungen in den Branchen sehr heterogen. In Abbildung 3 werden die Entwicklungen in den Schwerpunktbereichen⁶ dargestellt. Für weitere Details finden sich ausführliche Zahlen zu allen Wirtschaftszweigen im Zahlenwerk 2023 (SV Wissenschaftsstatistik, 2023). Deutlich zu erkennen ist der Einbruch der internen FuE-Aufwendung im Kfz-Bau⁷. Wie Abbildung 3 zeigt, gaben Unternehmen dieser Branche im Jahr 2020 13,6 Prozent weniger für interne FuE aus als

noch im Jahr 2019. Auch die meisten anderen Branchen verzeichneten 2020 einen Rückgang der internen Aufwendungen, der jedoch nicht so drastisch ausfiel wie in der Kfz-Branche. Auf den ersten Blick eher überraschend ist hingegen der leichte Einbruch der FuE-Aufwendungen in der Pharmaindustrie, insbesondere, wenn man die Rolle deutscher Unternehmen bei der Impfstoffentwicklung berücksichtigt. Allerdings sind die impfstoffforschenden Unternehmen in der Wirtschaftszweikklassifikation den Biotechnologien zugeordnet, womit sie unter die FuE-Dienstleistungen in Abbildung 3 fallen. Die Elektro-Branche ist eine der wenigen Branchen des verarbeitenden Gewerbes, welche 2020 in den internen FuE-Aufwendungen stabil geblieben ist. Der Aufwärtstrend bei Information und Kommunikation (IuK) war auch 2020 ungebrochen, auch wenn die Steigerungsrate etwas verhalten ausgefallen ist.

Für das Jahr 2021 zeichnet sich in den Branchen eine positive Trendwende ab. So sind in IuK die Aufwendungen für FuE abermals stark gestiegen (plus 20 Prozent), womit inzwischen 5,5 Milliarden Euro intern für FuE aufgewendet werden. Auch in den Branchen des verarbeitenden Gewerbes sind teilweise hohe Wachstumsraten zu vermelden, etwa 7,8 Prozent in der Chemie-Branche und 4,8 Prozent in der Elektro-Branche. Die Bedeutung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) für FuE wird in Kapitel 2 vertieft. Kapitel 3 untersucht die Entwicklung in den Branchen im Detail und analysiert die Entwicklung in den Jahren der COVID-19-Pandemie. Weiterführend wird

in Kapitel 4 die Bedeutung von Klimaschutz für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Wirtschaft eingeordnet. Neue Innovationen sind ein potenzieller Baustein, um die Klimaziele zu erreichen. Dementsprechend messen Unternehmen diesem Thema auch in ihrer FuE mehr Bedeutung bei, insbesondere um neue Geschäftsfelder zu erschließen. Ein weiterer maßgeblicher Trend, der in Kapitel 5 untersucht wird, ist die wachsende Bedeutung externer Forschungsaufträge im FuE-Portfolio von Unternehmen. Diese sind auch während der Pandemie weiter angestiegen – im Gegensatz zu den internen FuE-Aufwendungen –, wobei ausländische Auftragnehmer immer wichtiger werden. In Kapitel 6 werden die regionalen Disparitäten in den FuE-Aktivitäten untersucht sowie Auf- und Absteiger-Regionen skizziert.

Die Folgen der COVID-19-Pandemie wurden in diesem Kapitel ebenso verdeutlicht wie die positive Trendwende im Jahr 2021. Der Rückgang von 2020 ist fast wieder aufgeholt. In Bezug auf das FuE-Personal wurde im Jahr 2021 in Deutschland zudem ein neuer Höchstwert erreicht. Ungeachtet dessen bleibt das 3,5-Prozent-Ziel ambitioniert, auch wenn die Bundesrepublik im internationalen Vergleich gut abschneidet. Mit Fokus auf zentrale Branchen bleibt die Erkenntnis, dass der Kfz-Bau, eine der traditionell wichtigsten Branchen des Landes, seine FuE-Aufwendungen pandemiebedingt am deutlichsten zurückgefahren hat, während IuK-Unternehmen auch in der Pandemie die internen FuE-Aktivitäten erhöht haben.

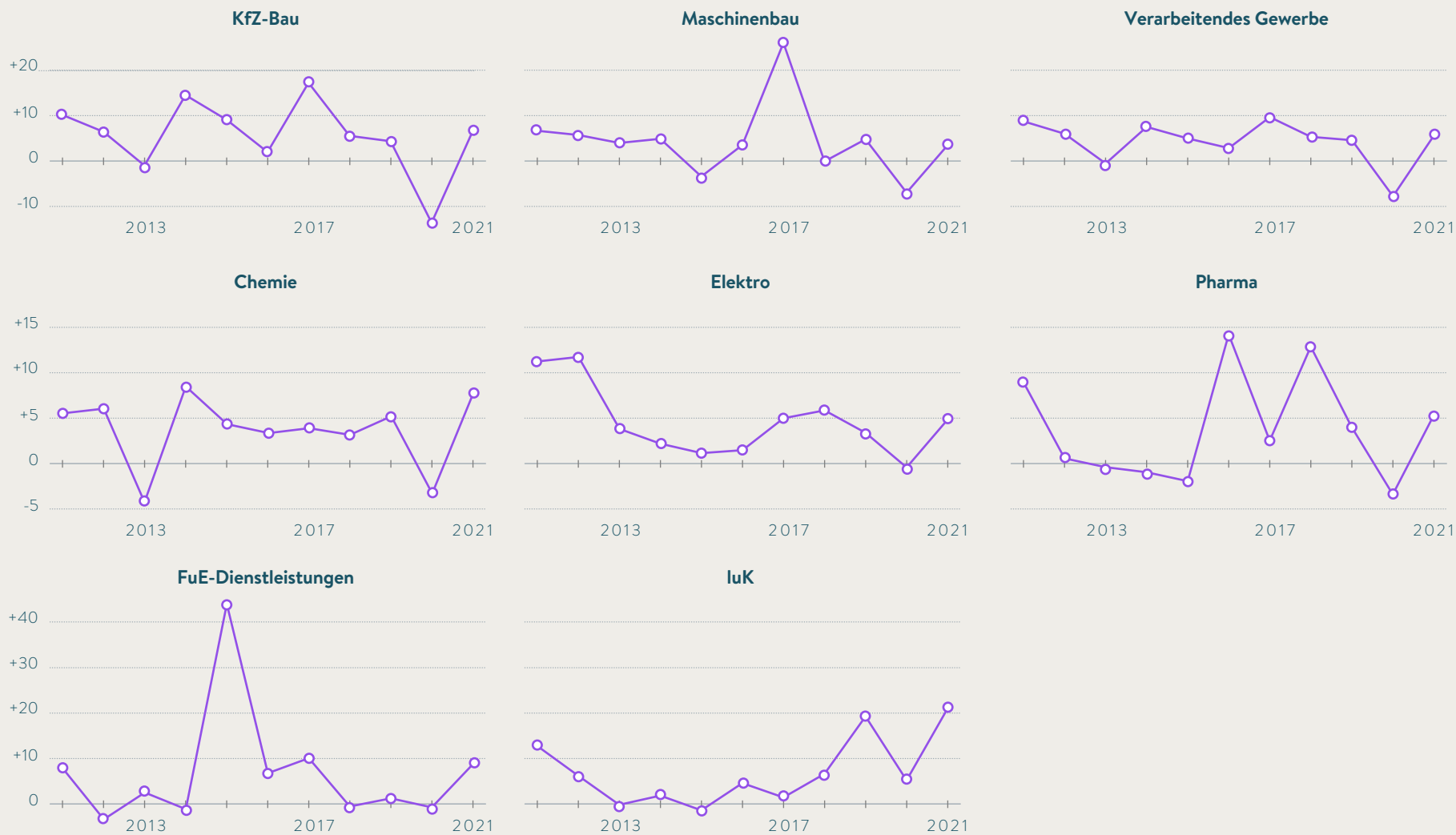


Abb. 3
Prozentuale Veränderungen der internen FuE-Aufwendungen
in den Schwerpunktbereichen im Zeitverlauf

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Mit den steigenden Energiepreisen, dem Krieg in der Ukraine und hoher Inflation sind 2022 neue Krisen in Erscheinung getreten, sodass es spannend bleibt, ob die positiven Planungen der Unternehmen tatsächlich Realität werden. Dies wird sich allerdings erst mit den Ergebnissen der kommenden FuE-Erhebung zeigen, deren Daten zum Jahresende 2023 vorliegen.



—
02
—

WER FORSCHT DENN DA?

Von Lena Finger und Svenja Elsner

- Ein großer Teil der internen FuE-Aufwendungen konzentriert sich auf wenige Kernbranchen; Mit etwa einem Drittel entfällt der größte Teil der internen FuE-Aufwendungen auf die Kfz-Branche
- Rund 86 Prozent der FuE-treibenden Unternehmen sind KMU
- Der Anteil der Frauen am FuE-Personal liegt seit zehn Jahren knapp unter 20 Prozent – dabei variiert er erheblich zwischen den verschiedenen Branchen
- Wissenschaftliches Personal macht rund 58 Prozent des gesamten FuE-Personals aus
- Mehr als 20 Prozent der FuE-treibenden Unternehmen sind Teil einer Unternehmensgruppe

In welchen Branchen konzentrieren sich die FuE-Aktivitäten?

Abbildung 4 stellt für das Jahr 2021 den jeweiligen Anteil an den gesamten internen FuE-Aufwendungen dar, der durch die verschiedenen Branchen erbracht wurde. Mehr als 80 Prozent der internen FuE-Aufwendungen entfallen demnach auf das verarbeitende Gewerbe. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes hebt sich die Automobilbranche, deren Mittel etwa ein Drittel aller internen FuE-Aufwendungen ausmachen, deutlich als gewichtigste Branche hervor, obwohl nur 1,5 Prozent aller im Jahr 2021 FuE-aktiven Unternehmen dieser Branche angehören. Im deutschen Innovationssystem liegt also ein deutlicher Schwerpunkt auf der Automobilindustrie (vgl. auch Belitz, 2022). Auch wenn diese hohe Konzentration von FuE in nur einer Branche eher ungewöhnlich ist, ist Deutschland nicht das einzige Land, in dem die FuE-Aufwendungen zu großen Teilen auf eine Branche entfallen. So ist etwa in der Schweiz eine Konzentration der FuE-Aufwendungen in der Pharmabranche festzustellen und Südkorea weist einen Schwerpunkt in der Elektrobranche auf (OECD, 2022). Als weitere FuE-Schwerpunktbranchen aus dem verarbeitenden Gewerbe stechen in Deutschland die Bereiche Elektroindustrie (15,7 Prozent aller internen FuE-Aufwendungen), Maschinenbau (9,5 Prozent), Pharma (7,3 Prozent) und Chemie (6,1 Prozent) hervor. Gemeinsam mit der Automobilbranche decken sie knapp 73 Prozent aller internen FuE-Aufwendungen und rund 34 Prozent aller FuE-aktiven Unternehmen im Jahr 2021 ab.

Außerhalb des verarbeitenden Gewerbes ist der Bereich IuK von zunehmender Bedeutung für das deutsche Forschungs- und Innovationssystem. Der Anteil an den gesamten internen FuE-Aufwendungen liegt dort bei 7,2 Prozent. Maßgeblicher Treiber ist hier der Teilbereich der Programmierertätigkeiten mit einem Anteil von knapp 82 Prozent der insgesamt auf IuK entfallenden Aufwendungen. Abschließend ist noch der Bereich der FuE-Dienstleistungen zu nennen, der ebenfalls einen erheblichen Anteil an den FuE-Aufwendungen trägt. FuE-Dienstleistungen umfassen Finanz- und Versicherungsdienstleistungen sowie freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen. Letztere beinhalten insbesondere die wissenschaftliche FuE, zu der auch FuE im Bereich Biotechnologie zählt.

Im Jahr 2021 wurden 8,4 Prozent der gesamten internen FuE-Aufwendungen durch Unternehmen erbracht, die den FuE-Dienstleistungen zugeordnet sind. Insgesamt ist die Automobilbranche, die als hochwertige Technologie klassifiziert wird (Neuhäusler et al., 2022)⁸, für das deutsche Innovationssystem zentral. Demgegenüber sind weniger Unternehmen in Spitzentechnologiesektoren und aufstrebenden Branchen wie etwa Softwareentwicklung und Pharma spezialisiert, die eine besonders hohe FuE-Intensität aufweisen. Damit ist bei der Entwicklung der FuE-Aufwendungen eine im internationalen Vergleich geringe Dynamik zu erwarten (Belitz, 2022).

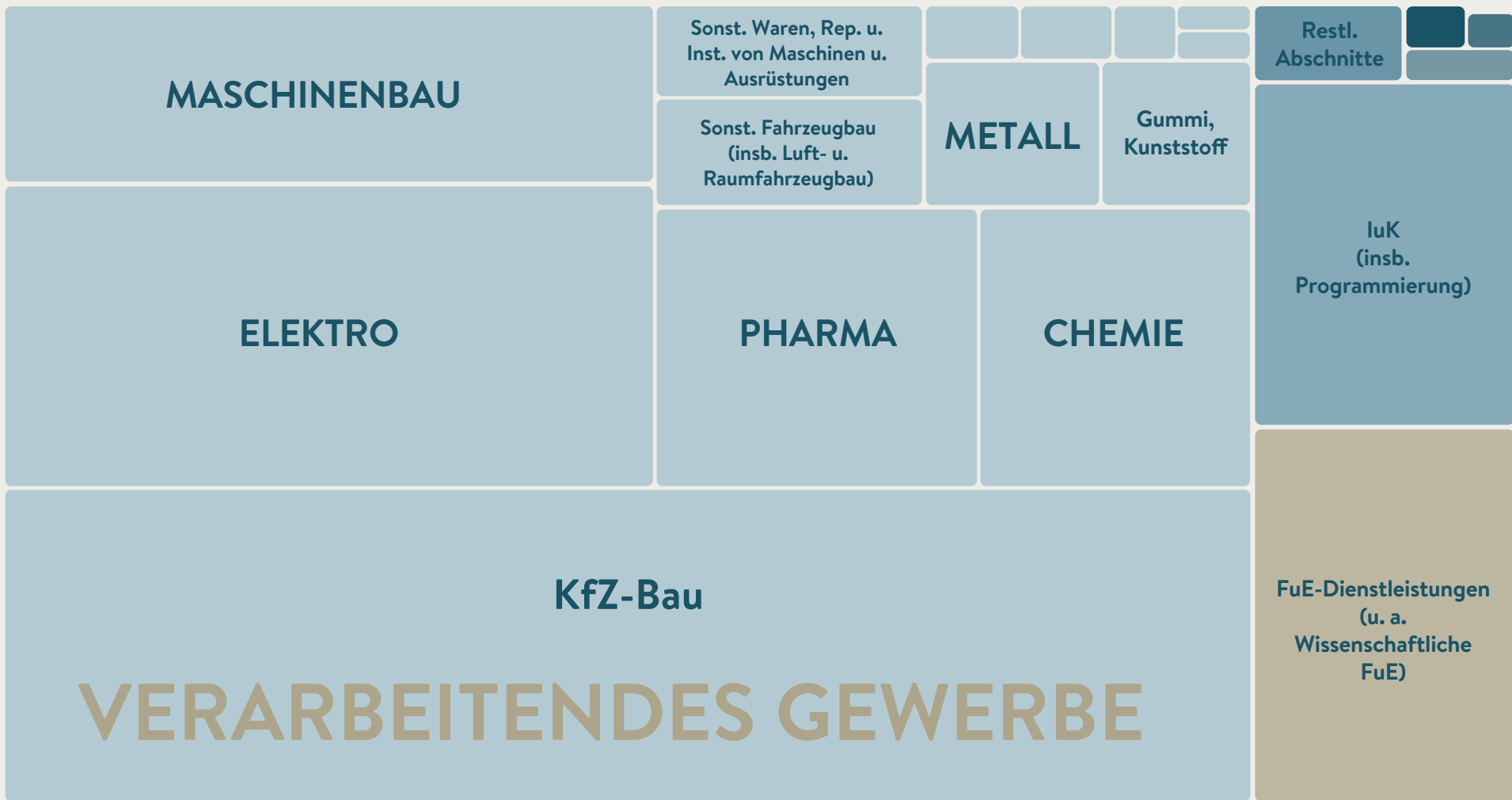


Abb. 4
Der Anteil der Branchen an den internen FuE-Aufwendungen im Jahr 2021

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

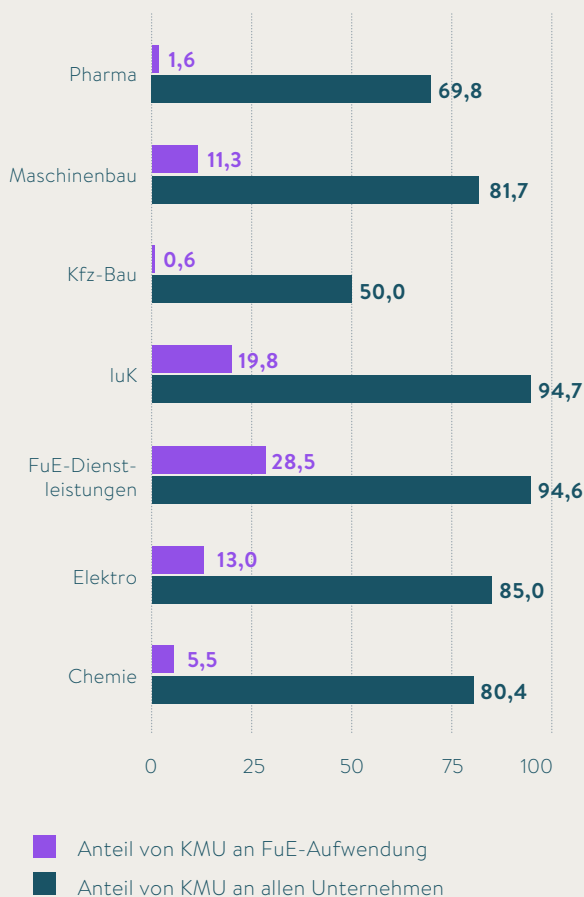


Abb. 5
Anteil von KMU an FuE-treibenden Unternehmen und den internen FuE-Aufwendungen nach Kernbranchen

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Wie ist FuE mit Blick auf die Unternehmensgröße verteilt?

Im Jahr 2021 liegt der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen an allen FuE-treibenden Unternehmen insgesamt bei 85,9 Prozent. Abbildung 5 zeigt, dass die Verteilung von KMU in den Kernbranchen durchaus heterogen ist. Während in der Automobilbranche nur die Hälfte aller Unternehmen KMU sind, machen sie in der Informations- und Kommunikationstechnologie mit 94,7 Prozent den Großteil aller Unternehmen aus; im verarbeitenden Gewerbe liegt der Anteil der KMU insgesamt bei 81,2 Prozent. Der Anteil von KMU an allen Unternehmen ist jedoch stets deutlich größer als der Anteil der FuE-Aufwendungen, der von diesen Unternehmen zu den gesamten FuE-Aufwendungen beigesteuert wird (etwa 10 Prozent). Diese Dominanz von großen Unternehmen bei den FuE-Aufwendungen ist ein weiteres spezifisches Merkmal des deutschen Innovationssystems und unterscheidet sich von anderen Ländern in Europa. In den meisten anderen europäischen Ländern werden nur etwa 50 bis 70 Prozent der FuE-Aufwendungen durch Großunternehmen aufgebracht. Spanien und Norwegen sind Beispiele, wo der Anteil von KMU und Großunternehmen an den FuE-Aufwendungen sogar in etwa ausgeglichen ist (Kladroba et al., 2022; OECD, 2022).

Die Bedeutung von großen Unternehmen für die FuE-Aufwendungen wird auch deutlich, wenn man betrachtet, wie hoch die Aufwendungen der forschungsstärksten Unternehmen in Deutschland

sind. Die zehn forschungsstärksten Unternehmen tragen mit rund 31 Prozent knapp ein Drittel der FuE-Aufwendungen des Wirtschaftssektors und es entfallen zwei Drittel (rund 65 Prozent) der FuE-Aufwendungen auf die 100 forschungsstärksten Unternehmen. Auch international zeigt sich ein ähnliches Bild, denn auf die 2.500 in FuE führenden Unternehmen entfällt ein Großteil der weltweiten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft (Grasano et al., 2022).

Die genauere Betrachtung der einzelnen Branchen stärkt diesen Eindruck: Die 20 FuE-stärksten Unternehmen in der Automobilbranche sind für etwa 90 Prozent der internen FuE-Aufwendungen innerhalb dieser Branche verantwortlich. Auch die anderen genannten FuE-Schwerpunktbranchen sind durch eine starke Konzentration der FuE-Tätigkeit auf einen verhältnismäßig kleinen Anteil aller Unternehmen der jeweiligen Branche geprägt. Obwohl in allen Kernbranchen grundsätzlich ein relativ kleiner Anteil der Unternehmen den Großteil der FuE-Aufwendungen trägt, unterscheiden sie sich dennoch auffällig in der absoluten Anzahl der Unternehmen, denen die FuE-Aufwendungen entstammen. Während 90 Prozent der internen Aufwendungen in der Automobil- und Chemiebranche von weniger als 50 Unternehmen getragen werden, sind es im Maschinenbau knapp 400 Unternehmen. Der Grund dafür kann unter anderem in den verschiedenen Produktionsregimes der Branchen liegen. Da die Automobilbranche besonders kapital- und arbeitsintensiv ist, zeichnet sie sich häufig durch großunternehmerische Strukturen

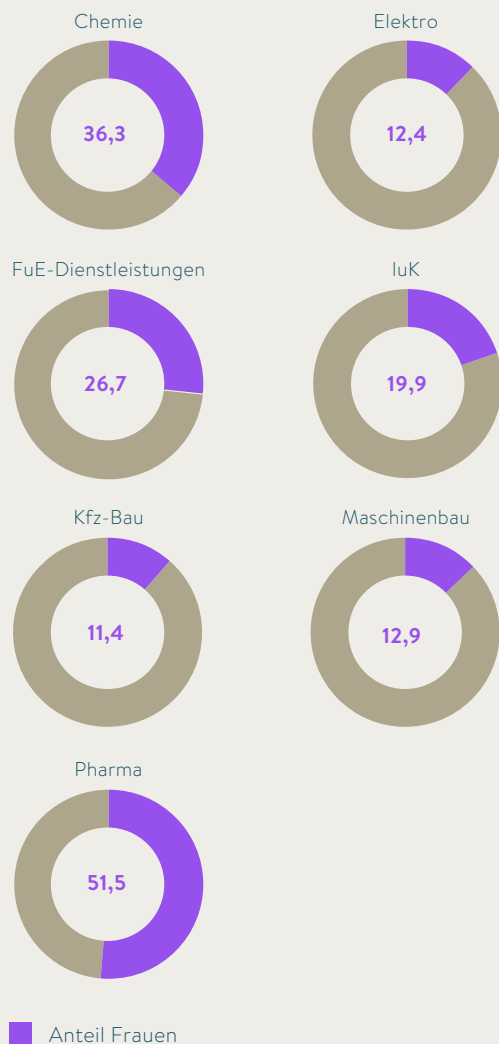


Abb. 6
Frauenanteil am FuE-Personal nach Kernbranchen

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

aus und es gibt tendenziell wenige, aber dafür sehr große Unternehmen. Dagegen sind die Unternehmen im Maschinenbau deutlich kleiner als in der Automobilbranche und die absolute Zahl der Unternehmen ist sehr hoch.

Um die Rolle von KMU in FuE zu beleuchten, kann außerdem der Anteil des FuE-Personals am Gesamtpersonal betrachtet werden⁹. Hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Unternehmen zu erkennen. Im Durchschnitt aller FuE-treibenden Unternehmen beträgt der Anteil des FuE-Personals am gesamten Personal circa 24 Prozent. Einen besonders hohen Anteil an FuE-Personal weisen kleine Unternehmen auf. So liegt der durchschnittliche Anteil in Unternehmen mit bis zu 249 Beschäftigten bei etwa einem Viertel. Blickt man auf Unternehmen mit unter 20 Beschäftigten, steigt dieser Wert auf über 40 Prozent an.

Dass die KMU trotz dieser vergleichsweise hohen Dichte an FuE-Personal nur geringfügig zu den gesamten internen FuE-Aufwendungen beitragen, kann unter anderem dadurch erklärt werden, dass von allen KMU in Deutschland nur ein sehr kleiner Anteil Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten durchführt (Rammer et al., 2016) und die Aufwendungen jeweils deutlich geringer sind als die von Großunternehmen.

Wie ist die Personalstruktur in forschenden Unternehmen?

Bezüglich der Personalstruktur im Bereich FuE hat sich im Vergleich zu den Vorjahren relativ wenig verändert. So liegt der Frauenanteil seit zehn Jahren konstant bei etwa 19 Prozent. Die Frage „Wer forscht denn da?“ lässt sich je nach Branche aber durchaus unterschiedlich beantworten (vgl. Abbildung 6). Während es in der Pharmabranche mit einem Frauenanteil von 52 Prozent eine gleichmäßige Aufteilung der Geschlechter gibt und auch in der Chemie ein Drittel des Forschungspersonals weiblich ist, weisen die übrigen Branchen nur einen geringen Frauenanteil auf. In den Branchen Elektro, Maschinenbau und Kfz liegt der Frauenanteil beim Personal jeweils bei rund 12 Prozent. Da es bereits im Studium der MINT-Fächer einen deutlich höheren Frauenanteil in den Fächern Chemie, Pharmazie und Biologie gibt als beispielsweise in den Fächern Maschinenbau oder Elektrotechnik (Statistisches Bundesamt, 2022), ist es wenig überraschend, dass sich diese Verteilung im weiteren beruflichen Verlauf nur wenig verändert.

Der Anteil an wissenschaftlichem Personal¹⁰ liegt über alle Branchen hinweg bei knapp 58 Prozent und hat sich im Vergleich zu den Vorjahren kaum verändert. Das technische Personal macht etwa 30 Prozent der in FuE Beschäftigten aus und rund 12 Prozent sind dem sonstigen Personal zuzurechnen. Während der Frauenanteil beim technischen Personal bei 22 Prozent und beim sonstigen Personal bei 29 Prozent liegt, ist er mit nur 15 Prozent beim wissenschaftlichen Personal vergleichsweise gering. Da im europäischen Durchschnitt der Frauenanteil am wissenschaftlichen Personal bei mehr als 20 Prozent liegt (Eurostat, 2023b), weist Deutschland damit in Europa einen der geringsten Frauenanteile am wissenschaftlichen Personal auf.

