

# Deutschlands Wirtschafts- und Innovationssystem im internationalen Vergleich



**Wir  
gestalten  
Zukunft**

**Metastudie und Perspektive des VDI  
zur Situation im Jahr 2023**

# Zusammenfassung – das Wichtigste in Kürze

Der VDI e.V. hat sich mit seiner Initiative „Zukunft Deutschland 2050“ das Ziel gesetzt, Wege aus der aktuellen Wachstums- und Innovationsschwäche Deutschlands aufzuzeigen und Aktivitäten zu entwickeln, damit sich Deutschland auch in Zukunft als führende Industrienation im internationalen Standortwettbewerb positionieren kann. Er lädt weitere gesellschaftliche Akteure ein, sich an dieser Initiative zu beteiligen.

Die vorliegende vom VDI Technologiezentrum erarbeitete Metastudie markiert den Startpunkt der Initiative und beleuchtet die aktuelle Positionierung Deutschlands im internationalen Vergleich. Diese Analyse stellt Kontextwissen für die Ableitung eines Zielbilds bereit und bietet eine Grundlage für die Diskussion von Szenarien. Die Studie basiert auf unterschiedlichen Quellen, die jeweils nach einheitlicher Systematik ausgewertet wurden:

- Zentrale Publikationen renommierter nationaler und internationaler Institutionen (u. a. OECD, Expertenkommission Forschung und Innovation der Bundesregierung, Weltbank),
- Quantitative, auf internationaler Ebene und in Zeitreihen verfügbare Datensätze,
- Interviews mit ehrenamtlichen Fachleuten aus den Fachgesellschaften und der Regionalorganisation des VDI sowie Befragungen und Diskussionsprozesse in den Netzwerken VDI Young Engineers sowie Frauen im Ingenieurberuf.

Auf diese Weise konnte verfügbares Wissen entlang der fachlichen und regionalen Struktur des VDI aufbereitet und um die im Netzwerk des VDI vorliegende Expertise ergänzt und vertieft werden. Im Ergebnis liegt ein aktuelles Lagebild (Status quo) zum deutschen Wirtschafts- und Innovationssystem im internationalen Vergleich vor. Dieses Lagebild reflektiert die Themenfelder des VDI und bietet neben einer studien- und datengestützten Analyse einen pro-

funden Einblick aus der Perspektive der ehrenamtlich im VDI engagierten Ingenieurinnen und Ingenieure.

Die Ergebnisse lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass Deutschland in seinem industriellen Kern noch ein starker Wirtschaftsstandort ist, der jedoch im internationalen Kontext – insbesondere im Vergleich mit China – schon seit einigen Jahren an Boden verliert. Besorgniserregend sind:

- die Innovationsschwäche, insbesondere mit Blick auf radikale Innovationen und (digitale) Schlüsseltechnologien,
- ein sich verschärfender Fachkräftemangel,
- eine oftmals als innovationsfeindlich wahrgenommene Regulatorik sowie
- gesellschaftliche Widerstände in den aktuell stattfindenden Transformationsprozessen.

Aus den skizzierten Befunden lässt sich eine Reihe von Themen und Fragestellungen für die Initiative „Zukunft Deutschland 2050“ ableiten:

- Was sind die Schlüssel**industrien** der Zukunft und welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Deutschland die Potenziale dieser Schlüsselindustrien erschließen kann?
- Welche Schlüssel**technologien** werden in Zukunft relevant sein und wie sind wir in Deutschland bezüglich dieser Technologien aufgestellt? Welche Kompetenzen und welche europäischen und internationalen Partner benötigen wir dafür, dass wir technologische Souveränität in diesen Schlüsseltechnologien behalten bzw. erlangen?
- Wie kann Deutschland – im Zuge der Transformation der Energiesysteme – langfristig die Versorgung seiner energieintensiven Industrie mit nachhaltiger und zugleich preisgünstiger Energie sicherstellen?