Ein Blick in die Branchenverteilung des FuE-Personals lässt branchenspezifische Unterschiede hinsichtlich der für FuE notwendigen Ressourcen oder der Vergütungsstrukturen vermuten. Beispielsweise sind knapp 29 Prozent des insgesamt für 2021 erfassten FuE-Personals in der Kfz-Branche beschäftigt, die internen FuE-Aufwendungen dieser Branchen machen aber 34 Prozent der gesamten internen Aufwendungen aus. Während die Pharmabranche ein ähnliches Muster aufweist (rund 5 Prozent des FuE-Personals versus 7 Prozent der gesamten Aufwendungen), zeigt sich für die Unternehmen im Bereich FuE-Dienstleistungen ein umgekehrtes Verhältnis. Diese beschäftigen 12 Prozent des gesamten FuE-Personals, während ihre internen FuE-Aufwendungen nur etwa 8 Prozent der gesamten Aufwendungen ausmachen. Für die Pharmabranche sind diese Abweichungen

beispielsweise dadurch zu erklären, dass die dort stattfindende FuE typischerweise besonders kapitalintensiv ist und ein hoher Anteil der Aufwendungen in Sachmittel fließt; gleichzeitig werden in dieser Spitzentechnologiebranche überdurchschnittlich hohe Gehälter ausgezahlt (Institut der deutschen Wirtschaft, 2013).

Weiterhin unterscheiden sich die Branchen bezüglich des Anteils von FuE-Personal am Gesamtpersonal. Im Durchschnitt sind rund 40 Prozent aller Beschäftigten eines FuE-Dienstleisters Beschäftigte aus der FuE-Abteilung. Mit einem vergleichbar hohen Mittelwert von 36 Prozent folgt die IuK-Branche. Auch in der Pharma- und in der Elektrobranche ist der Anteil des FuE-Personals am gesamten Personal durchschnittlich sehr hoch. In den Branchen Kfz, Maschinenbau und Chemie liegt dieser Anteil mit Durchschnittswerten von weniger als 20 Prozent deutlich darunter.

85,9 %

aller FuE-treibenden Unternehmen sind KMU

Welche Konzern- beziehungsweise Finanzierungsstruktur haben die Unternehmen?

Mehr als ein Fünftel aller im Jahr 2021 FuE-aktiven Unternehmen gehören einem Konzern oder einer Unternehmensgruppe an und mehr als 80 Prozent der für 2021 erfassten internen FuE-Aufwendungen entfallen auf Unternehmen aus solchen Verbänden. Zwischen den Branchen variiert der Anteil an Unternehmen, die sich in einer Unternehmensgruppe befinden. Besonders hoch ist der Anteil in den Bereichen Kfz-Bau und Pharma – hier gehört in etwa jedes zweite Unternehmen einer Unternehmensgruppe an. Für die Chemiebranche trifft dies für etwa jedes dritte Unternehmen, für die Bereiche Elektro und Maschinenbau für jedes vierte Unternehmen zu. In den Bereichen IuK sowie bei den FuE-Dienstleistungen liegt der Anteil der Unternehmen, die zu einem Konzern oder einer Unternehmensgruppe gehören, bei weniger als 20 Prozent. Der Verbund in einer Unternehmensgruppe geht oftmals über die nationalen Grenzen hinaus. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, liegt der globale Konzernsitz der in Deutschland FuE-treibenden Unternehmen in den meisten Fällen auch in Deutschland. Für etwa jedes achte Unternehmen befindet dieser sich im Ausland. Für knapp 5 Prozent der Unternehmen liegt der globale Konzernsitz innerhalb der EU und für weitere rund 3 Prozent im restlichen Europa.

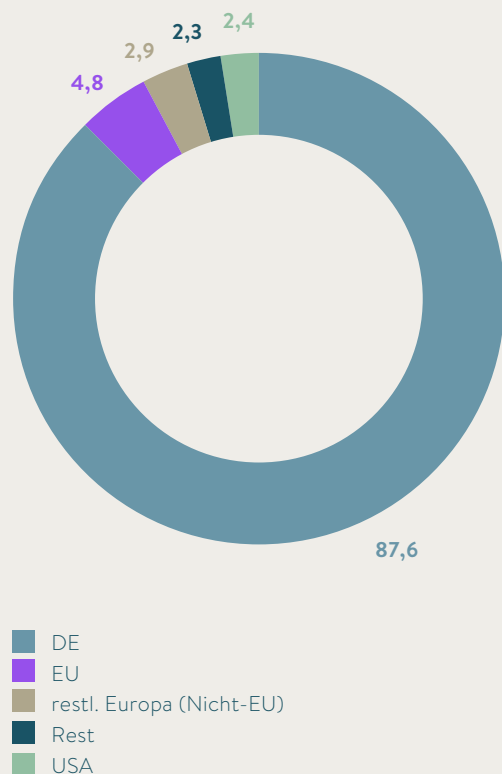


Abb. 7
Anteil der Unternehmen mit globalem Konzernsitz in den abgebildeten Regionen 2021

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Unternehmen aus den Bereichen IuK und FuE-Dienstleistungen sind am seltensten durch einen ausländischen Konzernsitz vertreten (weniger als 10 Prozent der Unternehmen), während in der Automobil- und der Pharmabranche knapp 30 Prozent der Unternehmen einer Unternehmensgruppe mit Konzernsitz im Ausland angehören. Deutsche Unternehmen mit ausländischem Konzernsitz haben 2021 rund 21 Prozent der internen FuE-Aufwendungen erbracht. Mit Blick auf die FuE-Schwerpunktbranchen variiert der entsprechende Anteil zwischen knapp 37 Prozent in der Pharma- und rund 10 Prozent in der Chemiebranche. Während die Konzernstrukturen keine direkten Aussagen zu Finanzierungsströmen zulassen, werden diese über Angaben der forschenden Unternehmen zur individuellen Mittelherkunft möglich. Von den gesamten in Deutschland angefallenen internen FuE-Aufwendungen wurden rund 8 Prozent durch das Ausland finanziert. Der Blick in die FuE-Kernbranchen ergibt erneut ein heterogenes Bild. Die Pharmabranche sticht mit dem höchsten Anteil an Auslandsfinanzierung hervor. Mit rund 19 Prozent ist dieser für den Pharmabereich doppelt so hoch wie der Anteil für das Gesamttaggregat. Verhältnismäßig gering ist der Anteil der Auslandsfinanzierung interner FuE für die Branchen Maschinenbau, Chemie und IuK. Insgesamt zeigt sich: Die überwiegende Mehrheit (mehr als 90 Prozent) der Unternehmen finanziert weniger als 5 Prozent ihrer Aufwendungen durch Mittel des Auslands.

—
03
—

FuE IN DER PANDEMIE UND BLICK IN ZENTRALE BRANCHEN



Von Svenja Elsner und Nadine Saxler

- 2021 bringt Erholung nach starkem Einbruch der internen FuE-Aufwendungen im ersten Pandemiejahr
- Treiber der Gesamtentwicklung sind große, FuE-starke Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes
- Hinter der Gesamtentwicklung steht ein heterogenes Bild: Die Unternehmen wurden sehr unterschiedlich durch die Pandemie beeinflusst
- COVID-Schwerpunktfragen zeigen: Ein Großteil der Unternehmen ist verhältnismäßig gut durch die Krise gekommen, teilweise hatte die Pandemie sogar neuen Aufwind für FuE-Projekte zur Folge

Die COVID-19-Pandemie ging mit massiven Einschränkungen für das gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben einher. Wie haben sich die deutschen FuE-Aktivitäten vor dem Hintergrund der Krise entwickelt? Und wie blicken die FuE-treibenden Unternehmen dreieinhalb Jahre nach Ausbruch der Pandemie in die Zukunft? Diese Fragen sind Gegenstand dieses Kapitels. Besonderer Fokus liegt dabei auf den für den Forschungsstandort Deutschland besonders relevanten Kernbranchen Kfz-Bau, Maschinenbau, Elektro, Chemie, Pharma und FuE-Dienstleistungen¹¹.

Wie in Kapitel 1 aufgezeigt, hatte der Ausbruch der COVID-19-Pandemie einen starken Einbruch der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten des deutschen Wirtschaftssektors zur Folge. Nachdem die internen FuE-Aufwendungen in den letzten 20 Jahren nur im Zuge der Finanzkrise 2009 und nochmals 2013 zurückgingen – jeweils in Höhe von weniger als 2 Prozent – sanken diese im Jahr 2020 um 6,3 Prozent. Der Anstieg um rund 7 Prozent im Jahr 2021 konnte das Vorkrisenniveau noch nicht wieder einholen. Gleichzeitig ging die Höhe des in FuE beschäftigten Personals 2020 nur leicht zurück und stieg 2021 wieder über das Vorkrisenniveau; bei den Aufwendungen für externe Forschungsaufträge kam es 2020 zu einem marginalen und 2021 zu einem starken Anstieg.

Die Lage in Deutschland 2020 war eine besondere. Im internationalen Vergleich war nur für wenige weitere Länder ein Rückgang der FuE-Aufwendungen zu konstatieren (Eurostat, 2023a). Dieser fiel für Frankreich und Österreich schwächer und für Italien und Luxemburg mit bis zu -12 Prozent stärker aus. Absolut gesehen hatte Deutschland jedoch mit Abstand den höchsten Einbruch und war damit auch ein Treiber der negativen Entwicklung von -2 Prozent auf aggregierter Ebene für die Europäische Union (EU). Trotz der Krise konnten einige Länder ihre FuE-Aufwendungen in etwa konstant halten (Spanien, Slowenien) oder sogar steigern (Niederlande, Finnland). Insgesamt gab es im Vergleich mehr OECD-Länder, in denen die FuE-Aufwendungen 2020 gestiegen sind, als solche, deren Aufwendungen rückläufig waren. Im Jahr 2021 wies die EU eine Wachstumsrate von 6 Prozent auf, auch die deutschen Aufwendungen stiegen wieder an und haben beinahe das Niveau des Jahres 2019 erreicht. Die geplanten FuE-Aufwendungen der Unternehmen lassen zudem darauf hoffen, dass dieser positive Trend anhalten wird.

FuE-Aufwendungen nehmen 2021 wieder Fahrt auf

In Kapitel 1 sind die heterogenen Entwicklungen der verschiedenen Wirtschaftsbereiche bereits deutlich geworden (vgl. Abbildung 3 aus Kapitel 1). Demnach war im ersten Jahr der Pandemie 2020 eine prägnante negative Entwicklung der internen FuE-Aufwendungen insbesondere für das verarbeitende Gewerbe (-7,8 Prozent) zu erkennen, welche wiederum maßgeblich durch den Einbruch im Kfz-Bau (-13,6 Prozent) getrieben wurde. Aber auch für die meisten anderen FuE-Schwerpunktbranchen waren die internen FuE-Aufwendungen 2020 rückläufig.

Das Ausmaß des Rückgangs variierte dabei zwischen deutlichen (beispielsweise Maschinenbau), moderaten (Pharma, Chemie) und nur schwachen (beispielsweise FuE-Dienstleistungen und Elektro) negativen Änderungsraten. Da der ausbleibende Anstieg 2020 für die Pharmabranche in Hinblick auf die Rolle deutscher Unternehmen bei der Impfstoffentwicklung gegen COVID-19 verblüffend erscheinen mag, ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass impfstoffforschende Unternehmen anhand der zugrundeliegenden Wirtschaftsklassifikation der Biotechnologieforschung zugeordnet sind, welche wiederum Teil der Kernbranche FuE-Dienstleistungen ist (vgl. auch Kapitel 1).

Mit einem Zuwachs der internen FuE-Aufwendungen um 5,2 Prozent entwickelte sich die IuK-Branche, die von der durch die Pandemie ausgelösten neuen

Dynamik in der Digitalisierung profitierte (Bundesverband IT-Mittelstand e. V., 2022), hingegen besonders positiv. Zwar ist 2021 für alle Schwerpunktbranchen von einer Erholung in den internen FuE-Aufwendungen geprägt, jedoch erreichen nicht alle ihr Vorkrisenniveau – für den Kfz-Bau und den Maschinenbau verbleibt Aufholbedarf. Gleichzeitig stiegen die Aufwendungen für externe Forschungsaufträge 2021 für alle Kernbranchen stark bis massiv (insbesondere Chemie und FuE-Dienstleistungen).¹²

Für die meisten Kernbranchen wurde der Rückgang der internen FuE-Aufwendungen im ersten Pandemiejahr von einer Senkung des FuE-Personals begleitet. Diese fiel jedoch schwächer aus als für die internen FuE-Aufwendungen (mit Ausnahme der FuE-Dienstleistungen). Besonders deutlich zeigt sich das für die Branchen Kfz-Bau und Maschinenbau. Die Einbrüche der internen FuE-Aufwendungen liegen hier zwar bei -13,6 Prozent, beziehungsweise -6,9 Prozent, die Entwicklungen im FuE-Personal belaufen sich jedoch nur auf -3,7 Prozent beziehungsweise -2,7 Prozent. Während 2021 die internen FuE-Aufwendungen aller Kernbranchen wieder angewachsen sind, variiert die Entwicklung des FuE-Personals zwischen moderaten (Kfz-Bau, Elektro, FuE-Dienstleistungen), verhältnismäßig hohen (Pharma, IuK) und tendenziell negativen (Chemie, Maschinenbau) Änderungsraten. Insgesamt zeigt sich für das FuE-Personal im Vergleich zu den Aufwendungen eine deutlich weniger dynamische Entwicklung. Dies kann unter anderem darin begründet sein, dass Personalabbau in

Deutschland typischerweise nicht schnell durchsetzbar ist, oder auch darin, dass sich Unternehmen bemühen, in Zeiten des Fachkräftemangels Personal trotz Krise möglichst zu halten (Gleiser et al., 2022).

FuE-Aktivitäten vieler Unternehmen von der Pandemie nicht betroffen

Um ein genaueres Bild zum Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die FuE-Aktivitäten der Unternehmen zeichnen zu können, werden im Folgenden die Rückmeldungen hinsichtlich pandemiebedingter Änderungen von FuE-Budget, -Personaleinsatz und -Projektplanung ausgewertet. Die Menge der antwortenden Unternehmen steht für mehr als 20 Prozent aller als FuE-aktiv identifizierten Unternehmen und knapp 40 Prozent der internen FuE-Aufwendungen im Jahr 2021. Die große Mehrheit der Rückmeldungen stammt von kleinen Unternehmen mit internen FuE-Aufwendungen unterhalb von 5 Millionen, deren Angaben somit stark ins Gewicht fallen¹³.

Trotz des historisch starken Einbruchs der internen FuE-Aufwendungen geben jeweils mehr als zwei Drittel der antwortenden Unternehmen an, im FuE-Budget beziehungsweise in der Planung des FuE-Personals keine pandemiebedingten Änderungen vorgenommen zu haben (vgl. Abbildung 8). Bei etwa 60 Prozent der antwortenden Unternehmen blieben beide Größen unbeeinflusst. Weiterhin geben etwa 8 beziehungsweise 12 Prozent der Unternehmen an, dass sie ihr FuE-Budget

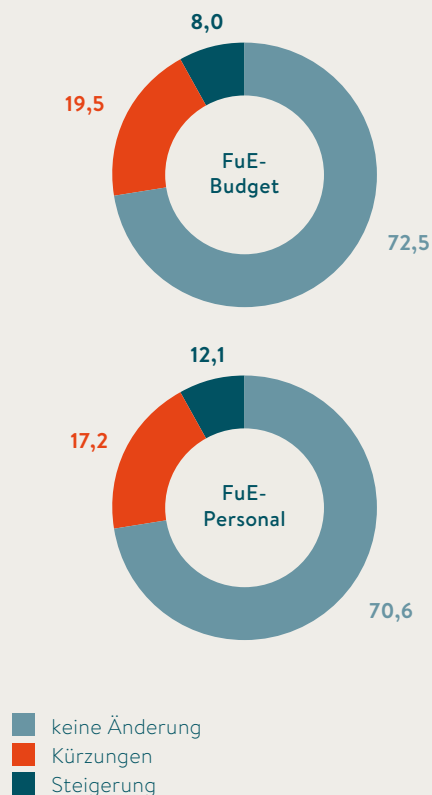


Abb. 8
Pandemiebedingte Änderungen im FuE-Budget und im geplanten FuE-Personal

In Prozent

Die Auswertung basiert auf 4.426 Rückmeldungen zur Frage nach pandemiebedingten FuE-Budget-Änderungen beziehungsweise 4.446 Rückmeldungen zu pandemiebedingten Änderungen in der FuE-Personalplanung im Rahmen der FuE-Erhebung für das Berichtsjahr 2021.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

beziehungsweise ihr geplantes FuE-Personal vor dem Hintergrund der Pandemie sogar steigern konnten.

Die Mehrheit der antwortenden Unternehmen ist also hinsichtlich ihrer FuE-Aktivitäten eher gut durch die Krise gekommen. Dies ist grundsätzlich im Einklang mit den für 2020 erfassten FuE-Daten: Für etwa 60 Prozent der Unternehmen liegt demnach eine Steigerung oder ein gleichbleibendes Niveau ihrer FuE-Aufwendungen gegenüber 2019 vor¹⁴. Warum in Summe dennoch ein so außergewöhnlicher Einbruch zustande kommt, wird deutlich, wenn man die Verteilung der FuE-Aufwendungen auf die einzelnen Unternehmen genauer betrachtet. Diese ist für den Forschungsstandort Deutschland extrem konzentriert: Von dem 1 Prozent der FuE-stärksten Unternehmen stammen mehr als 70 Prozent der gesamten internen FuE-Aufwendungen¹⁵. Im ersten Pandemiejahr waren es vermehrt große, FuE-starke Unternehmen, die teils besonders heftige Einbrüche in ihren Aufwendungen aufwiesen: Die zehn Unternehmen mit den stärksten Rückgängen entsprechen in Summe beinahe dem aggregierten Netto-Rückgang. Grundsätzlich kam es aber sowohl für kleine und mittlere als auch für große Unternehmen zu Rückgängen der aggregierten internen FuE-Aufwendungen und der Höhe des FuE-Personals (SV Wissenschaftsstatistik, 2023). Mit Blick auf die COVID-Vertiefungsfragen melden mehr kleine und mittlere Unternehmen einen Rückgang im FuE-Budget oder -Personal (20 beziehungsweise 18 Prozent aller rückmeldenden KMU) als größere

Unternehmen (15 beziehungsweise 13 Prozent). Dass bei den KMU im Schnitt verhältnismäßig viele Unternehmen negativ betroffen sind, steht im Einklang mit der Erkenntnis, dass kleinere Unternehmen in Krisen tendenziell größere Probleme haben, ihre Finanzierung aufrechtzuerhalten (Bellitz et al., 2020).

Im Allgemeinen können Krisen sich nicht nur negativ auf die FuE-Aktivitäten auswirken, sondern auch positive Resultate hervorbringen (Schmitt et al., 2021). Anhand der Rückmeldungen zu den COVID-Vertiefungsfragen lässt sich erkennen, dass die Krise für einige Unternehmen die Grundlage neuer Forschungsprojekte war. Insgesamt berichten etwa 14 Prozent der antwortenden Unternehmen, dass sie neue Forschungsprojekte vor dem Hintergrund der Pandemie eingeleitet haben. Der Anteil an Unternehmen mit neuen Projekten ist besonders hoch für große Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten (circa 19 Prozent) und für sehr FuE-starke Unternehmen mit internen FuE-Aufwendungen in Höhe von 100 Millionen Euro und mehr (mehr als 45 Prozent).

Der Anteil der Unternehmen, die von pandemiebedingten FuE-Budgetänderungen berichten, variiert innerhalb der FuE-Schwerpunktbranchen zwischen knapp 20 Prozent in der Chemie-Branche und mehr als 30 Prozent im Kfz-Bau (vgl. Abbildung 9). Über alle Schwerpunktbranchen hinweg wird also von mindestens zwei Dritteln der antwortenden Unternehmen berichtet, dass es durch die Pandemie keinen Einfluss auf das FuE-Budget

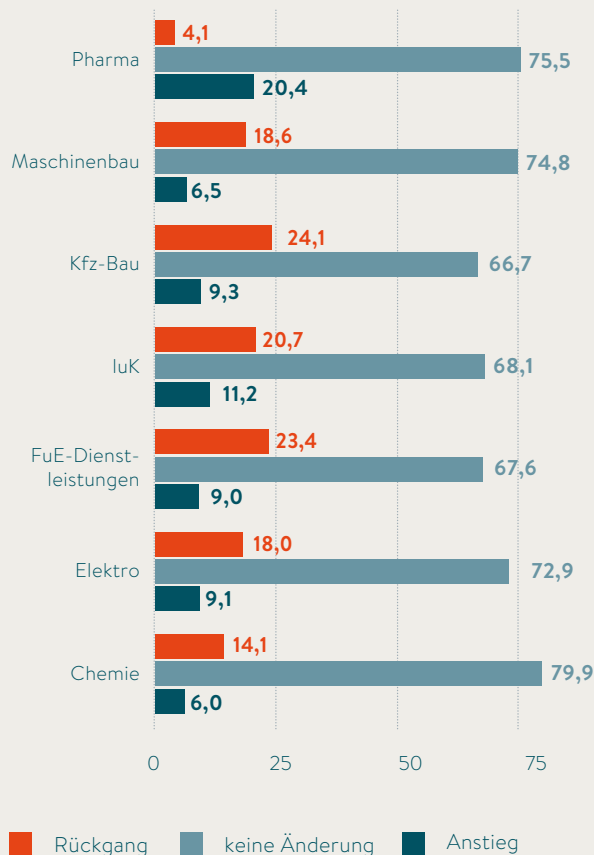


Abb. 9
Pandemiebedingte Änderungen im FuE-Budget nach Branchen

In Prozent

Zugrunde liegen die Rückmeldungen von 3.105 Unternehmen, die 2021 FuE-aktiv waren und den aufgeführten FuE-Kernbranchen zugeordnet sind. Rundungsabweichungen möglich.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

gegeben hat. Von den Unternehmen, die von einer Änderung berichten, überwiegt allerdings für beinahe alle Schwerpunktbranchen der Anteil der Unternehmen mit negativen FuE-Budgetauswirkungen. Kfz-Unternehmen geben mit einem Anteil von ungefähr 24 Prozent besonders häufig pandemiebedingte Budgetsenkungen an. Aber auch aus den Branchen Maschinenbau, IuK, FuE-Dienstleistungen und Elektro berichtet in etwa jedes fünfte antwortende Unternehmen über einen Rückgang des Budgets. Im markanten Gegensatz dazu steht die Pharmabranche. Hier berichten nur 4,1 Prozent von einem Rückgang im Budget, während 20,4 Prozent einen pandemiebedingten Budgetanstieg angeben.

Ein ähnliches Bild ergibt sich in Bezug auf die Planung des FuE-Personals (vgl. Abbildung 10). Je nach Branche geben hier 14,3 (Pharma) bis 32,8 (IuK) Prozent an, wegen der COVID-19-Pandemie eine Änderung in der Planung vorgenommen zu haben.

Von den Unternehmen, die von einer Änderung berichten, ist auch hier in den meisten Fällen der Anteil der Rückgänge höher als jener der Zunahmen. Wieder fällt der Pharmabereich durch ein abweichendes Antwortmuster auf: Auch in Bezug auf das Budget scheint die Pandemie hier in mehr Fällen positive als negative Auswirkungen auf die Personalplanung für die antwortenden Unternehmen gehabt zu haben. Aus allen genannten Branchen berichten mehr als 10 Prozent von neuen Forschungsprojekten, die vor dem Hintergrund

der Pandemie gestartet wurden (vgl. Abbildung 11). Deutlicher Ausreißer ist hier erneut die Pharmabranche. Hier bestätigen knapp 43 Prozent den Anlauf neuer Projekte. Mit deutlichem Abstand folgt der Kfz-Bau. Aber immerhin 18,5 Prozent der antwortenden Unternehmen haben im Zusammenhang mit der Pandemie neue Forschungsprojekte begonnen.

Die Pharmabranche ist hinsichtlich aller drei pandemiebezogenen Items deutlich als Branche mit dem höchsten Anteil an positiven Änderungen aufgefallen. Vor diesem Hintergrund erscheint es überraschend, dass es 2020 zu einem Rückgang der internen FuE-Aufwendungen kam und insgesamt zwischen 2019 und 2021 zu eher moderatem Wachstum der aggregierten Aufwendungen. Tatsächlich wurde 2020 für mehr Pharmaunternehmen ein Anstieg oder ein gleichbleibendes Niveau der internen FuE-Aufwendungen erfasst als ein Rückgang. Dass die Rückgänge in Summe mehr ins Gewicht fallen, ist erneut auf wenige sehr FuE-starke Unternehmen zurückzuführen, die absolut gesehen besonders starke Rückgänge verzeichneten.

Die internen FuE-Aufwendungen der Kfz-Branche sind 2020 besonders stark eingebrochen. In Bezug auf die pandemiebezogenen Änderungen von FuE-Budget, -Personal oder -Projekten scheint diese Branche aber im Schnitt nicht massiv stärker betroffen zu sein. Dies ist jedoch kein Widerspruch, sondern vielmehr ein Ergebnis der sehr konzentrierten FuE-Landschaft, insbesondere innerhalb der Automobilbranche. Da die 20 FuE-stärksten

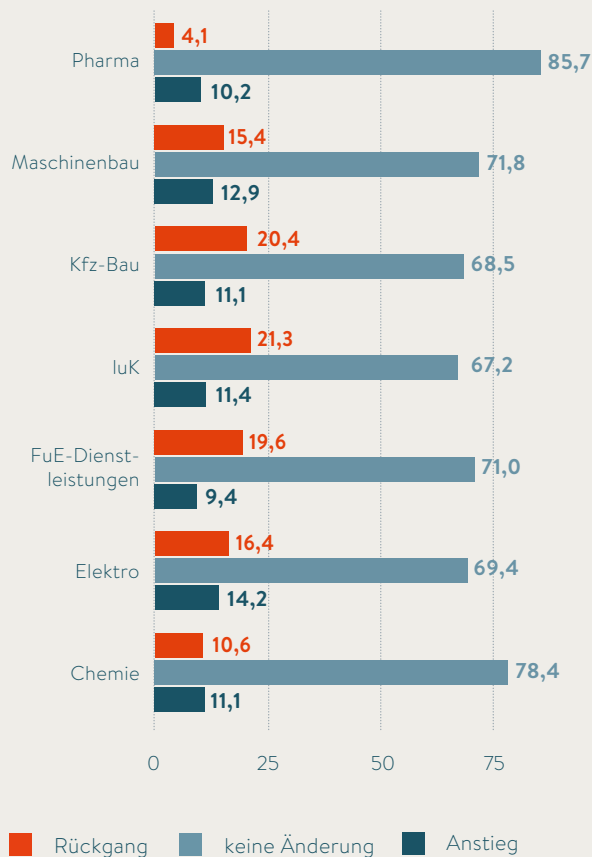


Abb. 10
Pandemiebedingte Änderungen im FuE-Personal nach Branchen

In Prozent

Auswertung basiert auf Rückmeldungen von 3.115 Unternehmen, die 2021 FuE-aktiv waren und den aufgeführten FuE-Kernbranchen zugeordnet sind. Rundungsabweichungen möglich.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Unternehmen etwa 90 Prozent der internen FuE-Aufwendungen innerhalb der Branche erzielen (vgl. Kapitel 2), hängt die Entwicklung der Branche maßgeblich von wenigen großen, sehr forschungsstarken Unternehmen ab. Tatsächlich sind innerhalb der Automobilbranche Rückmeldungen über pandemiebedingte Budget- oder Personalanstiege nur Unternehmen mit weniger als 5 Millionen Euro internen FuE-Aufwendungen zuzuordnen, während Rückmeldungen über negative Entwicklungen auch von Unternehmen mit deutlich höheren FuE-Aufwendungen stammen.

Angesichts der positiven Entwicklung der IuK-Branche in den ersten beiden Pandemie Jahren ist es auffällig, dass jeweils gut jedes fünfte antwortende Unternehmen dieser Branche einen pandemiebedingten Rückgang des FuE-Budgets beziehungsweise des für FuE eingeplanten Personals angibt. Auch hier liegt die Erklärung in der Struktur der antwortenden Unternehmen. Zwar gibt eine relevante Anzahl an Unternehmen pandemiebedingte Budget- und Personalsenkungen an, jedoch handelt es sich dabei überwiegend um kleine Unternehmen mit internen FuE-Aufwendungen unter 5 Millionen Euro. Diese konnten im Aggregat durch Zugewinne der anderen Unternehmen mehr als ausgeglichen werden.

In der Zukunft erwarten die Unternehmen mehr Licht als Schatten

Welche Entwicklung erwarten die Unternehmen dreieinhalb Jahre nach Ausbruch der COVID-19-Pandemie in Bezug auf ihre FuE-Aktivitäten? Um das herauszufinden, wurde wie auch in vorangegangenen Jahren danach gefragt, wie viel die Unternehmen entsprechend der Budgetplanung in den zwei Folgejahren für FuE aufwenden werden. Dabei beziehen sich die Budgetplanzahlen auf die gesamten FuE-Aufwendungen – inklusive externer Aufträge an Dritte. Ergänzend kam ab der Erhebung für das Berichtsjahr 2021 die Frage zur FuE-Personalplanung hinzu. Insgesamt gingen zu den jeweiligen Fragen zwischen April und August 2022 mehr als 4.500 Antworten ein, anhand derer sich ein grobes Bild über die Stimmung der Unternehmen zeichnen lässt¹⁶. Während des Befragungszeitraums gab es zwar nach wie vor hohe Infektionszahlen, ein Großteil der Bevölkerung war jedoch mittlerweile geimpft und der Umfang von einschränkenden Politikmaßnahmen war geringer (Mathieu et al., 2020). Inmitten dieser Entwicklung scheinen die Unternehmen weiterhin im Hinblick auf FuE verhalten optimistisch in die Zukunft zu blicken – ein ähnliches Ergebnis hat die Auswertung der letzten Erhebung ergeben (SV Wissenschaftsstatistik, 2022).

Mit Blick auf das Budget erwartet fast die Hälfte der Unternehmen einen Anstieg, 15 Prozent gehen von einem gleichbleibenden Niveau aus und



Abb. 11
Neue Projekte vor dem Hintergrund der
Pandemie nach Branchen

In Prozent

Auswertung basiert auf Rückmeldungen von 3.110 Unternehmen, die 2021 FuE-aktiv waren und den aufgeführten FuE-Kernbranchen zugeordnet sind.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

38 Prozent erwarten einen Rückgang. Für das FuE-Personal geht mit 46 Prozent ebenfalls fast die Hälfte der Unternehmen von einer Erhöhung aus, 34 Prozent erwarten keine Änderung und nur 20 Prozent planen einen Rückgang. Betrachtet man nur die Unternehmen, die auf beide Fragen geantwortet haben, so wird deutlich, dass die Planung für Budget und Personal nicht zwingend in die gleiche Richtung geht. Beispielsweise geht zwar mehr als die Hälfte der Unternehmen, die eine Budgeterhöhung plant, auch von einem Personal-Anstieg aus, aber gleichzeitig erwarten mehr als 60 Prozent der Unternehmen, die einen Rückgang im FuE-Budget planen, ein gleichbleibendes oder steigendes FuE-Personal. Das geringere Ausmaß von Personalanpassungen im Vergleich zu Budgetanpassungen ist stimmig mit der zuvor beschriebenen Entwicklung der Kernindikatoren sowie mit den aufgezeigten Zukunftseinschätzungen der Unternehmen.

Kleine und mittlere Unternehmen scheinen im Schnitt eine deutlich weniger positive Entwicklung im FuE-Budget zu erwarten: Zwar gehen insgesamt rund 46 Prozent von einem Anstieg im Budget aus – für Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten sind es jedoch mehr als 60 Prozent. Von den antwortenden KMU rechnen knapp 40 Prozent mit einem Rückgang des FuE-Budgets, bei den großen Unternehmen sind es circa 25 Prozent. Angesichts der weiterhin unsicheren ökonomischen Rahmenbedingungen kann dies darauf hindeuten, dass KMU tendenziell eher von negativen Kriseneffekten betroffen sind (Belitz et al.,

2020). Sie verfügen nicht in dem Maße wie Großunternehmen über Rücklagen, um Krisenzeiten mit gleichbleibendem FuE-Engagement zu begegnen. Auf der anderen Seite ist dieser größenbezogene Unterschied auch für die Ergebnisse der Erhebung für das Berichtsjahr 2019 zu sehen, wenn auch in abgeschwächter Form. Also sind alternative Erklärungen ebenso denkbar, etwa die Tatsache, dass der Anteil gelegentlich forschender Unternehmen unter den KMU deutlich höher ist als in der Gruppe der Großunternehmen (Leibniz-Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung [ZEW], 2023). Deutschland weist auch im internationalen Vergleich hinsichtlich der regelmäßigen Beteiligung von KMU an FuE keine Spitzenwerte auf (Schasse et al., 2020).

Für die meisten FuE-Kernbranchen wirkt das Bild für die nahe Zukunft relativ durchmisch (vgl. Abbildung 12). Zwar erwartet in den meisten Branchen jeweils mindestens die Hälfte einen Anstieg im Budget, jedoch liegt der Anteil der Unternehmen, die mit Rückgängen rechnen, in den meisten Fällen über einem Drittel – teils deutlich. Auffällig ist das Antwortmuster für Unternehmen der FuE-Dienstleistungen. Hier erwartet mit etwa 43 Prozent ein deutlich geringerer Anteil der antwortenden Unternehmen einen Anstieg und mit etwa 42 Prozent einen Rückgang. Besonders optimistisch scheinen im Schnitt die Unternehmen der Chemie-Branche zu sein. Hier rechnen circa 58 Prozent mit einem Anstieg im Budget, etwa 28 Prozent erwarten Senkungen.

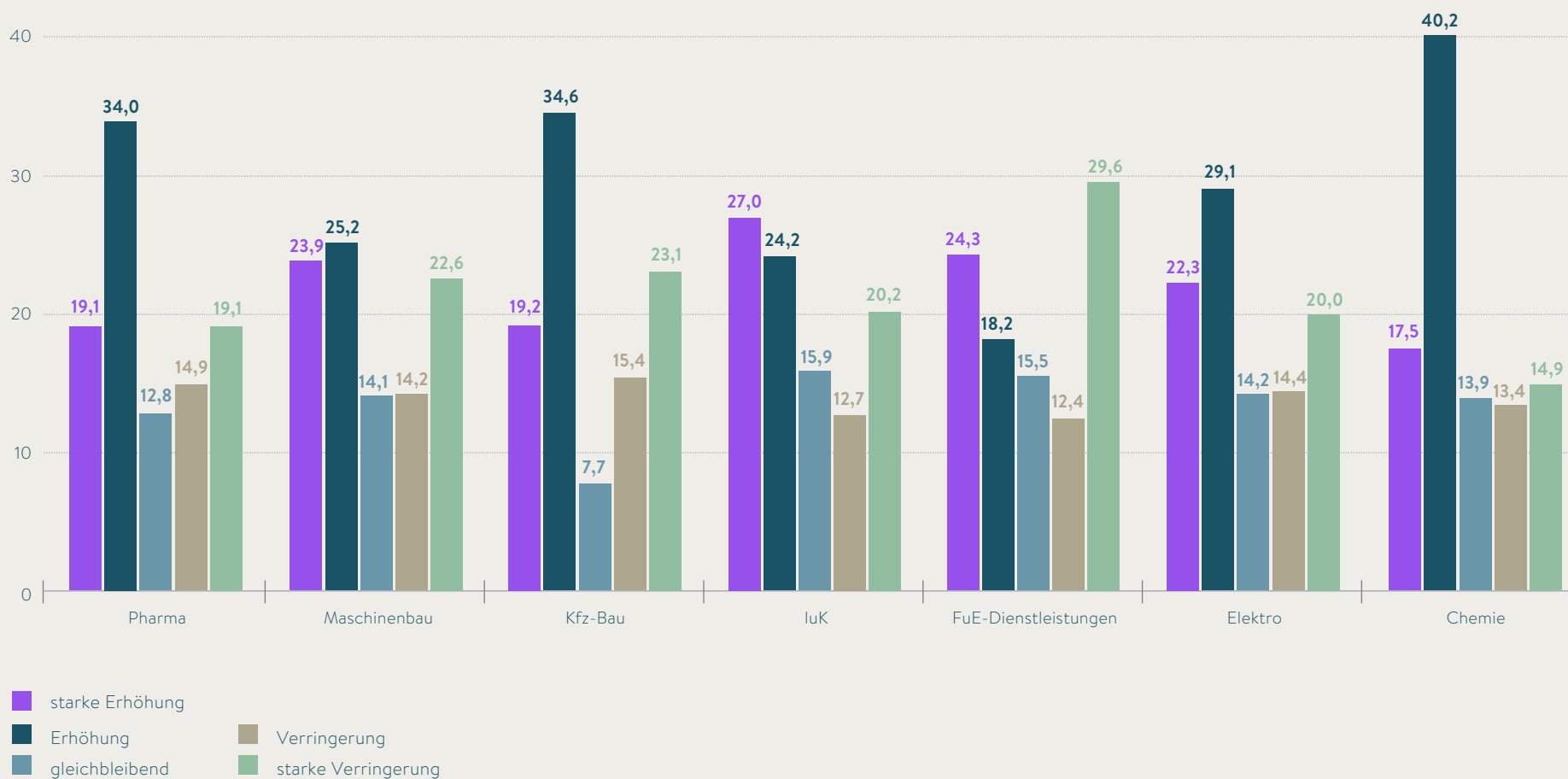


Abb. 12
Erwartete Änderungen im FuE-Budget für 2022

In Prozent

Auswertung basiert auf 4.542 Rückmeldungen von Unternehmen, die 2021 FuE-aktiv waren.

3.161 Unternehmen sind den aufgezeigten Kernbranchen zugeordnet.

Rundungsabweichungen möglich.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

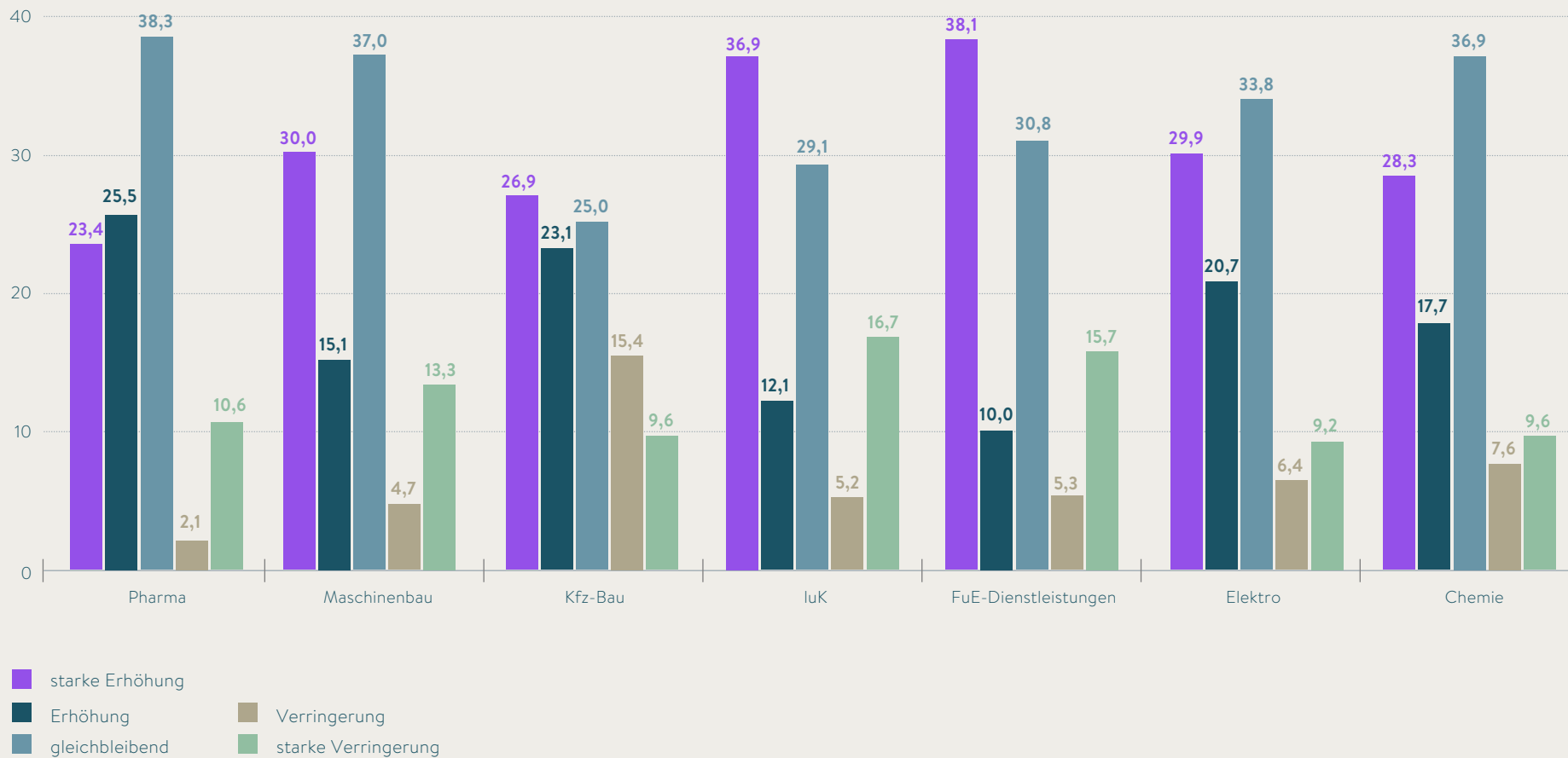


Abb. 13
Erwartete Änderungen im FuE-Personal für 2022

In Prozent

Auswertung basiert auf 4.530 Rückmeldungen von Unternehmen, die 2021 FuE-aktiv waren und FuE-Personal im Einsatz haben. 3.159 Unternehmen sind den aufgezeigten Kernbranchen zugeordnet. Rundungsabweichungen möglich.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Aus allen Kernbranchen erwarten die meisten Unternehmen eine gleichbleibende oder steigende Anzahl des FuE-Personals (vgl. Abbildung 13). Mit Rückgängen wird am häufigsten im Kfz-Bau und in den Bereichen IuK und FuE-Dienstleistungen gerechnet. Besonders selten gehen Unternehmen der Pharmabranche von Rückgängen aus – der Anteil dieser Unternehmen ist gut 10 Prozentpunkte geringer als für den Kfz-Bau.

Aus den bisher betrachteten Rückmeldungen zu den Plandaten kann jedoch nicht unmittelbar auf die Gesamtentwicklung der FuE-Aufwendungen geschlossen werden. Zur Abschätzung der aggregierten Entwicklung auf Branchenebene wurden die Planzahlen für die internen Aufwendungen mit einem Hochrechnungsmodell geschätzt. Die geplanten Aufwendungen der Unternehmen implizieren insgesamt einen Anstieg um 4 Prozent.

Ein Anstieg in gleicher Höhe wird für das verarbeitende Gewerbe insgesamt erwartet. Mit Blick auf die einzelnen Branchen wird der stärkste Anstieg mit 7 Prozent für den Kfz-Bau geschätzt. Für den Maschinenbau hingegen wird damit gerechnet, dass die Aufwendungen auf Vorjahresniveau bleiben. Auch die Chemiebranche kann mit einem geplanten Wachstum von 3 Prozent nicht mit dem Fahrzeugbau mithalten, obwohl der Anteil positiver gestimmter Unternehmen hier besonders hoch war. Betrachtet man die Größenklassen, so zeigt sich auch im Hochrechnungsmodell, dass die zuvor eher verhalten positiv erwartete Entwicklung bei den KMU mit einem Rückgang von 1 Prozent

einhergeht. Bei den größeren Unternehmen deuten die geplanten Aufwendungen hingegen auf einen Anstieg hin (SV Wissenschaftsstatistik, 2023).

Insgesamt hat dieses Kapitel gezeigt, dass es nach einem heftigen Einbruch im Jahr 2020 mit den FuE-Aktivitäten in Deutschland wieder aufwärts geht. Die Entwicklung des Aggregats wird dabei maßgeblich von den relevanten FuE-Kernbranchen und darin wiederum von großen, sehr FuE-starken Unternehmen getrieben. Das Bild auf die Gesamtentwicklung überdeckt, dass viele Unternehmen auch gut durch die Krise gekommen sind oder sogar durch die Krise neuen Aufwind in FuE erfuhren. Auf individueller Ebene war der Einfluss der Krise für die Unternehmen sehr heterogen – ein Muster, welches sich in den Zukunftseinschätzungen fortsetzt. Welchen Einfluss die Pandemie auf die tatsächliche Entwicklung von Innovationen, also auf die Output-Seite hatte, vermögen die Zahlen jedoch nicht zu erfassen.

46 %

der Unternehmen gehen von einer Erhöhung des FuE-Personals in naher Zukunft aus

—
04
—

POSITIVER TREND BEI FuE ZUM KLIMASCHUTZ

Von Lena Finger und Jan van der Heyden

- 40 Prozent der Unternehmen haben klimarelevante FuE-Aktivitäten durchgeführt
- Unternehmen schreiben dem Thema Klimaschutz im Rahmen zukünftiger FuE-Aktivitäten eine hohe Bedeutung zu – dabei gibt es deutliche Unterschiede in den Branchen
- Besonders die Chance auf neue Geschäftsfelder veranlasst Unternehmen, klimarelevante FuE-Aktivitäten durchzuführen
- Über 4 Prozent der internen FuE-Aufwendungen werden im Technologiefeld Klima, Umwelt und Nachhaltigkeit investiert

Die Bewältigung des Klimawandels ist eng mit der Fähigkeit zur Innovation und Exnovation, also auch zum Ausstieg aus nicht nachhaltigen, etablierten Technologien, Produktions- und Nutzungsregimen, verbunden. Ein wesentlicher Teil der FuE-Aktivitäten findet in Unternehmen statt. Aber in welchem Umfang werden Aspekte des Klimaschutzes in den FuE-Aktivitäten der Unternehmen heute schon mitgedacht? Im Rahmen der FuE-Erhebung 2021 wurde die Relevanz von Klimaschutz und Klimaneutralität für die FuE-treibenden Unternehmen abgefragt¹⁷.

Die Frage, ob im Jahr 2021 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten durchgeführt beziehungsweise in Auftrag gegeben wurden, die einen konkreten Beitrag zur Klimaneutralität leisten, haben 48 Prozent der antwortenden FuE-treibenden Unternehmen verneint. Knapp die Hälfte der Unternehmen sieht demnach keinen direkten Mehrwert der eigenen FuE-Aktivitäten für die Klimaziele. Zugleich geben 40 Prozent der Unternehmen an, dass sie FuE-Aktivitäten mit Bezug zur Klimaneutralität durchgeführt haben. Die verbleibenden 12 Prozent der Unternehmen haben ebensolche Aktivitäten zwar geplant, aber noch nicht umgesetzt.

Bei denjenigen Unternehmen, die bereits FuE mit einem Beitrag zur Klimaneutralität durchführen, schwankt der Anteil der FuE-Aufwendungen mit Klimabezug deutlich (vgl. Abbildung 14). Fast die Hälfte aller Unternehmen schätzt den Anteil dieser FuE-Aufwendungen auf weniger als 25 Prozent. Etwa ein Viertel der Unternehmen widmet 26 bis

50 Prozent seiner Aufwendungen dem Ziel der Klimaneutralität. Unternehmen, bei denen der Anteil der FuE-Aufwendungen mit dem Ziel der Klimaneutralität bei mehr als 50 oder sogar bei mehr als 75 Prozent liegt, sind dagegen weniger vertreten. Dies gilt insbesondere auch für FuE-starke Großunternehmen, von denen keines mehr als 75 Prozent seiner FuE-Aufwendungen in klimafreundliche Technologien investiert. Es zeigt sich also insgesamt, dass das Thema Klimaneutralität zwar bei vielen Unternehmen bereits eine Rolle für ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten spielt, diese Rolle aber nach Einschätzung der Unternehmen bisher meist untergeordnet ist.

Aufgrund steigender Marktrelevanz ist anzunehmen, dass die Bedeutung klimafreundlicher und nachhaltiger Technologien und Lösungen für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in den Unternehmen weiter zunehmen wird. Darauf weisen auch die Daten aus der FuE-Erhebung hin. Die Zustimmung zu der Aussage, dass Klimaneutralität wesentlicher Bestandteil der FuE-Aktivitäten ist, liegt insgesamt bei einem Mittelwert von 2,3 (Standardabweichung = 1,2)¹⁸. Dabei verteilen sich jeweils etwas mehr als ein Viertel der Antworten gleichmäßig auf die Kategorien 2 (teils-teils) und 3 (trifft eher zu). Inhaltlich ist dies als zurückhaltende, aber tendenziell positive Zustimmung der Unternehmen zu verstehen. Die Zustimmung zu der Aussage, dass Klimaneutralität für FuE in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird, ist jedoch deutlich größer mit einem Mittelwert von 2,7 (Standardabweichung = 1,1).

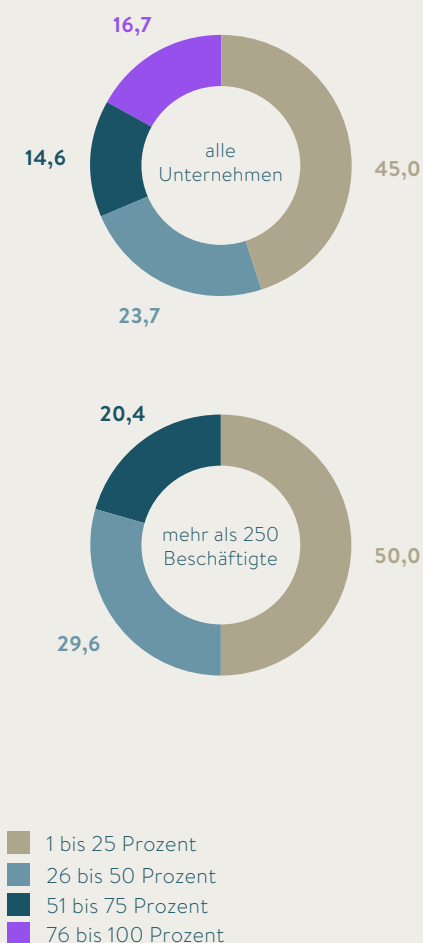


Abb. 14
Anteil der internen FuE-Aufwendungen mit dem Ziel der Klimaneutralität bei allen Unternehmen und bei großen Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Betrachtet man diese Einschätzungen getrennt nach Branchen, ergibt sich ein erwartbares Bild (vgl. Abbildung 15). Da die Automobilbranche mit der Entwicklung von Kraftfahrzeugen eine zentrale Rolle für Klimaneutralität spielt, während die Pharmabranche mit der Entwicklung von Medikamenten tendenziell weniger von Herausforderungen zur Klimaneutralität berührt wird, ist es nicht überraschend, dass diese Branchen die Extrempunkte bilden. In der Pharmabranche ist die Zustimmung zu der Aussage, dass Klimaneutralität wesentlicher Bestandteil der FuE-Aktivitäten ist, mit einem Mittelwert von 1,9 am geringsten ausgeprägt, dicht gefolgt von der IuK und der Elektrobranche. In der Automobil- und der Chemiebranche wird die Bedeutung der Klimaneutralität für FuE mit einem Mittelwert von 2,6 beziehungsweise 2,5 bereits heute überdurchschnittlich hoch eingeschätzt. In diesen Branchen erhält auch die Annahme, dass Klimaneutralität für FuE in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird, erwartungsgemäß eine sehr hohe Zustimmung, da unter anderem die Verkehrs- und Energiewende zentrale Herausforderungen für das Ziel der Klimaneutralität sind (Hornberg et al., 2021).

Auch eine Differenzierung der Antworten nach Beschäftigtengrößenklassen ergibt interessante Ergebnisse. Die Zustimmung zu der Aussage, dass Klimaneutralität wesentlicher Bestandteil der FuE-Aktivitäten ist, liegt bei großen Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten bei einem Mittelwert von 3 und damit deutlich höher als die Zustimmung über alle Unternehmen hinweg¹⁹. Mit einem Mittelwert von 3,5 schätzen sie auch die

zukünftige Relevanz von Klimaneutralität in FuE deutlich höher ein. Dabei entfallen etwa drei Viertel der Antworten auf die Kategorie 4 (trifft zu), während keins der großen Unternehmen die Kategorien 0 (trifft nicht zu) oder 1 (trifft eher nicht zu) wählt. Insgesamt ist das Thema Klimaneutralität in FuE über alle großen Unternehmen hinweg zukünftig relevant, meist liegt sogar eine hohe Zustimmung vor. Während die Bedeutung der Klimaneutralität für FuE also in einzelnen Branchen und Beschäftigtengrößenklassen unterschiedlich hoch eingeschätzt wird, ist jedoch über alle Unternehmen hinweg zu erkennen, dass die Relevanz der Klimaneutralität für FuE insgesamt zunimmt.