- Mit welchen Folgen des Klimawandels – etwa mit Blick auf Wasserverfügbarkeit, Hitze oder Extremwetterereignisse – müssen wir rechnen und wie können wir uns langfristig auf diese Folgen einstellen?
- Innovation erfordert den Dialog mit und die Einbeziehung der Gesellschaft. Wie schaffen wir es, gesellschaftliche Gruppen in den anstehenden Transformationsprozessen so einzubinden, dass sie die damit verbundenen Veränderungen mittragen und mitgestalten?
- Ein Motor der technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Erneuerung sind Start-ups. Im internationalen Vergleich ist Deutschland bzgl. technologieorientierter Start-ups jedoch eher schlecht aufgestellt. Wie schaffen wir ein positives Klima und bessere Rahmenbedingungen für Start-ups und Innovatoren?
- Eines der zentralen Probleme ist der Fachkräftemangel, insbesondere in den Ingenieurberufen. Wie ist es möglich, Kinder und Jugendliche frühzeitig für technische Berufe zu begeistern und diese Begeisterung bis zur Studien- und Berufswahl aufrecht zu erhalten? Wie können wir in diesem Zusammenhang sowohl schulische als auch hochschulische Bildungsformate weiterentwickeln?
- Wie lassen sich bisher unterrepräsentierte Gruppen mit einer technischen Ausbildung besser in den Arbeitsmarkt integrieren? Welche Rahmenbedingungen müssen dafür gegeben sein?
- Die Regulatorik ist in vielen Fällen ein Hindernis für Innovationen. Ein Ansatz, dem entgegenzuwirken, sind Reallabore als rechtliche Experimentierräume<sup>1</sup>. Welche Regulatorik bedarf konkret der Überarbeitung?
- Wie gelingt es, gerade auch in strukturschwachen Regionen, eine Dynamik für wirtschaftliche Erneuerung, Wachstum und Innovation anzustoßen? Welche Rolle können dabei große (ausländische) Direktinvestitionen spielen?

Die vorliegende Studie gliedert sich in folgende Abschnitte: In Kapitel 1 werden Hintergrund, Aufgabenstellung und Vorgehensweise erläutert. In Kapitel 2 schließt sich die Darstellung von Ergebnissen an, die von Relevanz für alle betrachteten Themencluster sind. Eine Betrachtung differenziert nach Themenclustern folgt in Kapitel 3. Die Kapitel 4 bis 6 beleuchten die Perspektiven der VDI Young Engineers<sup>2</sup>, der Frauen im Ingenieurberuf sowie der Regionalorganisation. In Kapitel 7 schließlich werden die zentralen Befunde zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> Weitere Informationen zu Reallaboren und dem in Entstehung begriffenen Reallabore-Gesetz finden sich unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore->

[testraeume-F&Er-innovation-und-regulierung.html](#), zuletzt abgerufen am 27.02.2024

<sup>2</sup> VDI Young Engineers: Netzwerk der VDI-Mitglieder, die studieren oder sich in den ersten Berufsjahren befinden.

# Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Zusammenfassung - das Wichtigste in Kürze</b>                                 | <b>1</b>  |
| <b>1 Hintergrund, Aufgabenstellung und Vorgehensweise</b>                        | <b>5</b>  |
| 1.1 Der strategische Ansatz - Hintergrund und Aufgabenstellung                   | 5         |
| 1.2 Methodik und Vorgehensweise  | 5         |
| <b>2 Themencluster - übergreifende Ergebnisse</b>                                | <b>8</b>  |
| 2.1 Wertschöpfung  | 8         |
| 2.1.1 Zentrale Befunde zur Standortstruktur                                      | 8         |
| 2.1.2 Entwicklung der Wertschöpfung im internationalen Vergleich                 | 8         |
| 2.1.3 Internationale Verflechtung  | 9         |
| 2.2 Ressourcen, Infrastruktur und regulatorischer Rahmen                         | 12        |
| 2.2.1 Digitalisierung  | 12        |
| 2.2.2 Energie und Nachhaltigkeit   | 13        |
| 2.2.3 Wahrnehmung des regulatorischen Rahmens                                    | 17        |
| 2.3 Forschung und Technologie  | 18        |
| 2.3.1 Ausgaben für Forschung und Entwicklung                                     | 18        |
| 2.3.2 Forschung an Hochschulen und außeruniversitären<br>Forschungseinrichtungen | 19        |
| 2.3.3 Schlüsseltechnologien, Zukunftsthemen und Patente                          | 22        |
| 2.4 Demografie und Qualifikation   | 27        |
| 2.4.1 Demografische Entwicklung als strategische Herausforderung                 | 27        |
| 2.4.2 Rahmenbedingungen der Bildung  | 27        |
| 2.4.3 Berufliche und Hochschulbildung  | 29        |
| 2.4.4 Internationale Attraktivität als Studienstandort                           | 32        |
| 2.4.5 Fachkräfteentwicklung  | 33        |
| <b>3 Die Ergebnisse nach Themenclustern</b>                                      | <b>36</b> |
| 3.1 Methodik   | 36        |
| 3.2 Übergreifende Auswertung   | 37        |
| 3.3 Einzeldarstellungen der Themencluster  | 39        |
| 3.3.1 Mobilität  | 39        |
| 3.3.2 Bauen und Infrastruktur  | 43        |
| 3.3.3 Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt                                     | 46        |
| 3.3.4 Digitalisierung und Automation   | 48        |
| 3.3.5 Materials Engineering  | 51        |
| 3.3.6 Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen                                 | 54        |
| 3.3.7 Mikroelektronik  | 58        |
| 3.3.8 Produktion und Logistik  | 61        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.3.9  | Engineering und Methoden                     | 64  |
| 3.3.10 | Gesundheit                                   | 66  |
| 3.3.11 | Landtechnik                                  | 69  |
| 4      | Die Perspektive der VDI Young Engineers      | 73  |
| 4.1    | Ziel, Methodik und Vorgehensweise            | 73  |
| 4.2    | Die wichtigsten Ergebnisse                   | 73  |
| 5      | Die Perspektive der Frauen im Ingenieurberuf | 75  |
| 5.1    | Daten und Fakten                             | 75  |
| 5.2    | SWOT-Analyse                                 | 76  |
| 6      | Regionale Perspektiven                       | 77  |
| 6.1    | Ziele und Methodik                           | 77  |
| 6.2    | Übergreifende Auswertung                     | 78  |
| 6.3    | Ergebnisse nach Bundesländern                | 78  |
| 6.3.1  | Schleswig-Holstein                           | 80  |
| 6.3.2  | Hamburg                                      | 81  |
| 6.3.3  | Mecklenburg-Vorpommern                       | 83  |
| 6.3.4  | Bremen                                       | 84  |
| 6.3.5  | Niedersachsen                                | 85  |
| 6.3.6  | Berlin-Brandenburg                           | 86  |
| 6.3.7  | Sachsen-Anhalt                               | 87  |
| 6.3.8  | Nordrhein-Westfalen                          | 89  |
| 6.3.9  | Thüringen                                    | 90  |
| 6.3.10 | Sachsen                                      | 91  |
| 6.3.11 | Hessen                                       | 92  |
| 6.3.12 | Rheinland-Pfalz                              | 93  |
| 6.3.13 | Saarland                                     | 95  |
| 6.3.14 | Baden-Württemberg                            | 96  |
| 6.3.15 | Bayern                                       | 97  |
| 7      | Zentrale Befunde                             | 99  |
|        | Literatur- und Quellenverzeichnis            | 103 |
|        | Bildverzeichnis                              | 105 |
|        | Tabellenverzeichnis                          | 109 |
|        | Anhang                                       | 110 |
|        | Projekt                                      | 120 |
|        | Autorenteam                                  | 120 |

# 1 Hintergrund, Aufgabenstellung und Vorgehensweise

## 1.1 Der strategische Ansatz – Hintergrund und Aufgabenstellung

Der VDI hat 2024 die Initiative „Zukunft Deutschland 2050“ ins Leben gerufen. Denn das Land steht vor zahlreichen Herausforderungen: Klimakrise, Fachkräftemangel, fehlende Digitalisierung, zu schleppender Markthochlauf von Innovationen oder der demografische Wandel tragen dazu bei, dass Deutschland im internationalen Vergleich zunehmend Nachholbedarf hat. Wie kann der Wirtschafts- und Technologiestandort an Stärke zurückgewinnen und langfristig attraktiv und wettbewerbsfähig bleiben? Um diese Frage zu beantworten, will der VDI gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Industrie und Wissenschaft eine tragfähige Zukunftsvision für Deutschland entwickeln und daraus konkrete Lösungsvorschläge und Handlungsempfehlungen ableiten. Diese sollen Bund, Ländern und Kommunen zugutekommen und dabei helfen, Debatten über Technologien zu versachlichen. Die Initiative beschäftigt sich dabei mit einem breiten Themenspektrum von Energieversorgung bis zu Qualifikation und Nachwuchsförderung in technischen Berufen und will Antworten auf Fragen finden wie:

- Welche Schlüsselindustrien können in Zukunft einen starken Wirtschafts- und Technologiestandort Deutschland sichern?
- Welche Ressourcen und Infrastrukturen sind für die Entwicklung dieser Schlüsselindustrien erforderlich?
- Welche Schlüsseltechnologien spielen eine entscheidende Rolle?
- Welche Qualifikationsbedarfe gibt es, um die erforderlichen Kernkompetenzen zu sichern und weiterzuentwickeln?