Neben der Einschätzung der Relevanz wurde in der FuE-Erhebung auch gefragt, aus welchen Gründen sich die Unternehmen im Rahmen ihrer FuE mit dem Thema Klimaneutralität beschäftigen.

Diesbezüglich wirkt die Chance auf neue Geschäftsfelder als der stärkste Antrieb, denn mehr als die Hälfte aller Unternehmen stimmt diesem Grund eher beziehungsweise voll zu (vgl. Abbildung 16). Die Imageförderung, Anforderungen von Kunden, Motivation von Beschäftigten und steigende Kosten als Folge des Klimawandels erhalten eine ähnlich hohe Zustimmung. Anforderungen aus der Politik scheinen dagegen den geringsten Antrieb für FuE mit Klimabezug zu haben. Die Antworten der Unternehmen verteilen sich hier gleichmäßiger auf die verschiedenen Optionen von „trifft nicht zu“ bis „trifft zu“. Unternehmen scheinen also insgesamt weniger auf politische

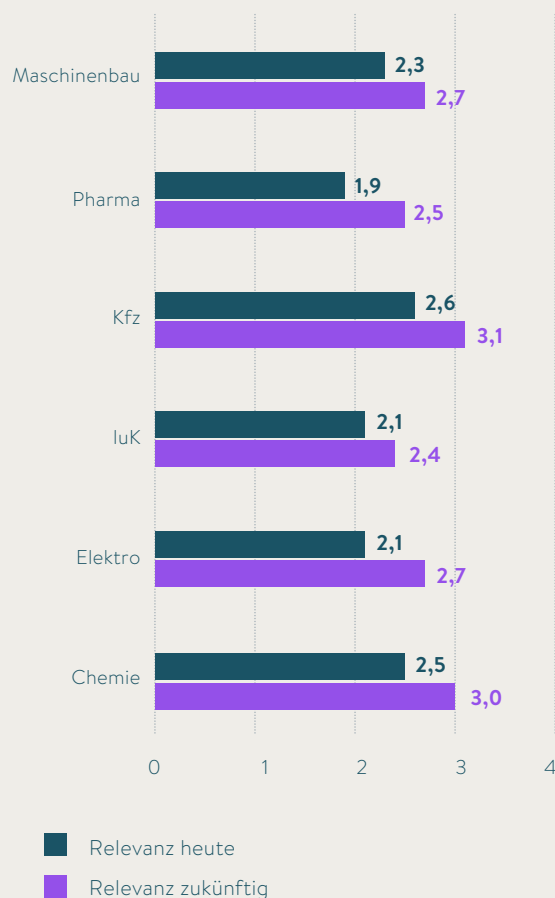


Abb. 15
Einschätzung der heutigen und zukünftigen Relevanz von Klimaneutralität für FuE

Mittelwert

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Anforderungen zu reagieren, als aus eigenem Antrieb (zum Beispiel aufgrund neuer Geschäftsfelder und der Motivation der Beschäftigten) FuE mit Bezug zur Klimaneutralität durchzuführen. Regulatorik und Anreizmechanismen sind damit offenbar deutliche Grenzen gesetzt. Einen erheblich größeren Einfluss besitzt somit der Markt selbst, insbesondere bestehende und potenziell neue Kundschaft.

Die einzelnen Instrumente politischen Handelns können jedoch an dieser Stelle nicht näher bewertet werden. Sie reichen von gesetzlichen Vorgaben und Sanktionen bis hin zu Anreizen in Form von finanziellen Förderungen, Vergünstigungen und Infrastrukturnutzung. Die beschriebenen Ergebnisse zeigen jedoch einen besonders wirksamen Mechanismus staatlichen Handelns: das Auftreten des Staates als Nachfrager. Öffentliche innovationsorientierte Beschaffung kann nachfrageseitig dazu beitragen, private FuE und Innovationsausgaben zielgerichtet in die gewünschte Richtung zu lenken. Die öffentliche Nachfrage nach bestimmten neuen Gütern und Dienstleistungen kann zu einer FuE-Förderwirkung bei Technologien führen, die anderenfalls von privaten Akteuren eher nicht angegangen würden (Expertenkommission Forschung und Innovation [EFI], 2021). Doch auch unabhängig davon ist belegt, dass öffentliche Förderprogramme sehr wichtig für die Förderung von FuE mit Klimabezug sind (Wehnert et al., 2019).

Die Bedeutung des Themas Klimaschutz für FuE kann auch verdeutlicht werden, indem der Anteil der internen FuE-Aktivitäten der Unternehmen an unterschiedlichen Technologiefeldern betrachtet wird. Insgesamt liegt ein Großteil der FuE-Aufwendungen im Technologiefeld Fahrzeug- und Verkehrstechnologien (vgl. auch SV Wissenschaftsstatistik, 2021a). Ein Drittel aller internen FuE-Aufwendungen wurde im Jahr 2021 in dieses Feld investiert. Dieses Ergebnis ist zu erwarten, da die Automobilbranche ein Schwerpunkt des deutschen Innovationssystems ist. Technologiefelder, in die ebenfalls viele FuE-Aufwendungen fließen, sind die Gesundheitsforschung (16,4 Prozent) sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (8,6 Prozent). Etwa 4,3 Prozent der internen FuE-Aufwendungen aller Unternehmen werden für klimarelevante FuE aufgewendet. Das macht deutlich, dass die FuE-Aktivitäten im Technologiefeld Klima, Umwelt und Nachhaltigkeit bisher auf relativ niedrigem Niveau verbleiben.

Ein möglicher Grund für diese – auf den ersten Blick – sehr geringe Investition im Technologiefeld Klima wäre eine unscharfe Zuordnung der FuE-Aktivitäten durch die Unternehmen. Gemeint ist FuE, die zwar dem Klimaschutz dient, aber in anderen Technologiefeldern beheimatet ist. Beispiele wären FuE im Bereich der Energietechnologien und der Informations- und Kommunikationstechnologien als Querschnittstechnologie (Wehnert et al., 2019). So ist die FuE im Wirtschaftssektor Deutschlands sehr stark auf Batterietechnologien und E-Mobilität sowie auf nachwachsende Kraftstoffe

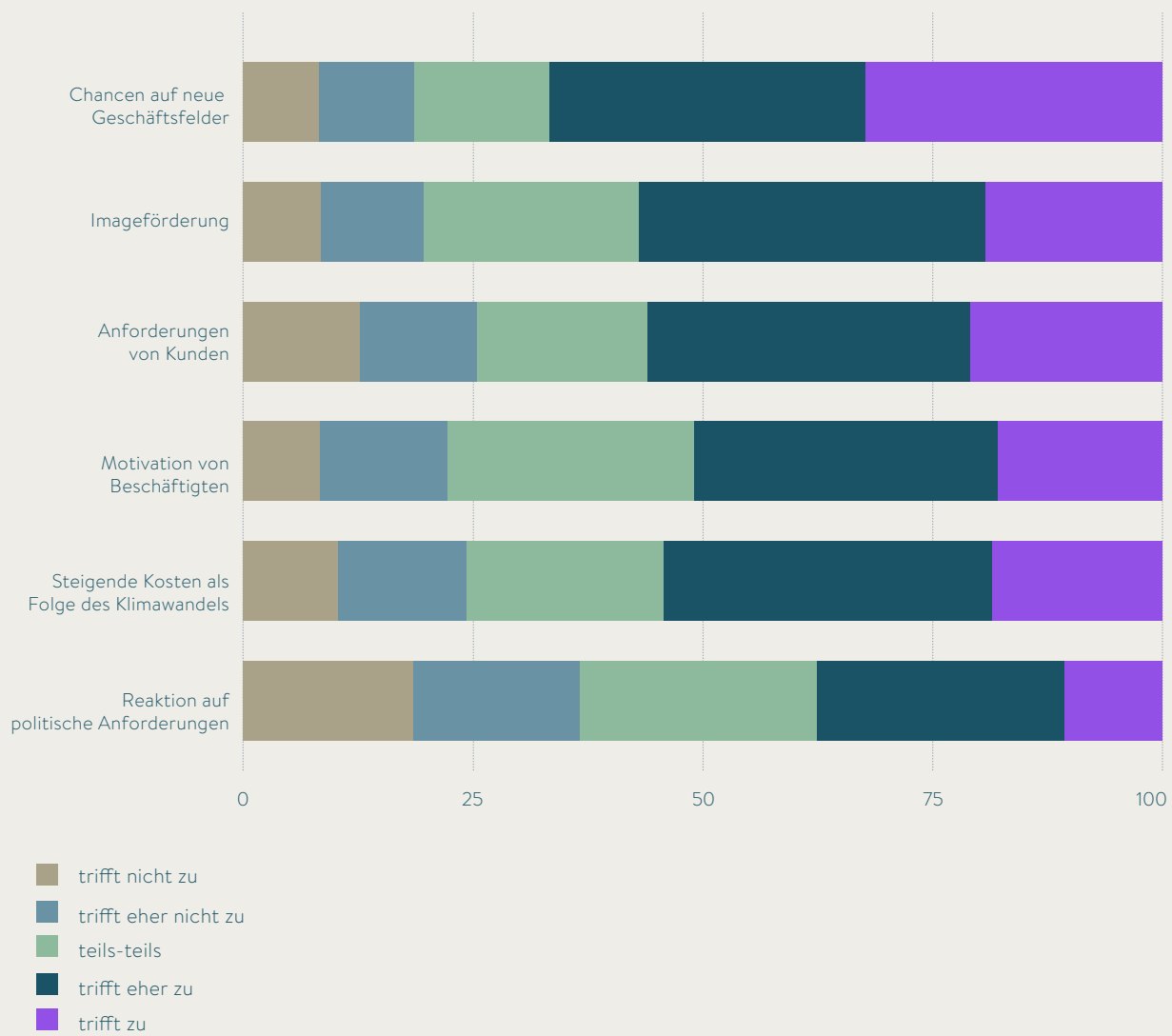


Abb. 16
Gründe für FuE mit dem Ziel Klimaneutralität

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

und Bioenergie spezialisiert (Gehrke et al., 2019). Diese Technologien zahlen klar auf Klimaschutzziele ein, werden jedoch von den Unternehmen vermutlich als Mobilitäts- oder Energietechnologien klassifiziert. Da ein großer Teil aller europaweiten Patentanmeldungen mit Bezug zum Klimaschutz aus Deutschland kommt (Blazejczak et al., 2019; Gehrke et al., 2019), ist insgesamt von einer vergleichsweise hohen Innovationsaktivität in diesem Technologiefeld auszugehen.

Abbildung 17 zeigt, wie stark sich die FuE-Aktivitäten von Unternehmen aus ausgewählten Kernbranchen des deutschen Innovationssystems auf das Technologiefeld Klima konzentrieren. Es zeigt sich, dass die Branchen unterschiedlich stark in das Technologiefeld Klima, Umwelt und Nachhaltigkeit investieren. Die FuE-Aufwendungen der Chemiebranche und aus dem Maschinenbau sind mit 8 Prozent bzw. mehr als 5 Prozent vergleichsweise hoch. Die Pharmaindustrie investiert mehr als 3 Prozent ihrer Aufwendungen in klimarelevante FuE, erwartungsgemäß wird hier der Großteil der FuE-Aufwendungen in das Technologiefeld Gesundheit investiert. Die KfZ-Branche weist mit weniger als 0,5 Prozent der internen FuE-Ausgaben einen sehr geringen Anteil klimabezogener FuE auf. Bei der Interpretation der Daten muss jedoch auch die Anzahl der antwortenden Unternehmen berücksichtigt werden. Weiterhin investieren FuE-Dienstleistungen mit 13 Prozent einen vergleichsweise hohen Anteil der FuE-Aufwendungen im Technologiefeld Klima. FuE-Dienstleister führen häufig Auftragsforschung für

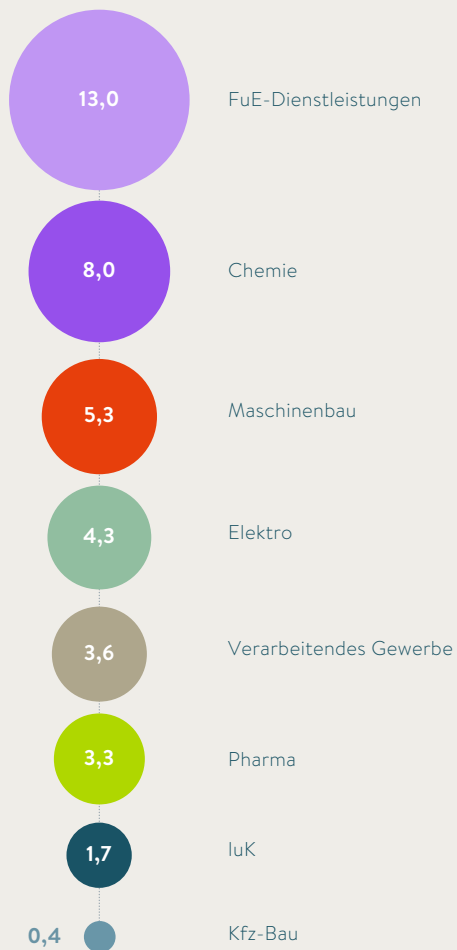


Abb. 17
**Anteil der internen FuE-Aufwendungen im
 Technologiefeld Klima, Umwelt und Nachhaltigkei-
 t in ausgewählten Kernbranchen**

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Industrieunternehmen durch. Wissen über klima-
 freundliche und nachhaltige Technologien kann
 also auch über FuE-Kooperationen und Netzwerke
 in industrielle Großunternehmen gelangen, wenn
 die Vorteile spezialisierter Dienstleistungsunter-
 nehmen genutzt werden.

Abschließend kann auf die Frage, ob die For-
 schungs- und Entwicklungsaktivitäten in Deutsch-
 land bereits gut dafür aufgestellt sind, alle Heraus-
 forderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität zu
 meistern, noch keine umfassende Antwort gege-
 ben werden. Klimaschutz beziehungsweise Klima-
 neutralität scheinen für viele Unternehmen in-
 zwischen zu einem wichtigen Thema geworden zu
 sein. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass aus
 heutiger Sicht noch ein gewisses Ausbaupotenzial
 von FuE im Bereich Klimaneutralität besteht. Da
 die zukünftige Relevanz dieser Thematik aus Sicht
 der Unternehmen noch steigen wird, ist zu erwar-
 ten, dass auch die FuE-Aktivitäten in diesem Be-
 reich weiter wachsen und diese Lücke in Zukunft
 schließen dürften.

—
05
—

EXTERNE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG IM AUFWIND

Von Johannes Schmitt und Gero Stenke

- Die Bedeutung externer Forschungsaufträge nimmt stark zu
- Seit 2011 hat sich das Volumen der externen FuE-Aufwendungen mehr als verdoppelt
- Ziel der Forschungsaufträge sind zunehmend ausländische Auftragnehmer
- Aufträge an Hochschulen und staatliche Forschungsinstitute sind insbesondere für KMU von hoher Relevanz

FuE können Unternehmen selbst durchführen oder als Auftragsforschung an Dritte vergeben. Letzteres wird auch als externe FuE bezeichnet. Auftragnehmer können andere verbundene oder unverbundene Unternehmen, Hochschulen und wissenschaftliche Einrichtungen oder Institutionen für Gemeinschaftsforschung sein.

Seit Jahren ist ein deutlicher Trend zur verstärkten Auftragsforschung im Wirtschaftssektor erkennbar. Während sich die Aufwendungen für externe FuE von 2011 bis 2021 mehr als verdoppelt haben, ist die interne FuE im selben Zeitraum nur um 48 Prozent gestiegen. 75,8 Milliarden Euro wurden im Jahr 2021 in interne FuE investiert, in externe dagegen 26,6 Milliarden Euro (siehe auch Kapitel 1). Begonnen hat diese Entwicklung bereits in den 1990er Jahren, insbesondere in Branchen der Spitzentechnologie. Es waren vor allem Großunternehmen, die dazu übergingen, FuE-Aufträge an Dritte zu vergeben. Auch 2021 entfallen gut 93 Prozent aller externen FuE-Aufwendungen auf Unternehmen, die 500 und mehr Beschäftigte haben.

Die Motive, Forschungs- und Entwicklungsaufträge zu vergeben, können vielfältig sein:

Zugang zu neuem Wissen: Der Anspruch und die Komplexität von Produktinnovationen hat im Zeitverlauf deutlich zugenommen. Es bedarf eines Wissens aus unterschiedlichen Disziplinen sowie spezialisierten Wissens, das intern nicht vorhanden ist. Zugleich haben sich Innovationszyklen im Zeitverlauf verkürzt und den technologischen Wandel forciert. Die Kooperation mit externen Auftragnehmern verschafft Zugang zu den benötigten erweiterten Wissensgebieten und -quellen. Damit vergrößern sich die Innovationspotenziale erheblich, technologischer Fortschritt wird möglich.

Risiko- und Kostenreduzierung: Die Vergabe von FuE-Aufträgen reduziert für die Auftraggeber das Risiko und häufig auch die Kosten für FuE. Der Aufbau eigener FuE-Kapazitäten, insbesondere in Bereichen außerhalb der eigenen Kernkompetenz, ist kostenintensiv und vermindert die Flexibilität, FuE-Prozesse oder -inhalte kurzfristig umzusteuern. Hier können externe Auftragnehmer vorteilhaft sein.

Marktnähe und -erschließung: Um schnell auf Veränderungen des Marktes reagieren oder neue Märkte erschließen zu können, können FuE-Kooperationspartner entsprechende Wissenslücken schließen oder Flexibilitätsvorteile ermöglichen. So gelingt etwa innerhalb kurzer Zeit eine Marktpassungs-FuE, die ohne die Kompetenzen von externen Partnern nicht realisierbar wäre. Aber auch der Zugang zu neuen Leitmärkten, also zu geografisch abgegrenzten Märkten, in denen sich ein Innovationsdesign durch günstige lokale Präferenzen

und Rahmenbedingungen zuerst verbreitet und später auch international durchsetzt, ist ein wichtiger Treiber für FuE-Kooperationen.

Arbeitsteilung: Externe FuE ist ein Ausdruck zunehmender Arbeitsteilung und Netzwerkbildung. So können komparative Vorteile genutzt werden und im Zeitverlauf sektorale oder räumliche Cluster entstehen. Die Partner können ihre Kompetenzen bündeln und voneinander lernen. Über die formale Form der FuE-Auftragsvergabe hinaus können verstärkt weitere Formen von FuE-Kooperationen entstehen, die stärker den Charakter offener Innovationsprozesse annehmen.

Externe FuE-Aufträge werden vor allem in forschungsintensiven Wirtschaftszweigen vergeben (Gehrke et al., 2020). Hinsichtlich des Anteils externer FuE an den Gesamtaufwendungen für FuE existiert weiterhin ein deutliches Gefälle zwischen Unternehmen aus Wirtschaftszweigen, die niedrige FuE-Intensitäten aufweisen, und solchen, die der Spitzen- und der Hochwertigen Technik zugerechnet werden²⁰. Insgesamt wird in der Spitzentechnologie besonders intensiv mit Kooperationspartnern aus dem Ausland geforscht (46 Prozent der externen FuE-Aufwendungen). Bei der Hochwertigen Technik sind es vor allem andere inländische Unternehmen (72 Prozent der externen FuE-Aufwendungen), nicht zuletzt wegen der Dominanz des Automobilbaus in dieser Technologieklasse. Die Wissenschaft spielt bei forschungsintensiven

Dienstleistungen eine große Rolle (28,5 Prozent), unter anderem weil hier wissenschaftliche FuE-Dienstleister und Institutionen der Gemeinschaftsforschung beteiligt sind.

Um einen tieferen Einblick in die Struktur der externen FuE zu erlangen, werden die Erkenntnisse hierzu aus der FuE-Erhebung inklusive der neuesten Ergebnisse aus 2021 in diesem Kapitel erörtert. Der folgende Absatz nimmt zunächst die Vogelperspektive ein und betrachtet den sich verändernden Bedeutungsgrad externer FuE seit den 1980er-Jahren. Anschließend wird das Wissen über die Auftragnehmer externer FuE im Detail beleuchtet – inklusive der Änderungen im vergangenen Jahrzehnt. Abschließend werden die Unterschiede in den Branchen und in Unternehmen unterschiedlicher Größe analysiert. Als zentrales Resultat zeigt sich, dass der Bedeutungszuwachs externer FuE ein Trend in der Breite ist und das Ausland als Zielort von Forschungsaufträgen immens an Bedeutung gewinnt. Die Trends sind nicht neu, doch nehmen sie erheblich an Fahrt auf und sind ein Aspekt einer substantziellen Veränderung, wie in der deutschen Wirtschaft geforscht und entwickelt wird. Trotz dieser Bedeutung externer Forschungsaufträge stellen sich auch noch Fragen, die bisher nicht beantwortet werden können.

Was sind externe FuE-Aufwendungen?

Externe FuE sind Aufwendungen für FuE-Leistungen, die das Unternehmen von außerhalb bezieht. Dazu zählen zum Beispiel Forschungsaufträge an andere Unternehmen, Universitäten oder staatliche Forschungsinstitutionen. Interne FuE sind dagegen Aufwendungen für Forschung und experimentelle Entwicklung, die innerhalb des Unternehmens mit eigenem Forschungspersonal durchgeführt werden. Weiterhin können interne und externe FuE-Aufwendungen nicht einfach summiert werden, um die Gesamtaufwendungen für FuE zu berechnen. Grund hierfür ist, dass externe Forschungsaufträge, die im inländischen Wirtschaftssektor verbleiben, auch als interne FuE beim Auftragnehmer landen. Man würde bei einer einfachen Addition einen Teil der FuE-Aufwendungen also doppelt zählen.

Die Bedeutung externer Forschungsaufträge im Laufe der Zeit

Betrachtet man die Entwicklung der vergangenen vier Jahrzehnte, so wird deutlich, wie nachhaltig prägend der Bedeutungszuwachs der externen FuE ist. In Kapitel 1 wurde bereits die kontinuierliche Steigerung der Mittel für externe FuE aufgezeigt. Mit 26,6 Milliarden Euro für externe FuE im deutschen Wirtschaftssektor ist 2021 ein neuer Höchstwert erreicht worden. Neben der absoluten Steigerung der Mittel wächst auch der Anteil der Aufwendungen für externe Forschungsaufträge an den Gesamtmitteln für FuE. Deutlich wird zudem die Beschleunigung dieses Trends in den vergangenen zehn Jahren. Die folgende Abbildung 18 verdeutlicht diese Entwicklung anhand des Verhältnisses von externen zu internen FuE-Aufwendungen im deutschen Wirtschaftssektor seit 1983. Die verwendete Skala drückt aus, wie viel Euro pro investiertem Euro interner FuE im deutschen Wirtschaftssektor für externe FuE ausgegeben werden. Im Jahr 2021 wird hier ein neuer Höchstwert erreicht: Pro investiertem Euro interner FuE werden im Jahr 2021 35 Cent für Forschungsaufträge ausgegeben. Vor der Pandemie im Jahr 2019 war das Verhältnis mit 22 Cent pro Euro für interne FuE noch substanziell geringer. Umso weiter man zeitlich zurückgeht, desto niedriger wird dieser Wert. Anfang des Jahrtausends (2001) war der Anteil der externen nicht einmal halb so hoch wie 2021. In 2021 wurden nur 17 Cent für externe FuE pro investiertem Euro für interne FuE ausgegeben. Im Zuge der Pandemie waren Unternehmen bei der

Durchführung interner FuE mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert. Externe Forschungsaufträge sind dagegen in ihrem quantitativen Volumen sogar leicht angestiegen.

Neben der steigenden Bedeutung externer FuE im Vergleich zu interner FuE ist ein zweiter anhaltender Trend zu beobachten: Ein immer größer werdender Anteil der externen Aufträge wird an Partner im Ausland²¹ vergeben (siehe hellblauer Bereich in Abbildung 18). Während 2001 nur 16 Prozent der externen FuE-Aufwendungen in das Ausland gewandert sind, waren es 2011 schon 22 Prozent und 2021 schließlich 29 Prozent aller externen FuE-Aufwendungen. Im Ausland werden insbesondere durch wirtschaftliche Beteiligungsstrukturen verbundene sowie unverbundene, also gänzlich eigenständige Unternehmen beauftragt, wobei die Verteilung im folgenden Abschnitt in Abbildung 19 im Detail untersucht wird.

Der Bedeutungszuwachs ausländischer Auftragnehmer externer FuE im Wirtschaftssektor hat relevante Implikationen. Die zentrale Frage ist, ob die Mittel, welche in das Ausland fließen, sich additiv oder substituierend zu den Forschungsaufträgen an inländische Auftragnehmer verhalten. Diese Frage kann aktuell nicht mit Gewissheit beantwortet werden. Wird für eine hypothetische Beispielrechnung angenommen, dass die Beziehung substituierend ist, dann werden die potenziellen Folgen – zum Beispiel für das 3,5-Prozent-Ziel – deutlich: Wäre das Verhältnis zwischen ausländischen und inländischen Auftragnehmern noch

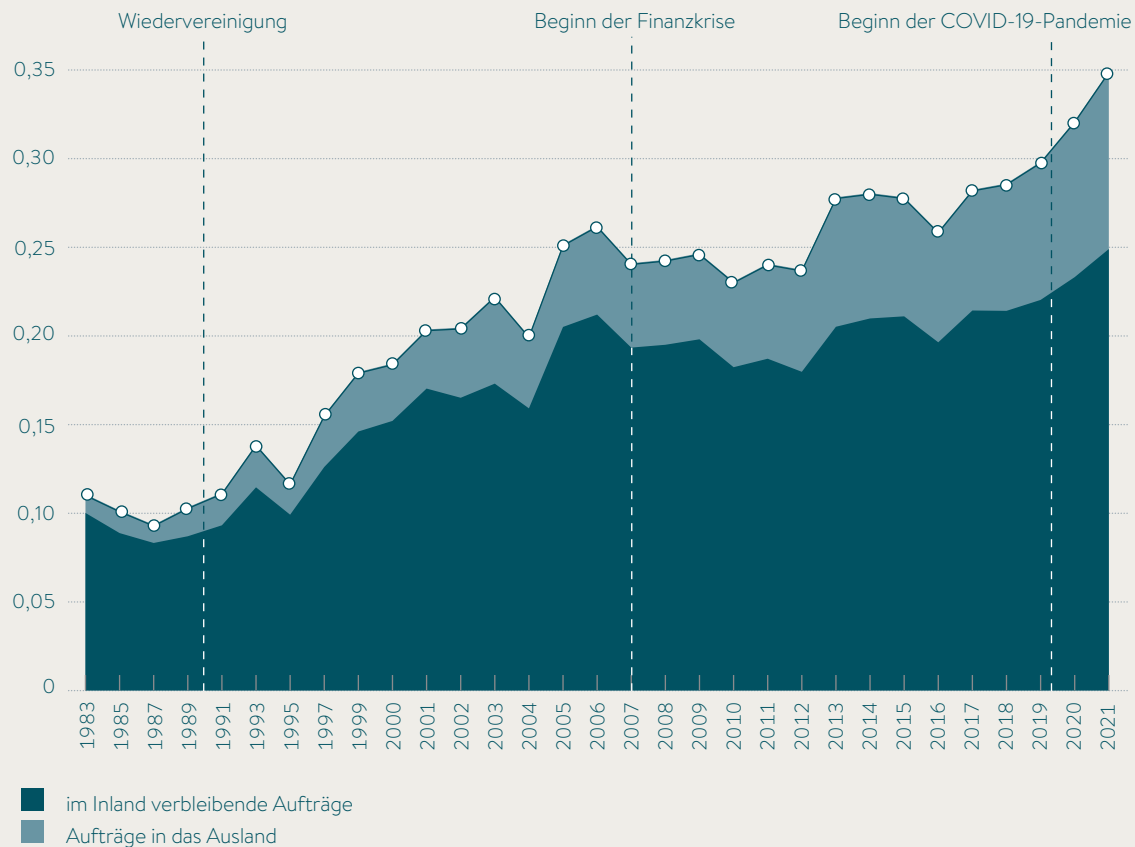


Abb. 18
Anteil der externen FuE-Aufwendungen im Zeitverlauf

Das Verhältnis der externen FuE in geraden Jahren ist als Mittel geschätzt.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

genauso wie 2017 und wären die Gesamtaufwendungen für externe FuE gleichbleibend, würden 1,2 Milliarden Euro mehr für FuE in Deutschland ausgegeben werden. Diese Mittel könnten potenziell aktuell fehlen. Aber inwieweit und in welchem Umfang FuE-Aufträge in das Ausland die Durchführung von Forschungsvorhaben im Inland substituieren, kann nicht mit Sicherheit beurteilt werden.

Noch gravierender als die reine Sicht auf das dem Inland entgangene Volumen der FuE-Aufwendungen sind allerdings inhaltliche und strategische Aspekte. FuE-Internationalisierung wird vor allem in jenen Industrien vorangetrieben, die durch schnelle Entwicklungszyklen geprägt sind. Dies ist vor allem in der Spitzentechnologie der Fall (EFI, 2013). Ausländische Auftragnehmer sind insbesondere in den Technologiefeldern relevant, in denen Deutschland im internationalen Vergleich keine führende Rolle einnimmt. So sind zum Beispiel die USA auf den Gebieten Computertechnik/KI, Pharmazie und Biotechnologie als FuE-Standort und als Auftragnehmer relevant. Diese internationale Arbeitsteilung verstärkt den Trend zur Bildung und Verfestigung von Clusterstrukturen, also von globalen Kompetenzzentren für einzelne Technologie- und Wissensgebiete. Auf die Bildung solcher FuE-Zentren zählt auch die Tatsache ein, dass ein umfassender Innovationserfolg in manchen Branchen von der engen Verzahnung von Produktion sowie Produkt- und Prozessentwicklung abhängt. Deutschland ist aktuell sehr bemüht, in diesen Feldern international aufzuholen.

Auch Regulierung spielt für die Bedeutungszunahme des Auslands bei FuE-Auftragsforschung eine Rolle. So fordern einzelne Staaten, insbesondere im asiatischen Raum, eine lokale Präsenz oder Verflechtung mit inländischen Akteuren, wenn multinationale Unternehmen Marktzugang suchen. Auch durch die Übernahme ausländischer Unternehmen kommt eine stärkere Internationalisierung zustande. Dabei sind vor allem Unternehmen mit vielversprechenden FuE-Aktivitäten für deutsche Konzerne interessant (EFI, 2013). Insgesamt können internationale FuE-Verflechtungen deutscher Unternehmen das deutsche Innovationssystem durchaus stärken, da sie komplementär wirken und die Schwächen des nationalen Standortes ausgleichen. Eine dauerhafte technologische Lücke im deutschen Innovationssystem würde jedoch die Abhängigkeit zu anderen Staaten deutlich erhöhen, die nationalen Innovations- und Problemlösungskompetenzen schwächen und damit die Anreize reduzieren, FuE in Deutschland durchzuführen.

Die räumliche Verteilung der Auftragnehmer ist anhand der FuE-Statistik leider nicht ablesbar. Überhaupt sind verlässliche Informationen über internationale FuE-Arbeitsteilung nur sehr begrenzt verfügbar. Klar ist, dass die USA eine zentrale Bedeutung als FuE-Standort haben, gefolgt von der EU (EFI, 2013). Doch auch China hat massiv an Bedeutung gewonnen und sich als hochwertiger Partner etabliert (Kroll et al., 2022).

Die Ziele der externen Forschungsaufträge

Im Rahmen der FuE-Erhebung werden verschiedene Kategorien unterschiedlicher Auftragnehmer erfasst (vgl. Abbildung 19). Diese Gruppen können vereinfachend anhand von zwei Dimensionen differenziert werden: (1) Auftragnehmer aus dem In- sowie aus dem Ausland und (2) Auftragnehmer aus dem Wirtschaftssektor, welcher verbundene und unverbundene Unternehmen sowie Institute für Gemeinschaftsforschung (IfG)²² umfasst, sowie aus dem Staats- sowie Hochschulsektor. Auch wenn im Zeitverlauf ein deutlicher Bedeutungszuwachs von Forschungsaufträgen in das Ausland festzustellen ist (vgl. Abbildung 18), bilden die größte Gruppe von Auftragnehmern noch immer die unverbundenen Unternehmen im Inland mit 35,9 Prozent. Insgesamt verbleiben fast 60 Prozent der externen Forschungsaufträge im inländischen Wirtschaftssektor. Zusammengerechnet gehen über 86 Prozent der Aufwendungen der externen FuE an inländische und ausländische Unternehmen. Es wird also deutlich, dass Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen aus einer quantitativen Perspektive betrachtet nur eine untergeordnete Rolle bei der Durchführung von Forschungsaufträgen aus der Wirtschaft spielen.

Im Vergleich zu anderen Ländern finanziert die Wirtschaft allerdings in Deutschland einen deutlich höheren Anteil der FuE-Ausgaben der Wissenschaft (Rammer & Trunschke, 2022). Auch der Umfang der FuE-Finanzierung durch die Wirtschaft in Wissenschaftseinrichtungen hat in Deutschland

stärker zugenommen als im Ausland. In vielen Ländern nahm die Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, soweit sie sich in FuE-Finanzierungsströmen abbildet, ab. Zwischen 2005 und 2017 hat sich der Anteil der externen FuE-Mittel, die an die Wissenschaft im Inland fließen, von fast 22 Prozent auf 11 Prozent reduziert (Gehrke et al., 2020). Inzwischen hat sich der Anteil im Trend stabilisiert und ist 2021 sogar geringfügig gestiegen.

Während bis 2015 insbesondere unverbundene Unternehmen im Inland in ihrer Bedeutung gestiegen sind, dreht sich dieser Trend seitdem (vgl. Abbildung 20). Seit 2019 ist erstmals die Bedeutung unverbundener Unternehmen rückläufig. Dagegen steigt der Anteil an externer FuE an, welcher verbundene Unternehmen im Ausland als Ziel hat. Zusammen mit den unverbundenen Unternehmen macht die ausländische Wirtschaft erstmals über ein Viertel des gesamten Volumens der externen FuE-Aufwendungen aus.

26,6 Milliarden Euro betragen die Aufwendungen für externe FuE im Jahr 2021 und erreichen einen neuen Höchstwert

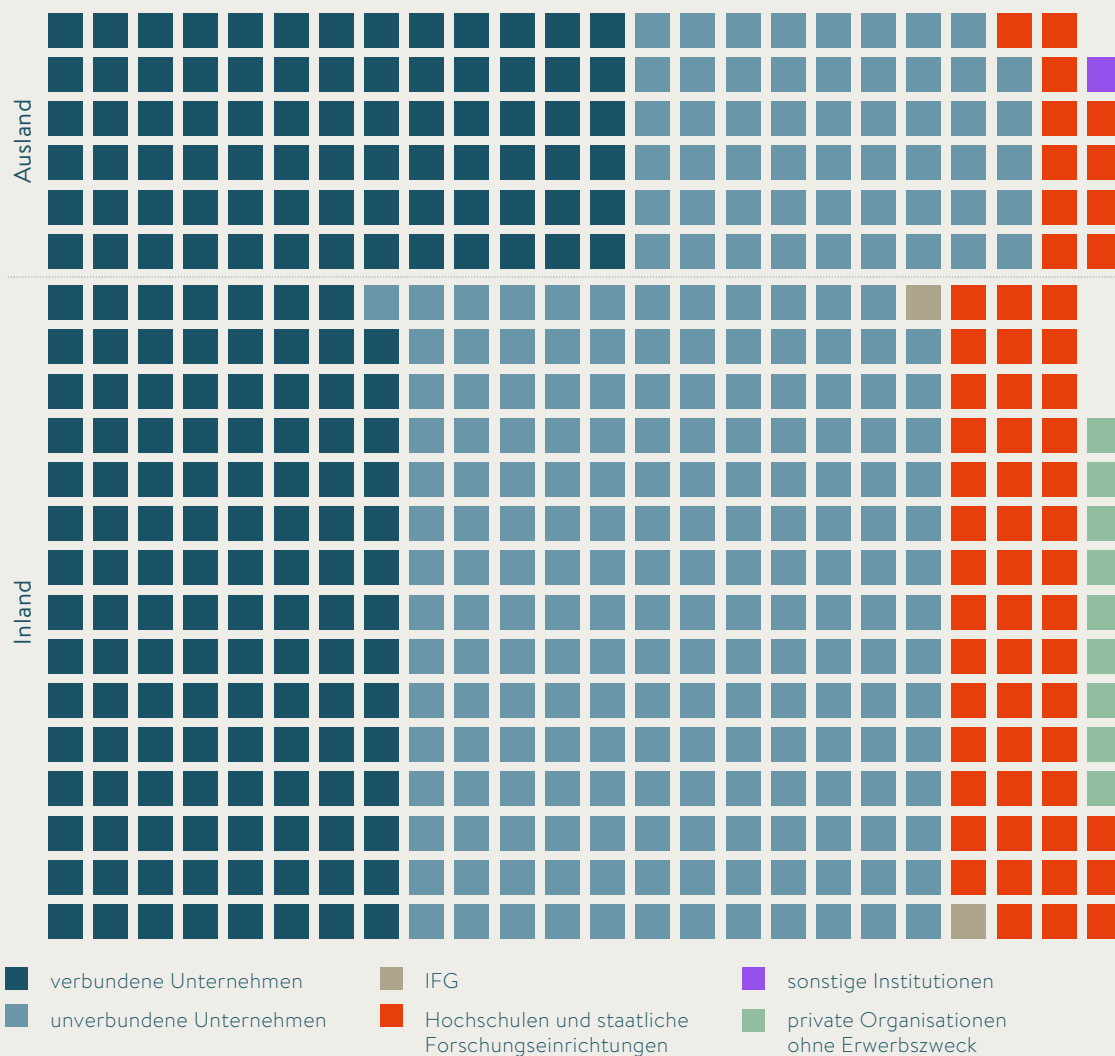


Abb. 19
Verteilung externe FuE-Aufwendungen nach Auftragnehmern 2021

Ein Quadrat repräsentiert 0,2 Prozent der externen FuE-Aufwendungen.
 Ergänzung: Externe FuE an Hochschulen und staatlichen Forschungseinrichtungen werden in der Darstellung zusammengefasst. Im Inland beläuft sich der Anteil von Hochschulen auf 5,9 Prozent und der Anteil von staatlichen Einrichtungen auf 3,6 Prozent.

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Unterschiede in Branchen und nach Unternehmensgrößen

Die Struktur der Auftragnehmer unterscheidet sich deutlich zwischen Unternehmensgrößenklassen. So spielt die Wissenschaft als Auftragnehmer für kleine Unternehmen eine deutlich größere Rolle als für Großunternehmen. Kleine Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten vergeben mehr als ein Viertel ihrer externen FuE-Mittel an Hochschulen und staatliche Wissenschaftseinrichtungen – große Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten nur knapp zehn Prozent. Dafür spielen naturgemäß verbundene Unternehmen als Auftragnehmer eine viel größere Rolle für Großunternehmen als für KMU, weil Letztere nur selten Teil eines Konzerns sind. Bei unverbundenen Unternehmen als Auftragnehmer sind dagegen zwischen den Größenklassen nur geringe Unterschiede festzustellen – mit Blick sowohl auf inländische als auch ausländische verbundene Unternehmen. Ausländische Auftragnehmer spielen bei kleinen Unternehmen eine deutlich geringere Rolle als bei großen Unternehmen. Weniger als ein Viertel der externen Aufträge von kleinen Unternehmen fließen in das Ausland.

Externe FuE-Aufträge gewannen allerdings in allen Größenklassen im Verlaufe der vergangenen sechs Jahre an Bedeutung. Während 2015 Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten pro Euro, welcher in interne FuE investiert wird, 16 Cent in externe FuE investiert haben, sind es 2021 schon 18 Cent. Generell gilt auch, dass, umso größer die

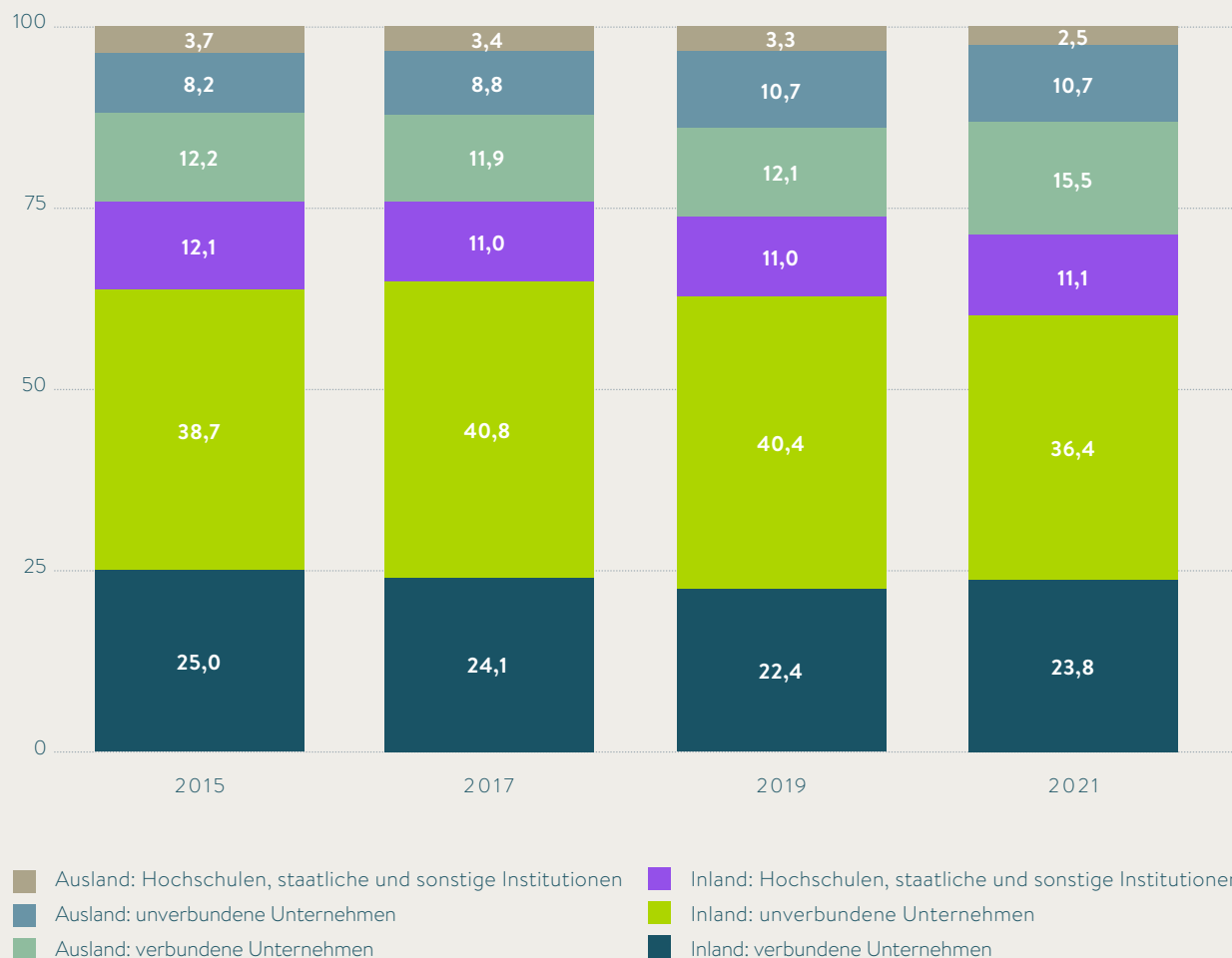


Abb. 20
Verteilung der Auftragnehmer im Zeitverlauf

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Unternehmen sind, desto bedeutender externe FuE im quantitativen Verhältnis zu internen FuE-Aufwendungen werden. So investierten Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten pro Euro in interne FuE 38 Cent in externe FuE – also 47 Prozent mehr als kleine Unternehmen.

Ein Blick auf die Entwicklung externer FuE-Aufwendungen in den Branchen verrät sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede (vgl. Abbildung 22). Die Bedeutung externer Forschungsaufträge in Relation zu internen FuE-Aufwendungen weist fast durchgehend eine steigende Tendenz auf. Insbesondere 2021 ist zuletzt durchgehend eine relative Steigerung der Mittel, welche in externe Aufträge investiert werden, festzustellen. Dabei ist allerdings insbesondere ein extremer Wert inhaltlich einzuordnen: FuE-Dienstleistungen beinhalten auch den Wirtschaftszweig 72 (Forschung und Entwicklung) welcher wiederum die Biotechnologien umfasst. Diesem Wirtschaftszweig sind die im Rahmen der COVID-19-Pandemie impfstoffforschenden Unternehmen zugeordnet, sodass die Werte einem besonderen Effekt unterliegen. Ansonsten ist nur in der Pharma- und Metallbranche keine eindeutige Steigerung zu beobachten.

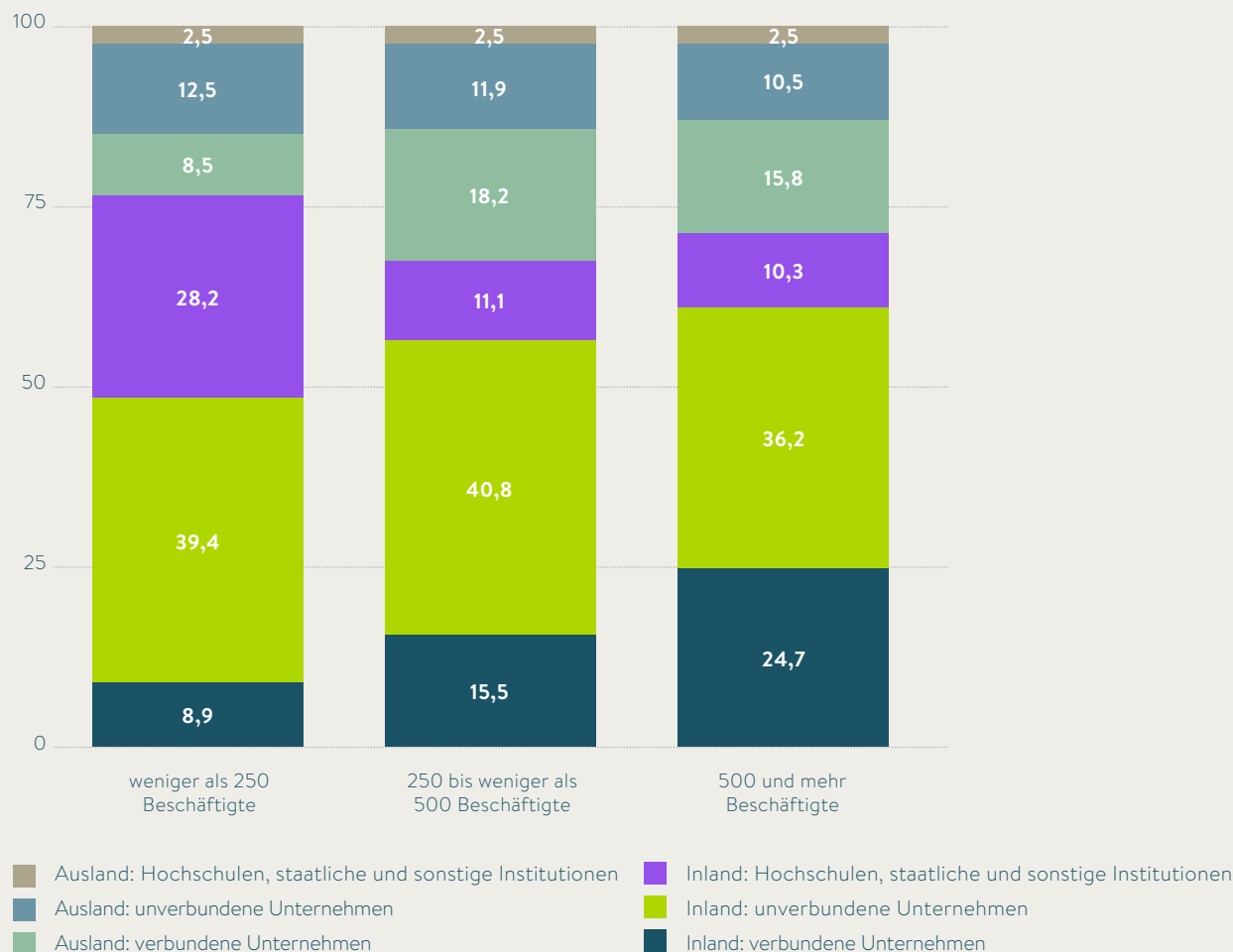


Abb. 21
Verteilung der Auftragnehmer nach Unternehmensgröße

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Es wird deutlich, dass externe FuE-Aufwendungen insbesondere in der Kfz- und Pharmabranche eine außerordentlich hohe Bedeutung genießen. Dagegen ist in der Informations- und Kommunikationsbranche, welche sich durch hohe Wachstumsraten bei den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in den vergangenen Jahren auszeichnet hat (siehe Kapitel 1), ein relativ geringer Umfang von externen Forschungsaufträgen zu beobachten.

Auch die Ziele externer FuE-Aufträge unterscheiden sich zwischen den Wirtschaftszweigen. Die höchste Bedeutung haben Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen für die FuE-Dienstleistungen. Diese investieren fast 37 Prozent ihrer externen FuE-Aufwendungen nicht in Unternehmen, sondern in inländische und ausländische Universitäten sowie Forschungseinrichtungen. Dagegen investiert die Elektro-Branche auf der Gegenseite fast 93 Prozent ihrer externen FuE-Aufwendungen in verbundene und unverbundene Unternehmen – Ausland und Inland zusammengerechnet. Das Ausland als Zielort von externen FuE-Aufträgen hat insbesondere in der Chemie- und Pharmabranche eine herausragende Stellung – deutlich mehr als die Hälfte der externen FuE landet hier bei ausländischen Auftragnehmern. Dagegen werden über 80 Prozent der FuE-Aufwendungen an inländische Auftragnehmer in der Metall- und Maschinenbau-Branche investiert.

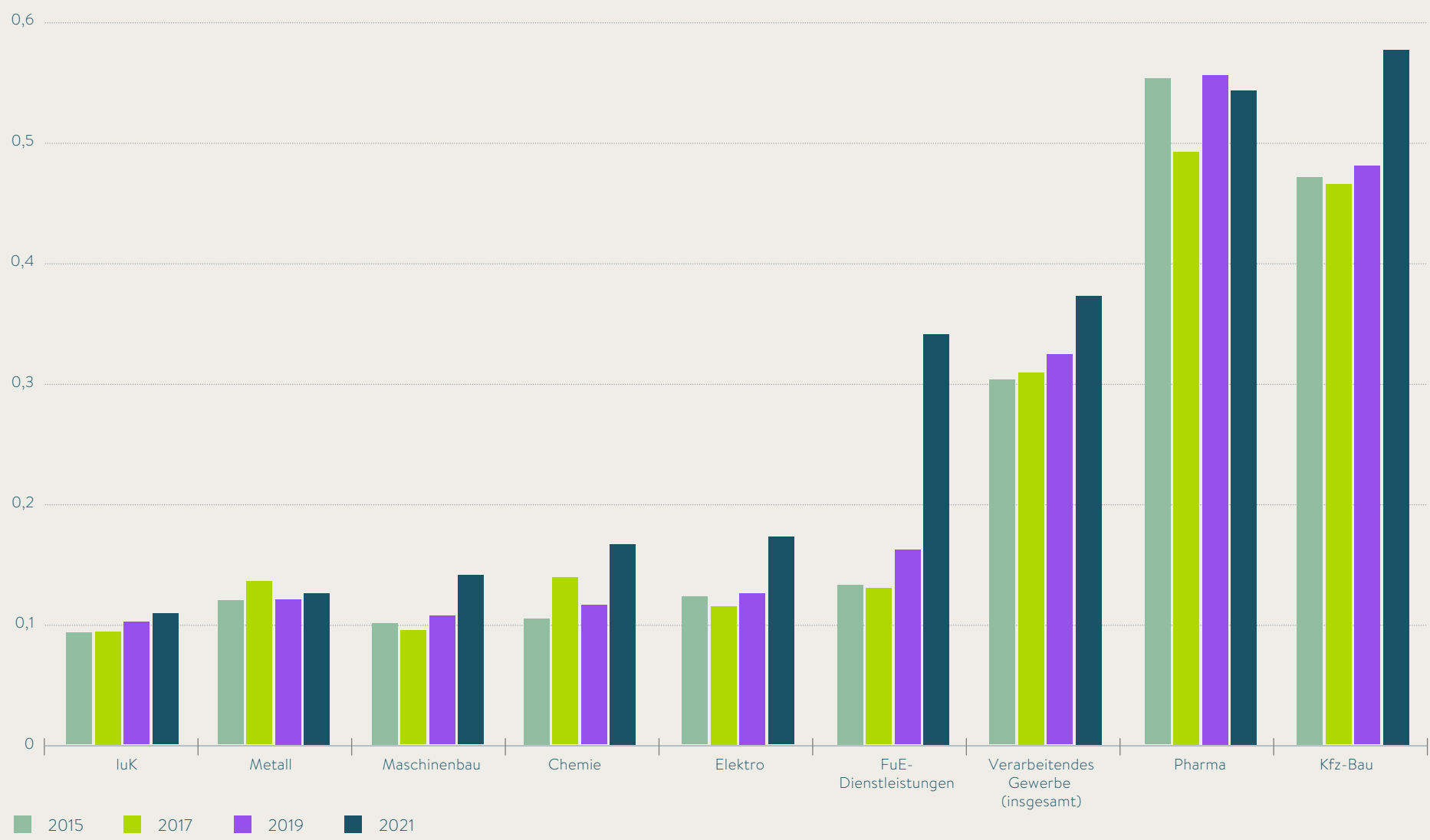


Abb. 22
Externe FuE pro Euro interner FuE-Aufwendungen

In Euro

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Betrachtet man die jüngsten Entwicklungen im deutschen Wirtschaftssektor, so wird der starke Bedeutungszuwachs externer FuE-Aufträge mehr als deutlich. Insbesondere ausländische verbundene Unternehmen gewinnen als Auftragnehmer an Bedeutung. Diese Entwicklungen sind zwar nicht neu, aber der Trend hat sich in jüngster Zeit noch einmal verstärkt. Die Bedeutung dieser Entwicklungen ist vielschichtig. Zum einen gehen dem Wirtschaftsstandort Deutschland – soweit ausländische FuE-Ausgaben substitutiv zu inländischen FuE-Ausgaben wirken – Mittel für FuE verloren, zum anderen betrifft dies insbesondere Spitzentechnologien, die zunehmend im Ausland erforscht werden. Inwieweit dies der Fall ist, warum möglicherweise FuE-Aktivitäten verstärkt ins Ausland abwandern und welche Effekte dies für den FuE-Standort Deutschland hat, kann derzeit noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden.



—
06
—

REGIONALE DISPARITÄTEN UND IHRE DYNAMIK

Von Bernd Kreuels, Kim Micke, Andreas Kladroba

- Süddeutschland dominiert weiterhin das regionale FuE-Geschehen
- Wirtschaftssektor, insbesondere der Automobilbau, ist ausschlaggebend für Ranking
- Die Ungleichheit der FuE-Aufwendungen zwischen den Bundesländern nimmt im Zeitablauf leicht zu

Forschungsregionen im Wandel

Die regionalen und sektoralen Unterschiede im Einsatz finanzieller und personeller Ressourcen für FuE klaffen in Deutschland tendenziell immer stärker auseinander. Den Ausschlag dafür gibt die räumliche Verteilung der FuE-Kapazitäten im Wirtschaftssektor, mit Schwerpunkten in den drei süddeutschen Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern und Hessen) und vereinzelt Hot Spots im Norden (Ost-Niedersachsen), Westen (Rheinschiefe) und Osten (Berlin, Sachsen-Dreieck, Thüringer Städtekette). In den Stadtstaaten und in Ostdeutschland wird ein überdurchschnittlich hoher Anteil der finanziellen Mittel und des Personals für FuE in Hochschulen und staatlichen Forschungsinstituten eingesetzt, wodurch die Defizite in der Industrieforschung jedoch nur teilweise kompensiert werden können. Erfreuliche Lichtblicke entwickeln sich im Südwesten und in Thüringen.

Forschungsstarke Wirtschaft in Süddeutschland legt weiter zu

Das süddeutsche Spitzenduo konnte seine führende Position in der deutschen Forschungslandschaft aufgrund des forschungsstarken Wirtschaftssektors in der zurückliegenden Dekade weiter ausbauen, trotz unterdurchschnittlicher Anteile der öffentlichen Forschung an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung. Allerdings zieht Baden-Württemberg immer stärker davon und lässt Bayern inzwischen deutlich hinter sich. Der Abstand

bei der FuE-Intensität beträgt mehr als 2 Prozentpunkte. Baden-Württemberg hat bereits die 5,5-Prozentmarke erreicht, Bayern bewegt sich noch unter der 3,5-Prozentmarke. Stark aufgeholt haben Thüringen und der Südwesten, wo sowohl Rheinland-Pfalz als auch das Saarland überproportional zulegen. In den meisten anderen Bundesländern stagnierte der Forschungsaufwand im Verhältnis zum BIP in den vergangenen zehn Jahren.

FuE-Volumen abhängig vom regionalen Branchenmix

Ein Großteil der Unternehmen aus forschungsstarken Industriebranchen, insbesondere dem Kraftfahrzeugbau, der Elektrotechnik und dem Maschinenbau, sowie eine beachtliche Zahl forschender Dienstleister sind in Baden-Württemberg oder Bayern beheimatet, wodurch dort Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in beträchtlichem Umfang aufgebaut wurden. Die hessische Industrieforschung wird von der pharmazeutischen Industrie dominiert, gefolgt vom Kraftfahrzeugbau und forschenden Dienstleistungsbranchen. Während die niedersächsische Wirtschaft monostrukturell fast die Hälfte ihrer FuE-Ressourcen im Kraftfahrzeugbau einsetzt, erscheint der Branchenmix in Nordrhein-Westfalen zwar sehr ausgewogen, die FuE-Intensität des einwohnerstärksten Bundeslandes liegt jedoch auf einem geringen Niveau. In Ostdeutschland fehlt das industrielle Strukturgewicht der Branchen der hochwertigen Technologien.

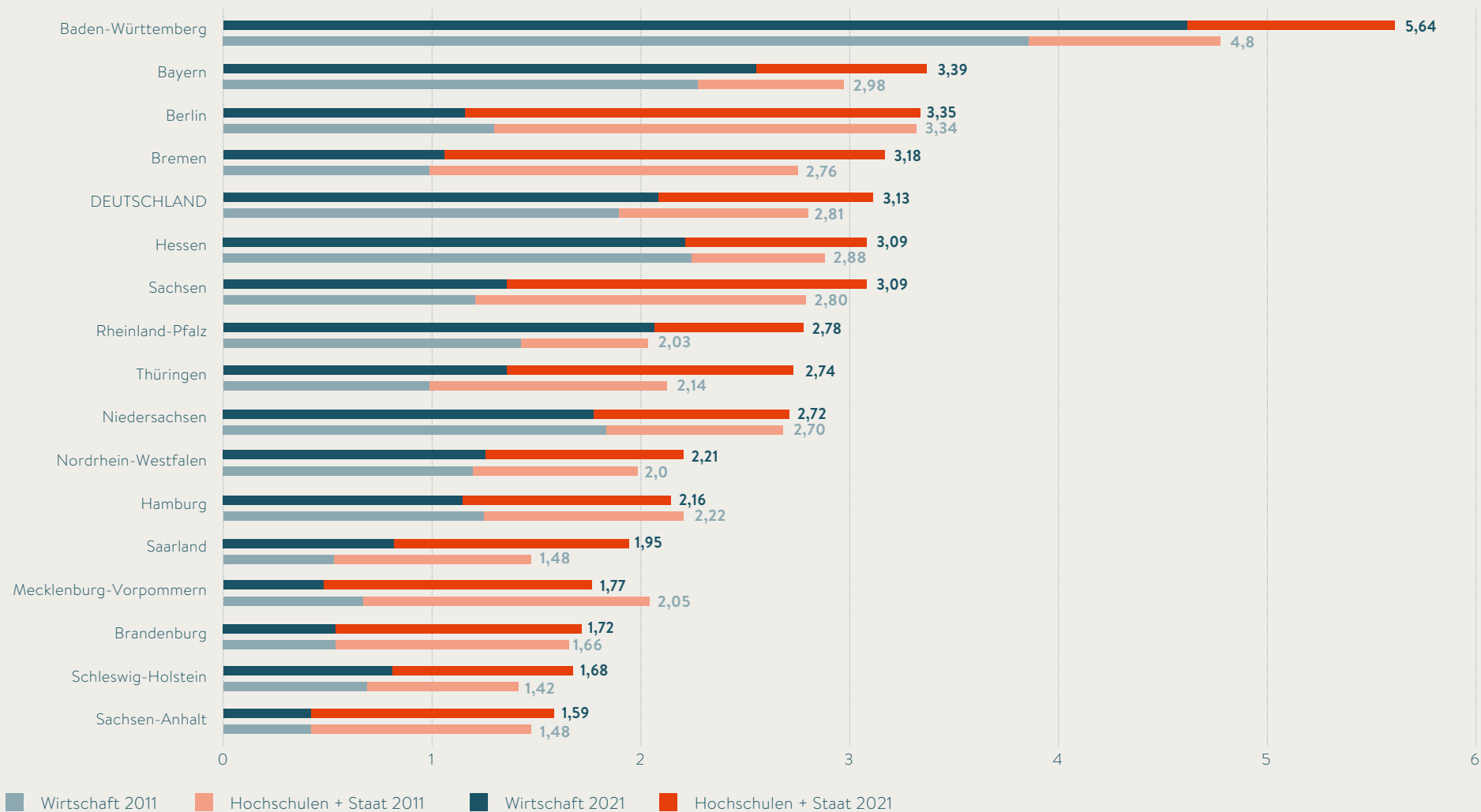


Abb. 23
FuE-Aufwendungen in Deutschland als Anteil am regionalen BIP – nach Sektoren und Bundesländern 2011 und 2021

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023, und Destatis

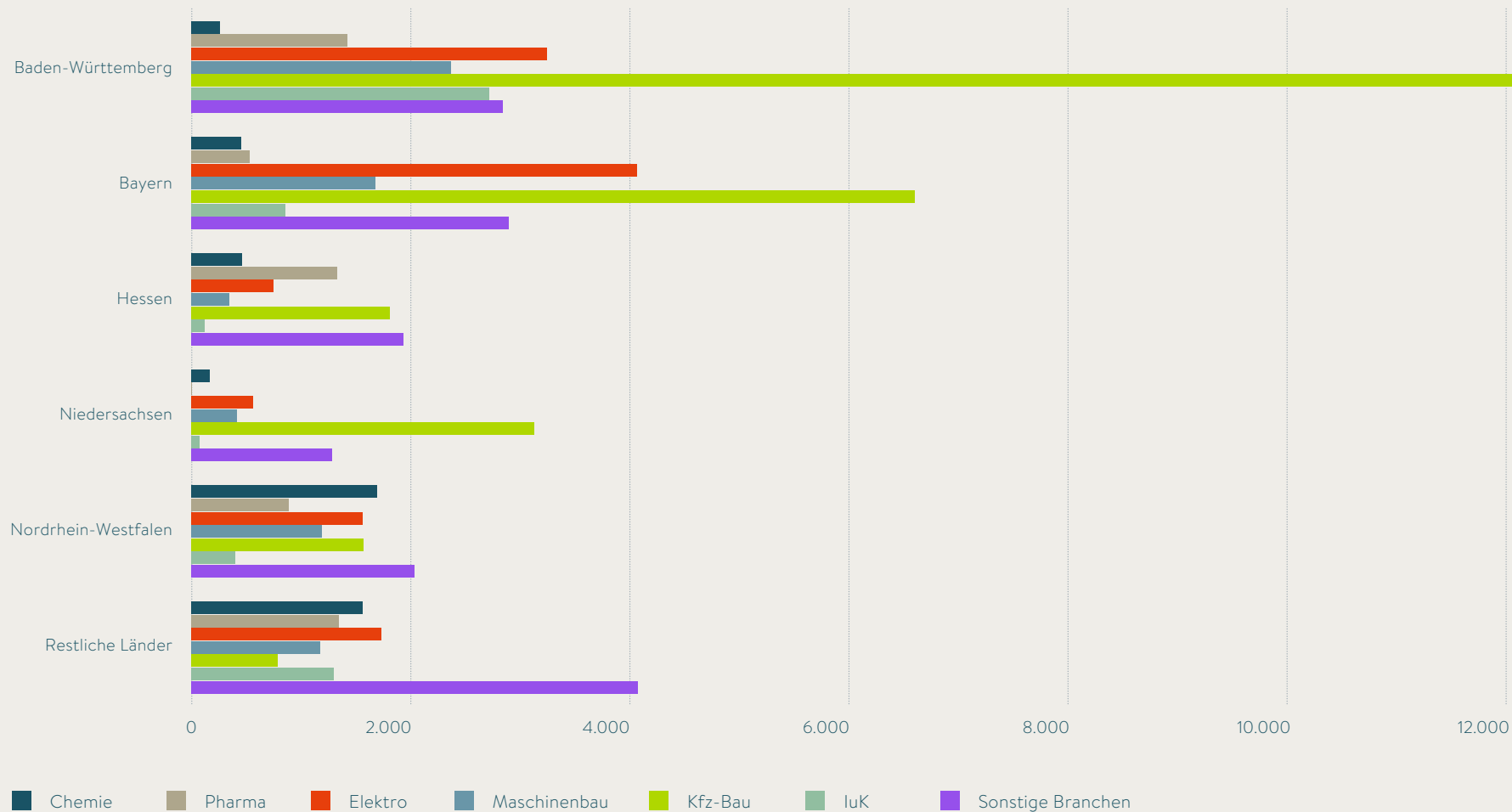


Abb. 24
Interne FuE-Aufwendungen der Unternehmen 2021,
nach ausgewählten Wirtschaftszweigen und Bundesländern

In Millionen Euro

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023, und Destatis

Bedeutung forschungsintensiver Branchen nimmt zu

Schwerpunkte der westdeutschen Industrieforschung liegen eindeutig in den volumentreibenden hochwertigen Technologien, allen voran im Automobilbau, aber auch im Maschinenbau und in der Grundstoffchemie. Einige Bundesländer (Niedersachsen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen) generieren hierin zwar hohe Forschungsvolumina, werden aber in der Rangfolge nach Spitzentechnologie-Anteilen von den hoch spezialisierten Stadtstaaten verdrängt. Singuläre Hightech-Stärken haben Hessen (pharmazeutische Industrie), Hamburg (Luft- und Raumfahrt) und Thüringen (Elektronik) nach vorne gebracht, während Bayern über einen ausgewogenen Branchenmix sowohl in den Spitzentechnologien als auch in den hochwertigen Technologien verfügt.

Großunternehmen erbringen FuE-Volumen

In Deutschland werden FuE überwiegend von Großunternehmen durchgeführt. Gut drei Viertel des FuE-Personals entfallen auf Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten. Eine solche Konzentration findet sich in dieser Ausprägung nur noch in Japan und in den USA (Schasse et al., 2020). Großunternehmen entscheiden somit nachhaltig über das FuE-Volumen der Wirtschaft und aufgrund des Größeneffekts auch über die gesamtwirtschaftliche FuE-Intensität, obwohl ihre durchschnittliche FuE-Intensität (Anteil der internen FuE-Aufwendungen am Umsatz) mit 2,6 Prozent

erheblich geringer ist als die von Kleinunternehmen (weniger als 50 Beschäftigte) mit 8 Prozent. Kleine Unternehmen sind häufig auf die Entwicklung neuer Technologien oder den Wissenstransfer in innovationsferne Branchen spezialisiert. Mittlere und größere Unternehmen haben ihre Schwerpunkte hingegen häufiger anwendungsorientiert in den klassischen deutschen Domänen der hochwertigen Technik. Industrielle Großunternehmen wiederum, die vor allem im süddeutschen Raum angesiedelt sind, nutzen ihre Größenvorteile, wenn die eingesetzte Technik hohe FuE-Aufwendungen erfordert. Die deutlichen Unterschiede in der Größenstruktur zwischen westdeutscher und ostdeutscher Wirtschaft übertragen sich auch auf die regionale Größenstruktur der forschungstreibenden Unternehmen; nach wie vor mangelt es in den neuen Bundesländern an forschenden Großunternehmen.

FuE-Landkarte der Wirtschaft

FuE vollziehen sich im räumlichen Kontext, auch in Zeiten digitaler Technologien. Regionen bieten den zentralen Handlungsraum für Kooperationen zwischen FuE-relevanten Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft. Sie stellen Infrastruktur bereit, die von innovativen Unternehmen und kreativen Menschen genutzt werden kann. Sie schaffen ein Umfeld und ein Milieu, das Innovationen fördern oder behindern kann.

Vergleicht man die 96 Raumordnungsregionen nach Forschungsintensitäten, also nach dem Verhältnis von FuE-Input zu gesamtwirtschaftlichem

Output (hier: Anteil des FuE-Personals an den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten), verläßt ein Blick auf die FuE-Landkarte: Bedeutende Forschungszentren bestehen in Deutschland immer noch rund um die Stammsitze der Automobilhersteller, angeführt von den Regionen Ingolstadt, Stuttgart und Braunschweig, gefolgt von Starkenburg (Darmstadt), Ostwürttemberg (Heidenheim), Unterer Neckar (Mannheim/Heidelberg), Donau-Iller BW (Ulm), München, Main-Rhön (Schweinfurt), Franken (Heilbronn) und Bodensee-Oberschwaben (Friedrichshafen). Die Vielzahl der Hauptsitze und Deutschlandniederlassungen intensiv forschender Unternehmen in Süddeutschland geben den Ausschlag für dessen großen Vorsprung in der Forschungsintensität.

Regionale Forschungszentren

Forschungsregionen entstehen entlang gewachsener, funktionaler Wirtschafts- und Siedlungsstrukturen, die nicht immer auch administrativ adäquat abgegrenzt werden können. Forschungsstarke Industrien finden sich vor allem in hochgradig agglomerierten Räumen. Dort, wo Unternehmen bereits seit langem viel für Forschung ausgeben, ist im Zusammenspiel mit staatlichen Akteuren eine Wissenschaftsinfrastruktur entstanden, die weitere Investitionen und Akteure anzieht. Das gilt analog für hochqualifiziertes Forschungspersonal, welches dem Ruf der Forschungsstätten an kulturell interessanten Standorten folgt. So können sich Cluster entwickeln, also eine räumliche Konzentration miteinander verbundener Unternehmen und

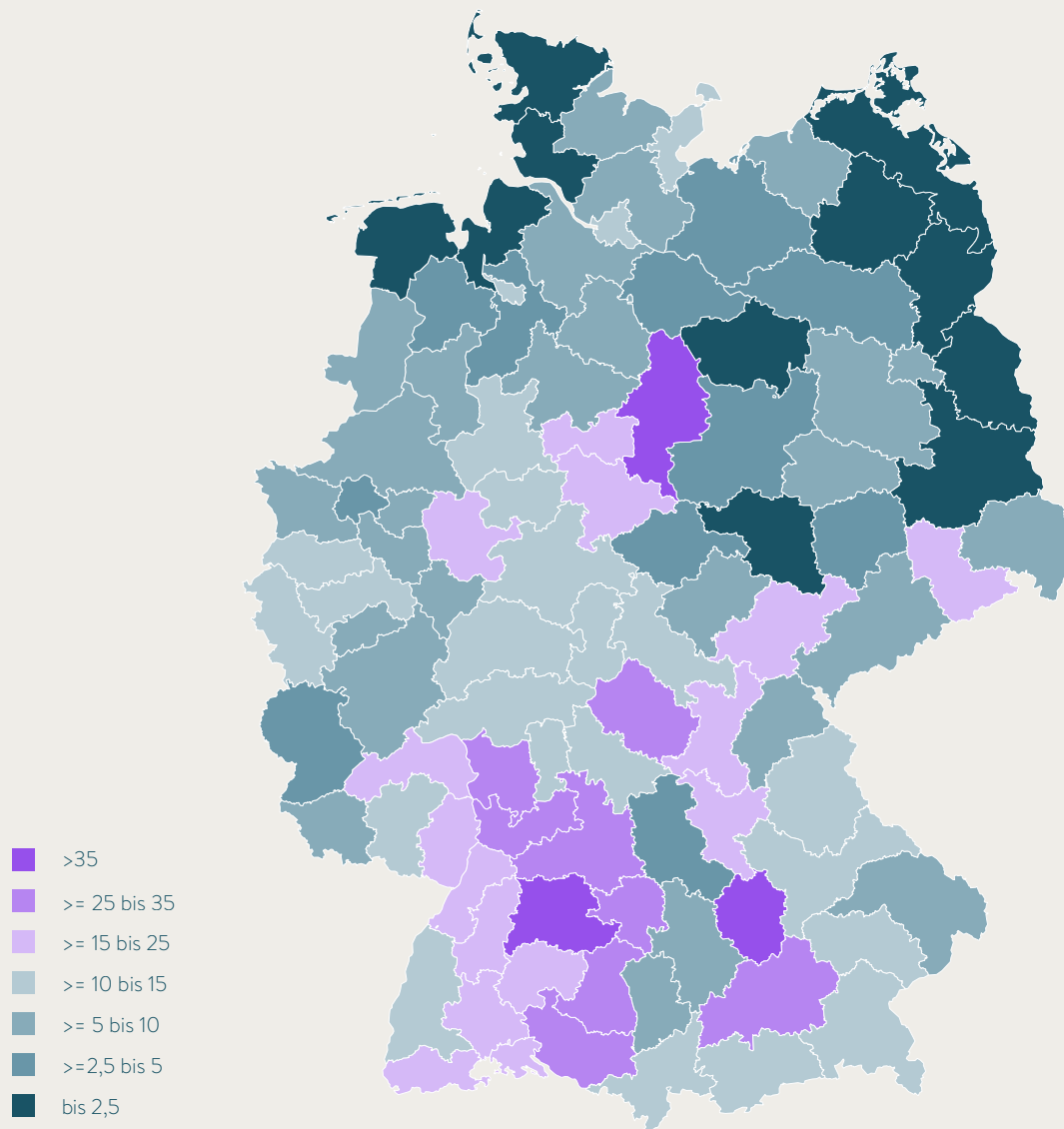


Abb. 25
FuE-Personal der Wirtschaft je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Nach Raumordnungsregionen 2021

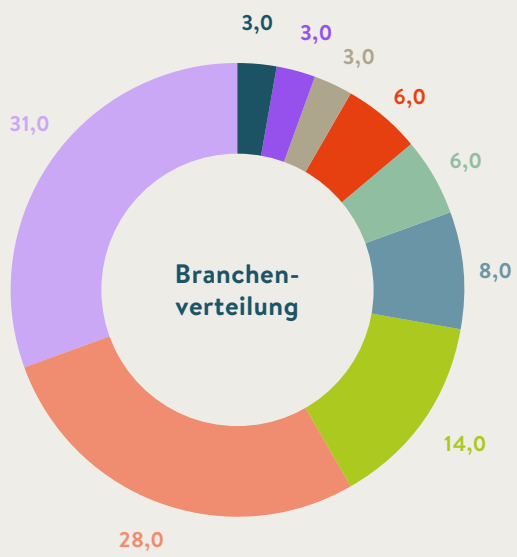
Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023, und Bundesagentur für Arbeit

Institutionen innerhalb eines bestimmten Wirtschaftszweiges oder einer Wertschöpfungskette. Diese können sehr innovationsstark sein, bergen aber bei hoch spezialisierter, monostrukturierter Ausrichtung das Risiko von Krisenanfälligkeit und Inflexibilität (lock-in).

In Deutschland sind die Millionenmetropolen Berlin, Hamburg, München und Köln gekennzeichnet durch forschungsstarke Unternehmen sowie leistungsstarke Universitäten und Forschungsinstitute in ihren jeweiligen Stadtkernen, aber auch einem vergleichsweise schwächer strukturierten FuE-Umland. Demgegenüber charakterisiert eine ausgewogenere Verteilung der Forschungsstandorte in der Fläche die vielfältig miteinander vernetzten Hightech-Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Rhein-Main.

Regionale Konzentration von FuE

In der öffentlichen Diskussion zur regionalen Verteilung der FuE-Aktivitäten der Wirtschaft wird gerne zwischen „FuE-starken“ und „FuE-schwachen“ Bundesländern unterschieden. Dies ist insofern berechtigt, da etwa das Verhältnis der internen FuE-Aufwendungen von Mecklenburg-Vorpommern und Baden-Württemberg bei 1:100 liegt. Dadurch wird der Eindruck erweckt, unternehmerische FuE sei in Deutschland in bestimmten Regionen konzentriert. Auch die Berichterstattung des Stifterverbandes geht oftmals in diese Richtung. Wir wollen uns in diesem Unterkapitel daher zwei Fragen widmen:

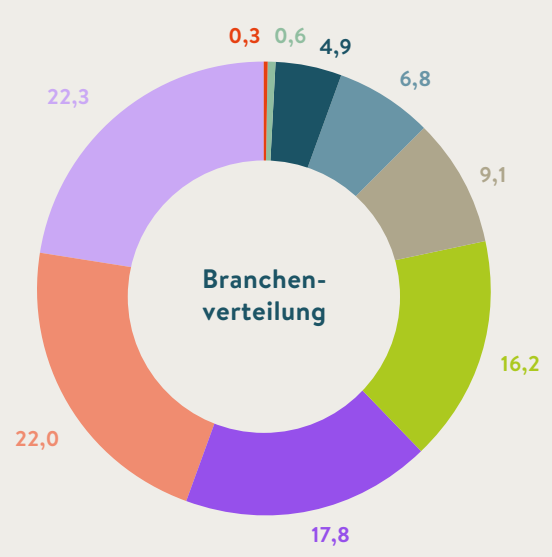


- Chemie
- FuE-Dienstleistungen
- Maschinenbau
- Kfz-Bau
- Pharma
- IuK
- Rest
- Verarbeitendes Gewerbe (Rest)
- Elektro

Abb. 26
Unternehmen (Ostthüringen)
mit 250 oder mehr Beschäftigten

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023



- Chemie
- FuE-Dienstleistungen
- Maschinenbau
- Kfz-Bau
- Pharma
- IuK
- Rest
- Verarbeitendes Gewerbe (Rest)
- Elektro

Abb. 27
Unternehmen (Ostthüringen)
mit weniger als 250 Beschäftigten

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Wie stark ist die Konzentration tatsächlich? Lässt sich der subjektive Eindruck durch objektive statistische Maßzahlen bestätigen?

1. Wie hat sich die Konzentration im Zeitablauf verändert?

Bezüglich beider Fragen hält die Statistik den Gini-Koeffizienten zur Messung der relativen Konzentration bereit. Unter relativer Konzentration versteht man die Betrachtung, dass immer ein Anteil an den Merkmalsträgern (hier: Bundesländer) einem Anteil an der Merkmalssumme (hier: interne FuE-Aufwendungen) gegenübergestellt wird. Eine Aussage der relativen Konzentration könnte also sein: „Die 25 Prozent forschungstärksten Bundesländer vereinen 75 Prozent der internen FuE-Aufwendungen auf sich.“ Der Gini-Koeffizient komprimiert diese Aussagen in einer einzigen Zahl. Stellt man dabei einfach nur die Bundesländer einander gegenüber (ungewichteter Gini-Koeffizient) erhält man für 2021 einen Wert von 0,659. Dabei kann der Gini-Koeffizient Werte von null bis unter eins annehmen, wobei ein Wert von null eine totale Parität beschreiben würde. Das heißt, alle Bundesländer hätten die gleichen FuE-Aufwendungen. Unter diesem Aspekt ist 0,659 ein relativ hoher Wert. Es besteht also eine spürbare regionale Konzentration von FuE.

Dabei wird allerdings außer Acht gelassen, dass die Bundesländer deutliche Unterschiede in ihrer Größe aufweisen. So hat Baden-Württemberg (um im Beispiel zu bleiben) fast die siebenfache Einwohnerzahl von Mecklenburg-Vorpommern.

Daher wäre es plausibel, dass die FuE-Aktivitäten von Baden-Württemberg deutlich höher ausfallen als die von Mecklenburg-Vorpommern. Nimmt man die Einwohnerzahl als Indikator für die Größe des Bundeslandes mit in die Berechnung auf (gewichteter Gini-Koeffizient), beträgt der Wert für 2021 nur noch 0,318 und zeigt damit eine relativ geringe Konzentration an. Er bestätigt also die naheliegende Feststellung, dass große (= einwohnerstarke) Bundesländer viel FuE und kleine Bundesländer weniger FuE haben.

Bezüglich der zweiten Fragestellung (zeitliche Entwicklung) lassen sich zwei Hypothesen formulieren:

1. Aufgrund nationaler und internationaler Strukturförderprogramme werden schwache Regionen gestärkt. Dies sollte sich in einem abnehmenden Gini-Koeffizienten zeigen.
2. Die Schere klafft immer weiter auseinander. FuE wird vor allem dort, wo bereits entsprechende Strukturen bestehen, weiter ausgebaut und die übrigen Regionen verlieren immer weiter den Anschluss. Dies würde sich an einem zunehmenden Gini-Koeffizienten zeigen.

Eine Auswertung der Daten von 2001, 2011 und 2021 zeigt folgendes Bild: Sowohl der gewichtete als auch der ungewichtete Gini-Koeffizient nehmen im Zeitablauf zu, auch wenn die Veränderung nur minimal ist. So steigt der ungewichtete Gini-Koeffizient von 0,635 (2001) über 0,648 (2011) auf 0,659 (2021). Der gewichtete Gini-Koeffizient

steigt von 0,279 (2001) über 0,30 (2011) auf 0,318 (2021). Die Veränderungen sind zwar gering, zeigen aber zumindest, dass eine Förderung strukturschwacher Regionen in den vergangenen Jahren nicht zu einer Reduzierung regionaler Disparitäten geführt hat. Gleichwohl ist nicht zu beantworten, wie stark die räumliche Konzentration ohne jedwede strukturpolitische Regionalförderung zugenommen hätte.

Betrachtung einer Schwerpunktregion: Ostthüringen

Jena spielt in Deutschland eine große Rolle in der Optik- und Feinmechanikindustrie. Der Titel „Boomstadt“ (Bidder, 2019) lässt auf einen rasanten (Struktur-)Wandel schließen. Als wichtigste Treiber unter den großen Unternehmen in Jena zählen die Unternehmen der ZEISS Gruppe sowie der Jenoptik AG. Sie sind, zusammen mit der Universität, die Standortbildner und prägen das regionale Innovationssystem, das

bereits vor der Vereinigung auf die optische Industrie spezialisiert war. In diesem Kapitel soll ein Blick auf die Entwicklung der kleinen und mittleren Unternehmen in der Raumordnungsregion Ostthüringen geworfen werden. Zu Ostthüringen zählen die Städte Jena und Gera, die Landkreise Saalfeld-Rudolstadt, Altenburger Land und Greiz sowie der Saale-Holzland-Kreis und der Saale-Orla-Kreis. In Ostthüringen können die meisten großen Unternehmen den Branchen Elektro und verarbeitendes Gewerbe zugeordnet werden (vgl. Abbildung 26). Dies gilt auch für die dort ansässigen KMU (vgl. Abbildung 27).

Von 2014 bis 2020 galt die „Regionale Forschungs- und Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung für Thüringen der Förderperiode 2014 bis 2020“, die – in Verbindung mit dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) – die FuE-Aktivitäten der dort ansässigen Unternehmen nachhaltig gesteigert haben soll (Thüringer Ministerium für Wirtschaft, 2021).

0,659

Der ungewichtete Gini-Koeffizient zeigt eine relativ hohe regionale Konzentration von FuE in Deutschland an

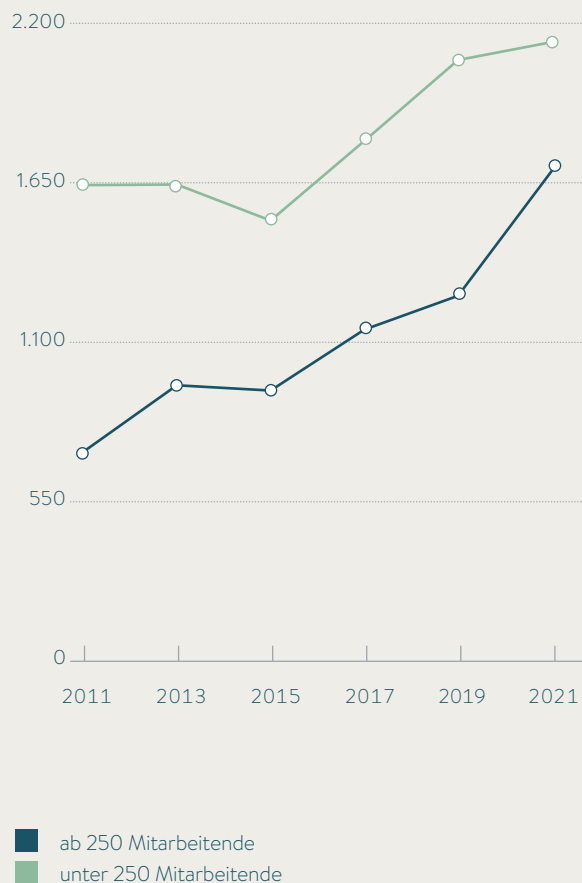


Abb. 28
FuE-Personal in Ostthüringen

In FTEs (Full-Time-Equivalents, Vollzeitäquivalenten)

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

Auch die Daten der FuE-Erhebung weisen für Ostthüringen auf eine positive Entwicklung hin: In Abbildung 28 ist sowohl für große Unternehmen als auch für KMU ein, bis auf einen Einknick im Jahr 2015, allgemein positiver Trend des FuE-Personals zu beobachten.

Trotz der Ähnlichkeiten der beiden Unternehmensgruppen in Bezug auf die Branchenzugehörigkeit weist die Analyse der Forschungsfelder darauf hin, dass sich die KMU und die großen Konzerne diesbezüglich voneinander unterscheiden. 30 Prozent der großen Unternehmen in Ostthüringen haben Angaben zu ihren Forschungsfeldern gemacht. Mehr als 50 Prozent des FuE-Personals dieser Unternehmen forscht demnach in dem Bereich Optische Technologien. Darauf folgt der Gesundheitsbereich mit circa 21 Prozent der FuE-Beschäftigten. Für etwa 23 Prozent der KMU liegen die entsprechenden Angaben vor. Etwa 17 Prozent des FuE-Personals dieser KMU forschen jeweils in den Bereichen Gesundheitsforschung und Gesundheitswirtschaft beziehungsweise Nanotechnologien und Werkstofftechnologien. In dem Forschungsfeld Optische Technologien sind es unter den KMU lediglich etwa 5 Prozent.

Technologisch existiert eine Vielzahl potenzieller Schnittstellen zwischen den genannten technologischen Schwerpunkten. Im Regional Innovation Scoreboard 2023 der Europäischen Kommission werden als Stärken des Bundeslandes Thüringen Kollaborationen zwischen innovativen KMU sowie die Höhe der FuE-Ausgaben des öffentlichen

Sektors in Prozent des BIP identifiziert (Europäische Kommission, 2023a, S. 48/62). Dabei bekleidet Thüringen bei beiden Indikatoren einen Platz unter den Top-40-Regionen in der EU. Auch in Bezug auf die Anzahl von öffentlich-privaten Ko-Publikationen liegt Thüringen über dem Bundes- und EU-Durchschnitt (Europäische Kommission, 2023b).

Wie aus Abbildung 23 ersichtlich wird, ist in Thüringen in den vergangenen zehn Jahren sowohl im Wirtschafts- als auch im Staats- und Hochschulsektor ein positiver Trend hinsichtlich der FuE-Tätigkeit zu beobachten. Das FuE-Personal im Wirtschaftssektor nahm in diesem Zeitraum rasant zu (vgl. Abbildung 28). Mithilfe des Regional Innovation Scoreboard 2023 konnten netzwerkartige Verbindungen zwischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen und damit ausgeprägte Clusterstrukturen als mögliche Treiber der positiven Entwicklung in Thüringen identifiziert werden. Die Analyse der Schwerpunktregion weist als Schlussfolgerung zur Förderung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit einer Region auf den Auf- beziehungsweise Ausbau eines intensiven Wissenstransfers zwischen den drei Sektoren und damit eng verwobener Wissens- und Wirtschaftscluster hin.

—
07
—

FuE-OUTPUT

Von Andreas Kladroba und Kim Micke

- Inputindikatoren für die FuE-Tätigkeit lassen sich unabhängig vom Sektor und vom Zeitpunkt anwenden
- Outputindikatoren sind in ihrer Bedeutung dagegen stark vom Sektor abhängig
- Beide Messgrößen haben Nachteile, sodass eine parallele Betrachtung sinnvoll sein kann
- Analyse von Produkt- und Prozessinnovation in der FuE-Erhebung sowie Patentanmeldungen als zwei Indikatoren der Output-Messung
- Die beiden Indikatoren weisen unterschiedliche Ergebnisse in Bezug auf die Spitzenbranchen auf

Die Aufgabe FuE zu messen, stellt sich schnell als äußerst komplex heraus. Nicht nur die Akteurinnen und Akteure im Forschungsgeschehen zeigen sich extrem heterogen, auch die Interessen der eine entsprechende Statistik Nutzenden sind breit gestreut. Darüber hinaus ist der Messgegenstand „Forschung“ als latente Variable nur schwer zu fassen. Die „offizielle“ FuE-Statistik – und damit auch der weitaus größte Teil dieser Publikation – beschäftigt sich mit der Inputseite des FuE-Prozesses. In diesem Kapitel soll dagegen der Output und damit auch die Konsequenz der Forschungstätigkeit beleuchtet werden.

Die Messung von FuE

Das Frascati-Handbuch definiert als internationales Regelwerk für die Durchführung der FuE-Erhebung FuE als „schöpferische und systematische Arbeit zur Erweiterung des Wissensstandes“ (OECD, 2018, Ziffer 2.5). Für die Messung von FuE ist dabei zentral, dass Forschung ein Prozess im Zeitablauf ist. In der Regel wird Forschung in Projekten durchgeführt. Das Projekt startet zu einem bestimmten Zeitpunkt, nimmt einen meist vordefinierten zeitlichen Verlauf und endet schließlich wieder zu einem bestimmten Zeitpunkt. Während des Verlaufs wird der Prozess mit Input „gefüttert“. Aus der Sicht der FuE-Erhebung sind dies vor allem Geld und Personal. Das Frascati-Handbuch sieht daher die FuE-Aufwendungen und das FuE-Personal als Kernindikatoren für die Messung der Quantität von FuE vor (eine qualitative Messung ist in diesem Zusammenhang nicht vorgesehen).

Die Verwendung dieser Indikatoren bringt einige Vorteile mit sich:

- In der Abgrenzung des Frascati-Handbuchs findet FuE in den Sektoren Wirtschaft, Staat, Hochschulen und „Privat non Profit“ statt. Die Indikatoren „Aufwendungen“ und „Personal“ sind gleichermaßen in allen Sektoren anwendbar.
- Zumindest die internen FuE-Aufwendungen ermöglichen in relativ einfacher Weise eine überschneidungsfreie und vollständige Erfassung der FuE-Aktivitäten. Beim Personal ist das schwieriger, weil die Beschäftigten in einem Unternehmen oftmals zusätzlich zu FuE auch in anderen Bereichen (Produktion, Design usw.) tätig sind. Daher fordert das Frascati-Handbuch eine scharfe Trennung zwischen den Tätigkeiten und erfasst nur den Anteil der Gesamtarbeitszeit, der für FuE aufgewandt wird.
- Die Indikatoren können zu höheren Aggregaten aufsummiert werden. So werden Gesamtwerte zum Beispiel für Branchen oder auch Regionen ausgewiesen.
- Vor allem durch die Verwendung der monetären Größe „FuE-Aufwendungen“ ist die FuE-Statistik kompatibel zu anderen Statistiken wie der Investitionsstatistik oder den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.

- Da FuE im Frascati-Handbuch als Prozess definiert wird, hängt es nicht vom Ergebnis ab, ob Forschung vorliegt oder nicht. Auch erfolglose Forschung wird im Frascati-Sinne als Forschung angesehen. Diese wird durch die Messung von Inputfaktoren miterfasst.

Nichtsdestoweniger birgt das Ausweisen von Inputindikatoren vor allem in der Interpretation einige Fallstricke.

- Das gesamte Indikatorensystem begründet sich auf einer einfachen Regel: Je höher der Indikator ausfällt, desto „mehr“ FuE findet statt. Dabei wird aber nicht beachtet, dass die Kapital- und die Personalintensität von Forschung ganz entscheidend von der Disziplin bestimmt wird, in der geforscht wird. So sind die meisten ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Forschungen deutlich kapital- und personalintensiver als zum Beispiel gesellschaftswissenschaftliche Forschung. Doch nur weil die einen teure Maschinen und Forschungslabore für ihre Tätigkeit brauchen, während die anderen vielleicht mit einer vernünftigen IT-Infrastruktur und ein paar Daten auskommen, bedeutet dies nicht, dass die Ingenieurin *mehr* forscht als beispielsweise ein Bildungswissenschaftler. Ähnliches gilt auch für den Personalbedarf. Technische Assistentinnen und Assistenten, die in vielen Naturwissenschaften zum Beispiel den Laborbetrieb managen, gibt es in den Geistes- oder Gesellschaftswissenschaften in der Regel nicht. Trotzdem forscht eine Chemieprofessorin nicht

unbedingt „mehr“ als ein Volkswirt, nur weil sie über mehr Personal verfügt.

- Wie bereits erwähnt, lassen sich FuE-Aufwendungen genauso wie das FuE-Personal problemlos zu höheren Aggregaten aufaddieren. Aber nicht alles, was rechnerisch möglich ist, ist auch inhaltlich sinnvoll. So umfassen die internen FuE-Aufwendungen Deutschlands (über alle Sektoren) sowohl die FuE-Aufwendungen von Volkswagen als auch die der Dietrich-Bonhoeffer-Forschungsstelle für Öffentliche Theologie an der Universität Bamberg. Wie wäre dann aber die Summe der beiden Zahlen zu interpretieren?
- Nicht zuletzt ist auch die Frage nach der Effizienz oder Produktivität von FuE zu stellen. Führt mehr FuE, auch unabhängig von der Forschungsdisziplin, auch zu entsprechend vermehrtem Wissen und zu neuen Erkenntnissen? Wie ist dieses Wissen qualitativ zu beurteilen? Muss ein ständiger Aufwuchs von FuE-Aufwendungen und FuE-Personal bei zugleich nur mäßig steigendem Output nicht auf Ineffizienzen im FuE-Geschehen hinweisen? Oder verschiebt sich aufgrund zunehmender technologischer Komplexität zwangsläufig das Verhältnis zwischen Input und Output im Zeitverlauf zugunsten des Inputaufwuchses?

Als vorläufiges Fazit kann an dieser Stelle gezogen werden, dass vieles für die Messung des FuE-Inputs spricht, aber die Interpretation durch die zusätzliche Betrachtung des FuE-Outputs fundiert werden kann.

Darüber hinaus muss natürlich konstatiert werden, dass nicht die Forschungstätigkeit selbst zu wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Fortschritt führt, sondern die Ergebnisse dieser Forschung. Es bietet sich also an, nicht nur Messansätze auf der Inputseite, sondern auch beim Output in den Blick zu nehmen.

Indikatorik für Outputmessung

Gemäß der oben angegebenen Definition von FuE des Frascati-Handbuchs besteht der Output aus „neuem Wissen“. Da dieses als latente Variable nicht direkt messbar ist, werden auch hier Indikatoren benötigt. Dabei zeigt sich, dass das Indikatorensystem weitaus komplexer sein muss als auf der Inputseite. Was die wichtigsten Indikatoren sind, hängt nicht nur vom Sektor ab, in dem man sich bewegt, sondern auch vom Forschungsgebiet. So sind Publikationen und deren Impact, die für Hochschulen und Forschungsinstitute extrem wichtige Indikatoren darstellen, für Unternehmen weitgehend uninteressant. Hier mögen beispielsweise Patente von weitaus größerer Bedeutung sein (Kladroba et al., 2021). Doch auch das hängt vom Forschungsgebiet ab. So sind bestimmte Forschungsergebnisse in der Medizin oder auch der Informatik überhaupt nicht patentierbar.

Auch betreiben viele Unternehmen eine Patentpolitik, die auf die Einreichung von Patenten verzichtet. Gründe dafür sind oftmals der damit verbundene bürokratische Aufwand und die Kosten für die Patentanmeldung. Aber auch die Veröffentlichungspflicht, die sich aus dem Patent ergibt, schreckt viele Unternehmen ab.

Um sich dem Thema „FuE-Output“ zu nähern, wird in der deutschen FuE-Erhebung (ähnlich wie in der Innovationserhebung des ZEW) der wirtschaftliche Erfolg von FuE in den Fokus genommen, wobei es sich dabei um einen Indikator handelt, der nur auf den Wirtschaftssektor anwendbar ist.

Produkt- und Prozessinnovation in der FuE-Erhebung

Im Rahmen der FuE-Erhebung werden die Unternehmen gebeten, den Anteil des durch FuE generierten Outputs am Umsatz des Unternehmens für das Jahr 2021 zu schätzen (Umsatzanteil für „Seit 2019 neu eingeführte Produkte/Dienstleistungen/Prozesse“). In 15.699 Fällen liegen keine Angaben zum Output vor. Die durchschnittlichen internen FuE-Aufwendungen dieser Gruppe liegen bei 3,6 Millionen Euro.

Für 3.644 Fälle liegen entsprechende Angaben zum durch FuE generierten Output vor. Die durchschnittlichen internen FuE-Aufwendungen dieser Gruppe liegen bei 5,3 Millionen Euro. Vermutlich kann in einem Unternehmen mit höheren FuE-Aufwendungen die Aufteilung eher angegeben werden

als in Unternehmen mit geringeren FuE-Aufwendungen. Dies mag an einer besseren Dokumentation oder an einer erhöhten Wahrscheinlichkeit, mit der ein neues Produkt oder Ähnliches aus den hohen FuE-Aufwendungen entsteht, liegen.

Für Abbildung 29 wurden die von den befragten Unternehmen angegebenen Werte der Umsatzanteile neuer Produkte in Zehnerschritten gruppiert. Die Gruppe 0 bis 10 Prozent ist dabei die am häufigsten besetzte Gruppe. 1.105 Unternehmen geben an, dass der Umsatz von FuE bis zu 10 Prozent des Gesamtumsatzes ausmacht. Danach ist ein abnehmender Trend zu beobachten mit geringen Abweichungen bei den Gruppen 50 bis 60 Prozent und 90 bis 100 Prozent.

Im Durchschnitt geben die befragten Unternehmen an, 23,4 Prozent des Umsatzes durch neue, aus FuE-Tätigkeiten entstandene Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse zu generieren. Dieser Mittelwert wird in Abbildung 30 mit den durchschnittlichen Werten der Kernbranchen verglichen. Unternehmen der Branchen Pharma, Chemie, Maschinenbau sowie das verarbeitende Gewerbe insgesamt erwirtschaften tendenziell weniger Umsatz aus ihren FuE-Tätigkeiten. Unternehmen aus den Branchen Elektro, FuE-Dienstleistungen, Kfz-Bau sowie Information und Kommunikation liegen über dem Durchschnitt von 23,4 Prozent. Die Verteilung der Unternehmen auf die Kernbranchen entspricht ungefähr der Verteilung im Gesamtsample und erlaubt daher eine vorsichtige Verallgemeinerung für den Wirtschaftssektor.

In kleinen und mittleren Unternehmen (bis 249 Beschäftigte) scheinen neue, durch FuE entstandene Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse einen höheren Prozentanteil am Gesamtumsatz auszumachen als in großen Unternehmen (vgl. Abbildung 31). Hier ist in der Regel das Produktspektrum geringer, sodass jedem einzelnen Produkt ein größeres Gewicht am Gesamtumsatz zukommt. Neue Produkte führen somit im Erfolgsfall zu größeren Auswirkungen auf den Umsatz.

Eine gegenteilige Rangordnung wird ersichtlich, wenn absolute Zahlen für das Jahr 2021 betrachtet werden. In kleinen und mittleren Unternehmen (bis 249 Beschäftigte) liegt der durchschnittliche Umsatz neuer Produkte, Dienstleistungen und Prozesse bei 1,6 Millionen Euro, in Unternehmen mit 250 bis 499 Beschäftigten bei 14,3 Millionen Euro. Große Unternehmen mit 500 oder mehr Beschäftigten weisen einen durchschnittlichen, durch FuE generierten Umsatz von 194,9 Millionen Euro auf. Insgesamt geben die 3.644 Unternehmen an, im Jahr 2021 insgesamt 55 Milliarden Euro aus neuen, durch FuE entstandenen Produkten, Dienstleistungen und Prozessen erwirtschaftet zu haben. Auf diesen Angaben beruhende Schätzungen ergeben für den gesamten Wirtschaftssektor einen durch FuE-Tätigkeiten generierten Umsatz von 300 bis 500 Milliarden Euro für das Jahr 2021. Zum Vergleich: Im selben Zeitraum betrug der von Unternehmen generierte Umsatz in Deutschland 7.789 Milliarden Euro (Statistisches Bundesamt, 2023).

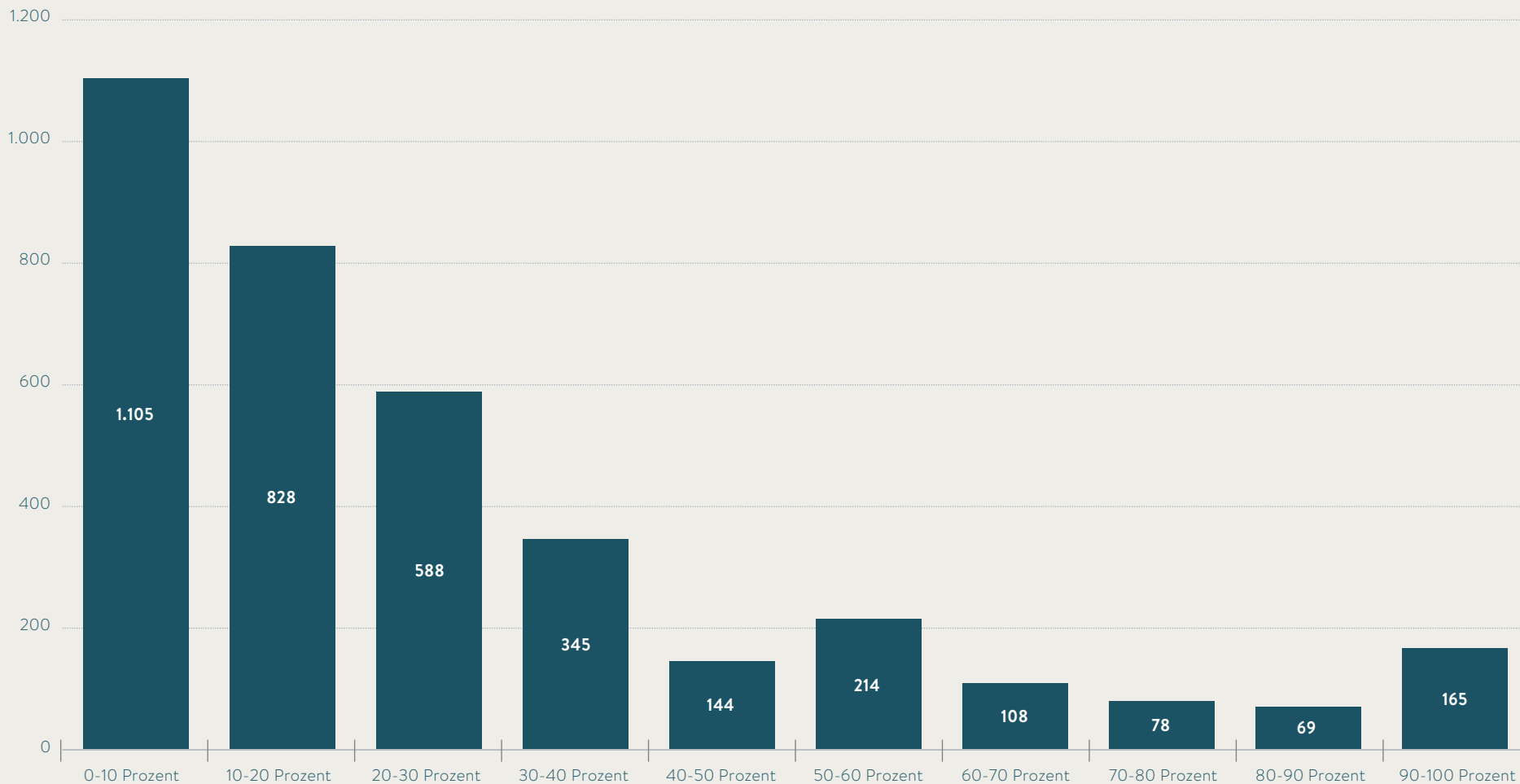


Abb. 29
Anteil neuer Produkte und Dienstleistungen am Gesamtumsatz

Absolute Häufigkeit, gruppiert

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

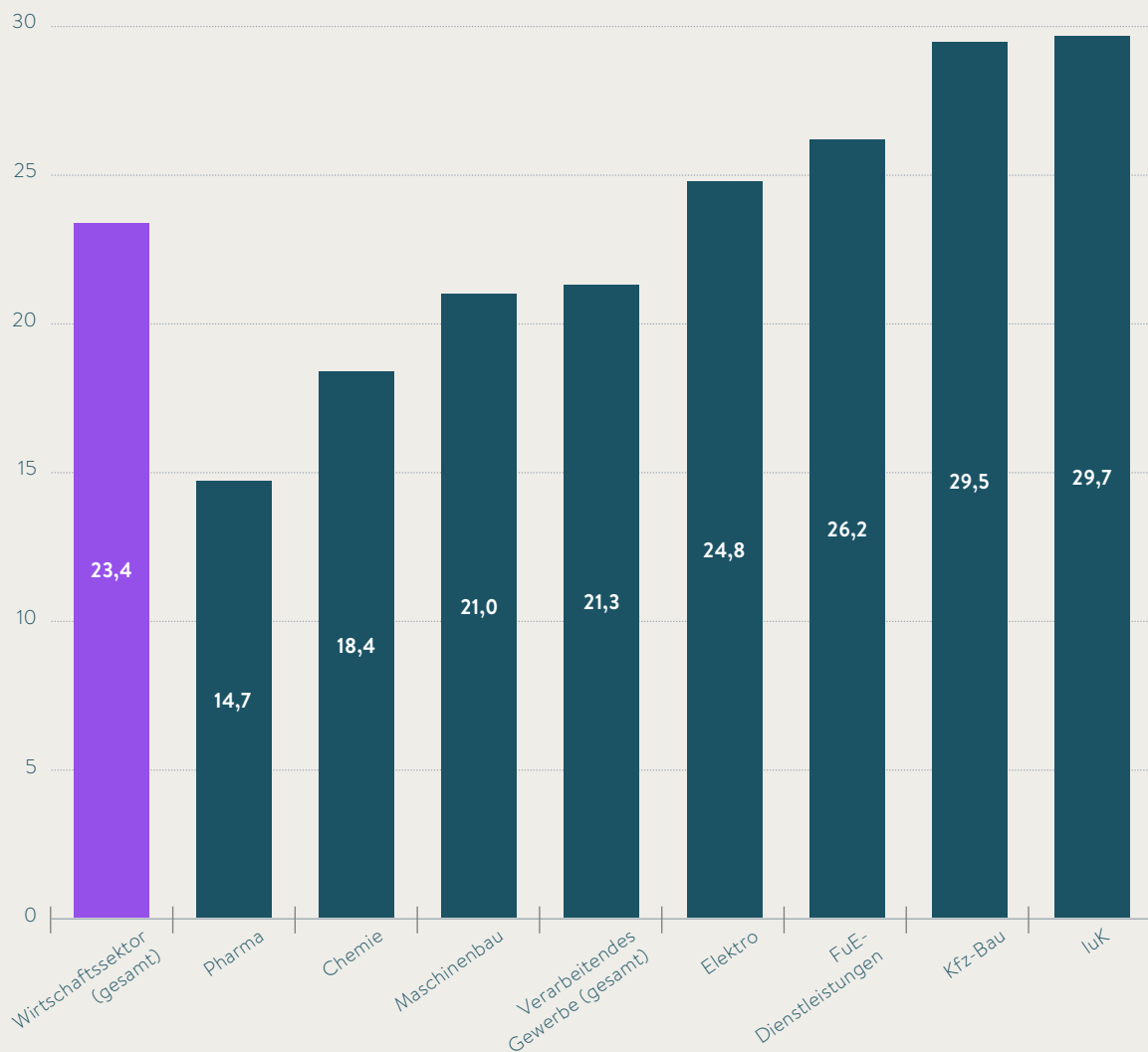


Abb. 30
Durchschnittlicher Anteil der seit 2019 neu eingeführten Produkte/Dienstleistungen/Prozesse am Gesamtumsatz nach Kernbranchen

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

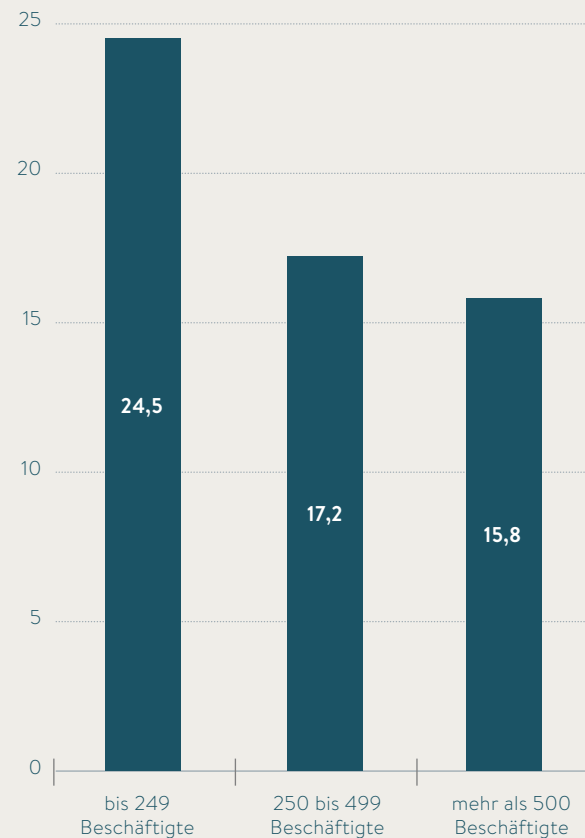


Abb. 31
Durchschnittlicher Anteil der seit 2019 neu eingeführten Produkte/Dienstleistungen/Prozesse am Gesamtumsatz nach Unternehmensgröße

In Prozent

Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, 2023

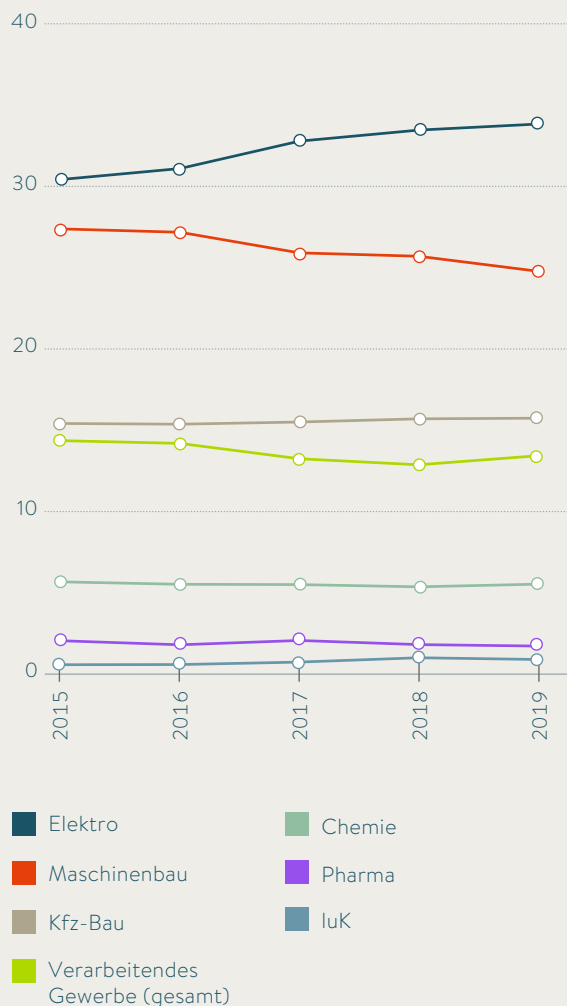


Abb. 32
Verteilung der Patentanmeldungen von deutschen Unternehmen nach Kernbranchen

In Prozent an allen Patentanmeldungen

Quelle: Patstat-Datenbank 2023, eigene Auswertung

Patentstatistik

Neben den im Rahmen der FuE-Erhebung erhobenen Outputvariablen bilden Patentanmeldungen eine sehr gebräuchliche, verlässliche und tief gegliederte Grundlage für die Beurteilung des Ergebnisses von FuE-Prozessen. Angemeldete Patente zeigen einen hohen technologischen und gewerblich anwendbaren Neuheitsgrad an, sind aber nicht zwingend mit der Einführung eines neuen Produktes am Markt verbunden. Im Folgenden werden Patentanmeldungen beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), beim Europäischen Patentamt (EPA) oder bei der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO) betrachtet. Wie anfangs erwähnt, sind bestimmte Forschungsergebnisse im Bereich der Medizin oder Informatik nicht patentierbar. Dies mag ein Grund dafür sein, dass die IuK-Branche mit 29,7 Prozent zwar an der Spitze hinsichtlich des Anteils neuer Produkte am Gesamtumsatz liegt, Patentanmeldungen in dieser Branche jedoch im Vergleich mit den anderen Kernbranchen das Schlusslicht bilden (vgl. Abbildung 32). Dasselbe trifft auf die Branche der Pharmaindustrie zu. Die Branche, in der die meisten internationalen, europäischen und nationalen Patentanmeldungen zu verzeichnen sind, ist die Elektrobranche. Auch der Maschinenbau macht einen erheblichen Anteil der gesamten Patentanmeldungen aus, obwohl die Branche in Bezug auf den durch FuE generierten Umsatz (vgl. Abbildung 30) unter dem Durchschnitt des gesamten Wirtschaftssektors liegt. Dies kann wiederum an den verschiedenen Patentstrategien der Unternehmen liegen (Kladroba et al., 2021).

Deutschland weist auch im internationalen Vergleich eine klare Spezialisierung auf Patentanmeldungen in den Bereichen Fahrzeugbau, Maschinenbau und Elektroindustrie auf. Die Pharmazie, IuK-Technologien oder auch Biotechnologie zählen dagegen nicht zum Spezialisierungsprofil der deutschen Wirtschaft (Neuhäusler, 2022).

Fazit

Die beiden betrachteten Output-Indikatoren Anteil des Umsatzes aus FuE-Tätigkeiten am Gesamtumsatz sowie Patentanmeldungen weisen in Bezug auf die Branchen klar unterschiedliche Ergebnisse auf. Dies verdeutlicht die Komplexität der Messung von FuE anhand von Output-Indikatoren. Patentanmeldungen sind, im Gegensatz zum Anteil des Umsatzes aus FuE-Tätigkeiten, etwa geprägt von den Patentstrategien der Unternehmen oder der Patentierbarkeit der Produkte. Im Vergleich zu den Input-Indikatoren ist bei den betrachteten Output-Indikatoren die korrekte Zuordnung zu dem Jahr, in dem FuE betrieben wurde, nicht möglich. Meist vergeht ein langer Zeitraum, ehe sich die FuE-Aktivitäten zu Produkten oder Patentanmeldungen entwickeln. Außerdem bleibt erfolglose FuE unberücksichtigt. Nichtsdestotrotz ist letzten Endes relevant, welches Ergebnis und damit welchen potenziellen Impact eine FuE-Tätigkeit ergibt. Dies wiederum bestimmt die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens sowie in der Summe die des gesamten Innovationssystems. Zudem sind nur durch eine Gegenüberstellung von Input und Output,

am besten im Rahmen eines internationalen Vergleichs, Aussagen zur Effizienz und Effektivität eines Innovationssystems möglich. Es gilt daher, einer optimierten Outputmessung mehr Beachtung zu schenken und den Output von FuE in seiner Vielfalt möglichst realitätsnah abbilden zu können.

-
- 1 Vollzeitäquivalent (VZÄ) ist eine Maßeinheit, die einer vollzeitbeschäftigten Person entspricht, die ihre gesamte Arbeitszeit auf FuE verwendet. Bei der Berechnung wird zum Beispiel eine vollzeitbeschäftigte Person, die ein Viertel ihrer Arbeitszeit auf FuE verwendet, als 0,25 VZÄ berechnet, eine halbtagsbeschäftigte Person, die ihre komplette Arbeitszeit auf FuE verwendet, als 0,5 VZÄ.
 - 2 Die Feldphase der FuE-Erhebung 2021 verlief von April bis August 2022. In dieser Zeit haben die Unternehmen Angaben zu ihren geplanten FuE-Aufwendungen 2022 getätigt.
 - 3 Details zu den Ergebnissen in Tabellen- und grafischer Form zur FuE-Erhebung 2021 können im aktuell erschienenen [Zahlenwerk 2023](#) und im aktualisierten [Datenportal](#) eingesehen werden.
 - 4 Es sind zum Zeitpunkt der Erstellung der Publikation nicht für alle Länder der OECD aktuelle Zahlen für 2021 verfügbar. Es wurde bei fehlenden Werten der neueste verfügbare Datenstand des Landes verwendet (OECD, 2023).
 - 5 Die BIP-Quote der Schweiz bezieht sich auf das Jahr 2019, da keine Werte für 2020 oder 2021 zum Zeitpunkt der Publikation verfügbar sind.
 - 6 Die Einteilung in Schwerpunktbranchen erfolgt anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige. Das verarbeitende Gewerbe umfasst den Abschnitt C10-33 und beinhaltet somit die Schwerpunktbranchen Chemie (20), Pharma (21), Elektro (26-27), Maschinenbau (28) und Kfz-Bau (29). Die IuK-Branche setzt sich aus den Wirtschaftszweigen im Abschnitt J58-63 zusammen und die FuE-Dienstleistungen bestehen aus den Abschnitten K64-66 und M69-75.
 - 7 Die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie werden noch einmal vertieft in Kapitel 3 beschrieben, insbesondere auch im Hinblick auf die Kernbranchen.
 - 8 Wirtschaftszweige werden anhand ihrer FuE-Intensität (interne FuE-Aufwendungen anteilig am Umsatz) in Spitzentechnologie (7 Prozent und höher) und hochwertige Technologie (2,5 bis 7 Prozent) klassifiziert.
 - 9 Jeweils gemessen als absolute Anzahl an Personen.
 - 10 In der FuE-Erhebung werden drei Kategorien des FuE-Personals unterschieden: Wissenschaftliches FuE-Personal umfasst Personen, die neue Erkenntnisse, Waren, Dienstleistungen und Verfahren, Methoden und Systeme konzipieren oder schaffen, einschließlich Führungskräfte der FuE-Verwaltung; Technisches FuE-Personal umfasst Personen, die technische Hilfsarbeiten in Verbindung mit FuE, normalerweise unter Leitung und Aufsicht des wissenschaftlichen FuE-Personals, ausführen; Sonstiges FuE-Personal sind Fachkräfte, ungelernete und angelernte Hilfskräfte sowie Personen, die in der Lagerverwaltung, in der Verwaltung oder als Schreibkräfte arbeiten und direkt im FuE-Bereich tätig sind.
 - 11 In Kapitel 2 werden wesentliche strukturelle Merkmale der deutschen Forschungslandschaft dargestellt und die Relevanz der genannten Kernbranchen verdeutlicht.
 - 12 Auf die Rolle externer Forschungsaufträge wird in Kapitel 5 vertiefend eingegangen.
 - 13 Knapp 87 Prozent der Rückmeldungen stammen von KMU, knapp 40 Prozent stammen von Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten. Weiterhin stammen mehr als 90 Prozent der Rückmeldungen von Unternehmen mit weniger als 5 Millionen Euro an internen FuE-Aufwendungen 2021.
 - 14 Da für das Berichtsjahr 2020 eine Kurzerhebung durchgeführt wurde, bezieht sich die Angabe auf eine Stichprobe von etwa 1.900 Unternehmen.
 - 15 Für detailliertere Informationen zu strukturellen Merkmalen von FuE in Deutschland, siehe Kapitel 2.
 - 16 Man muss beachten, dass nicht alle Unternehmen enthalten sind, die sich an der Erhebung beteiligt haben. Betrachtet werden hier nur die Unternehmen, die Angaben zu ihren Plandaten gemacht haben.
 - 17 Die Auswertungen in diesem Kapitel basieren auf den Antworten von annähernd 4.300 Unternehmen, das heißt etwa 20 Prozent der FuE-treibenden Unternehmen.
 - 18 Antwortoptionen waren jeweils durch eine Skala von 0 bis 4 abgebildet (0 = trifft nicht zu, 1 = trifft eher nicht zu, 2 = teils-teils, 3 = trifft eher zu, 4 = trifft zu).
 - 19 Dies scheint zunächst widersprüchlich, betrachtet man Abbildung 10. Allerdings betragen die FuE-Gesamtaufwendungen für Klimaschutz bei Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten (n = 567) etwa das Sechsfache der Aufwendungen von kleineren Unternehmen (n = 3807).
 - 20 Die Einteilung in Forschungsintensitäten basiert auf einer Studie zum deutschen Innovationssystem der Expertenkommission Forschung und Entwicklung (Neuhäusler et al., 2022).
 - 21 Im Rahmen der FuE-Erhebung wird nur in ungeraden Berichtsjahren erfasst, ob die FuE-Aufträge in das Inland oder Ausland vergeben werden. Dementsprechend werden die Werte für die Jahre dazwischen als Mittelwert geschätzt.
 - 22 Mit IfG bezeichnen wir die Institute für Gemeinschaftsforschung, die sich in der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vernetzen.

08 LITERATUR

Belitz, H. (2022): Forschung in der deutschen Industrie: hohe Intensität, aber geringe Dynamik. DIW Wochenbericht 45(89), 579–590. DOI: 10.18723/diw_wb:2022-45-1

Belitz, H., Clemens, M., Fratzscher, M., Gornig, M., Kemfert, C., Kritikos, A. et al. (2020): Mit Investitionen und Innovationen aus der Corona-Krise, DIW Wochenbericht 24(87), 442–451. DOI: 10.18723/diw_wb:2020-24-5

Bidder, B. (2019): Abgehängte Regionen: Was die Politik von der Boomstadt Jena lernen kann. Hamburg: DER SPIEGEL. <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/strukturwandel-in-deutschland-was-die-politik-von-jena-lernen-kann-a-1285940.html>

Bundesverband IT-Mittelstand e. V. (2022): Mittelständische Digitalwirtschaft kommt gut durch die Pandemie und sieht Wachstumspotenzial für 2022. <https://www.bitmi.de/mittelstaendische-digitalwirtschaft-prognose-2022/>

Blazejczak, J., Edler, D., Kahlenborn, W., Linsenmeier, M., Oehlmann, M., Bacher, K. et al. (2019): Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz: Der Status Quo. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-07_texte_15-2019_chancen-klimaschutz_kurzbericht_de.pdf

Europäische Kommission (2023a): Regional Innovation Scoreboard 2023. Luxemburg. <https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2023-07/EU-RIS-2023-2.pdf>

Europäische Kommission (2023b): Regional Innovation Scoreboard 2023: Regional Profiles by Country: Germany. https://ec.europa.eu/assets/rtd/ris/2023/ec_rtd_ris-regional-profiles-germany.pdf

Eurostat (2023a): BERD by NACE Rev. 2 activity. OECD. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RD_E_BERDINDR2/default/table?lang=en&category=scitech.rd.rd_b

Eurostat (2023b): Anteil der Forscherinnen nach Leistungsbereichen. OECD. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RD_P_FEMRES__custom_4143798/bookmark/table?lang=de&bookmarkId=a9080bb4-7600-4271-9ec3-263dafc55e68

Expertenkommission Forschung und Innovation [EFI] (Hrsg.) (2013): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2013. Berlin: EFI

Expertenkommission Forschung und Innovation [EFI] (Hrsg.) (2021): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Berlin: EFI. https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/2021/EFI_Gutachten_2021.pdf

Gehrke, B., Ingwersen, K., Schasse, U., Ostertag, K., Marscheider-Weidemann, F. & Rothengatter, O. (2019): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Berlin: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-12-05_uib_06-2019_innovationsmotor-umweltschutz-2019.pdf

Gehrke, B., Schasse, U., Belitz, H., Eckl, V. & Stenke, G. (2020): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft: Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 2-2020. Berlin: EFI

Gleiser, P., Hensgen, S., Kagerl, C., Leber, U., Roth, D., Stegmaier, J. & Umkehrer, M. (2022): Während der Pandemie ist die Suche nach geeignetem Personal für viele Betriebe schwieriger geworden, In: IAB-Forum 5. August 2022, <https://www.iab-forum.de/waehrend-der-pandemie-ist-die-suche-nach-geeignetem-personal-fuer-viele-betriebe-schwieriger-geworden/>

Grassano, N., Hernandez Guevara, H., Fako, P., Nindl, E., Georgakaki, A., Ince, E. et al. (2022): The 2022 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: 10.2760/485648

Hornberg, C., Kemfert, C., Dornack, C., Köck, W., Lucht, W., Settele, J. et al. (2021): Was jetzt zu tun ist: Empfehlungen für eine ökologische Transformation. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_10_impulspapier_koav.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Institut der deutschen Wirtschaft (2013): Die pharmazeutische Industrie in Deutschland. Ein Branchenportrait. 2., überarb. Auflage. Berlin: Verband Forschender Arzneimittelhersteller e. V.. <https://www.vfa.de/embed/branchenportrait.pdf>

Kladroba, A. & Stenke, G. (2011): Wie krisenfest ist Forschung und Entwicklung? Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise 2009 auf die FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft, Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, 3(80), 55–71.

Kladroba, A., Belitz, H. & Lehmann, T. (2022): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft: Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 2-2022. Berlin: EFI

Kladroba, A., Buchmann, T., Friz, K., Lange, M. & Wolf, P. (2021): Indikatoren für die Messung von Forschung, Entwicklung und Innovation: Steckbriefe mit Hinweisen zur Anwendung. Essen: FOM Hochschule für Oekonomie und Management

Kroll, H., Schäfer, C., Knüttgen, N. & Rothengatter, O. (2022): Monitoring des asiatisch-pazifischen Forschungsraums (APRA). Der asiatisch-pazifische Forschungsraum: Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Technologie. Bonn: DLR

Leibniz-Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung [ZEW] (2023): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2022. Mannheim: ZEW

Mathieu, E., Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Appel, C., Giattino, C., Hasell, J. et. al. (2020): Coronavirus Pandemic (COVID-19). <https://ourworldindata.org/coronavirus>

Neuhäusler, P. (2022). Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2021: Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 4-2022. Berlin: EFI

Neuhäusler, P., Rammer, C., Frietsch, R., Feidenheimer, A., Stenke, G. & Kladroba, A. (2022): Neue Liste FuE-intensiver Güter und Wirtschaftszweige sowie wissensintensiver Wirtschaftszweige 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 13-2022. <https://www.zew.de/publikationen/neuabgrenzung-forschungsintensiver-industrien-und-gueter-niwi-isi-zew-listen-2012>

OECD (2018): Frascati-Handbuch 2015: Leitlinien für die Erhebung und Meldung von Daten über Forschung und Experimentelle Entwicklung. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.1787/9789264291638-de

OECD (2022): Research and Development Statistics (RDS). <https://www.oecd.org/sti/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.html>

OECD (2023): Gross Domestic Spending on R&D. Paris: OECD. <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>

Rammer, C. & Trunschke, M. (2022): Studie zur Entwicklung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben in Deutschland im internationalen Vergleich. Mannheim: ZEW. https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/ZEW_FuE-Entwicklung_EB2022.pdf

Rammer, C., Gottschalk, S., Peters, B., Bersch, J. & Erdsiek, D. (2016): Die Rolle von KMU für Forschung und Innovation in Deutschland: Studie im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 10-2016. Berlin: EFI. <https://www.econstor.eu/handle/10419/156638>

Schasse, U., Gehrke, B., Belitz, H., Eckl, V. & Stenke, G. (2020): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 2-2020, Berlin: EFI

Schmitt, J., Stenke, G., Diekhof, J., Krieger, B., Licht, G. & Rammer, C. (2021): Unternehmenskultur als Resilienzfaktor? Forschen und Entwickeln in der Pandemie. Essen: Stifterverband. <https://www.stifterverband.org/medien/unternehmenskultur-als-resilienzfaktor>

Statistisches Bundesamt (2022): Studierende in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften (MINT) und Technik-Fächern. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/studierende-mint-faechern.html>

SV Wissenschaftsstatistik (2019): a:r ən 'di: Analysen. Essen: Stifterverband. https://www.stifterverband.org/arendi-analysen_2019

SV Wissenschaftsstatistik (2021a): a:r ən 'di: Analysen. Essen: Stifterverband. https://www.stifterverband.org/arendi-analysen_2021

SV Wissenschaftsstatistik (2021b): Zahlenwerk. Essen: Stifterverband. https://www.stifterverband.org/arendi-zahlenwerk_2021

SV Wissenschaftsstatistik (2022): Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2020. Essen: Stifterverband. <https://www.stifterverband.org/fue-facts-2020>

SV Wissenschaftsstatistik (2023): Zahlenwerk. Essen: Stifterverband. https://www.stifterverband.org/arendi-zahlenwerk_2023

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (2021): Regionale Innovationsstrategie für Intelligente Spezialisierung und Wirtschaftlichen Wandel in Thüringen. Erfurt. https://wirtschaft.thueringen.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/thmwwdg_ris3_broschuere_2021_1117rz-bfrei-20211209.pdf

Wehnert, T., Mölter, H., Vallentin, D. & Best, B. (2019): Klimaschutz-Innovationen in der Industrie. Abschlussbericht. Wuppertal: Wuppertal Institut. <https://d-nb.info/1189206749/34>



STIFTERVERBAND

Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft e. V.
Baedekerstraße 1
45128 Essen

www.stifterverband.org

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme der Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben vorbehalten. Verlag, Herausgeber und Autoren übernehmen keine Haftung für inhaltliche oder drucktechnische Fehler.

Essen, Oktober 2023

ISSN 0720-2776

HERAUSGEBER

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
Baedekerstraße 1 · 45128 Essen
T 0201 8401-0
stifterverband.org/wissenschaftsstatistik

VERANTWORTLICH FÜR DEN HERAUSGEBER

Dr. Gero Stenke
gero.stenke@stifterverband.de
T 0201 8401-416

AUTORINNEN UND AUTOREN

Svenja Elsner, Lena Finger, Prof. Dr. Andreas Kladroba, Bernd Kreuels,
Kim Micke, Nadine Saxler, Dr. Johannes Schmitt, Dr. Gero Stenke,
Jan van der Heyden

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

REDAKTION

Simone Höfer

GRAFIK & LAYOUT

Atelier Hauer+Dörfler GmbH