Die vorliegende Studie, die die aktuelle Situation Deutschlands im internationalen Kontext beleuchtet, wurde vor dem Hintergrund dieser Überlegungen erarbeitet und dient als Grundlage für die Themen und Schwerpunkte der Initiative „Zukunft Deutschland 2050“.

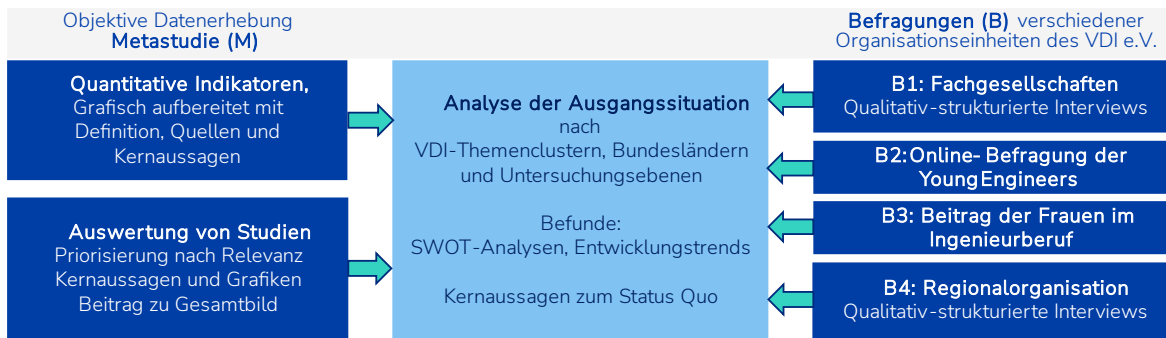
## 1.2 Methodik und Vorgehensweise

Mit Blick auf die o. g. Zielsetzung wurden für die vorliegende Studie folgende methodische Zugänge gewählt und miteinander in Beziehung gebracht (vgl. hierzu auch Bild 1):

- Zuerst wurden aktuelle Studien externer Autoren bzw. Institutionen, die eine hohe Resonanz in Wissenschaft, Gesellschaft und Politik gefunden haben, systematisch mit Blick auf die vorliegenden Fragestellungen ausgewertet und dokumentiert<sup>3</sup>.
- Parallel hierzu wurden in einem Abstimmungsprozess mit der Leitungsebene des VDI ein Set an quantitativen Indikatoren identifiziert und analysiert. Kriterium für die Auswahl war zum einen, dass die Indikatoren international anerkannt und in ihrer Erhebung nachvollziehbar waren, zum anderen, dass sie grundsätzlich nach den Auswertungssystematiken, die der Studie zugrunde lagen (vgl. dazu nachstehenden Abschnitt), auswertbar waren.
- Als dritter methodischer Zugang wurde die Einbeziehung der ehrenamtlichen Strukturen des VDI gewählt, um die in dieser Gruppe vorhandene Expertise bestmöglich nutzen zu können. Einbezogen wurden Fachleute aus Fachgesellschaften sowie die Regionalorganisation, mit denen qualitativ-strukturierte Interviews geführt wurden, sowie die Netzwerke „Frauen im Ingenieurberuf“ und „VDI Young Engineers“, letztere durch eine Online-Befragung.

---

<sup>3</sup> Berücksichtigt wurde die Studienlage bis Ende 2023. Insofern fand beispielsweise das EFI-Gutachten 2024 noch keine Berücksichtigung.



**Bild 1. Bausteine der Studie „Zukunft Deutschland 2050“**

Die Auswahl sowohl der Studien und Indikatoren als auch der Befragungskonzepte orientierte sich an folgenden Systematiken, die der Studie zugrunde gelegt wurden.

Die Indikatoren wurden so gewählt, dass sie, wie auch für den Strategieprozess beschrieben, die Aspekte „Wertschöpfung“, „Ressourcen und Infrastruktur“, „Forschung und Technologie“ sowie „Demografie und Qualifikation“ abdecken. Im Sinne des internationalen Vergleichs wurde darauf geachtet, dass Daten nicht nur für Deutschland, sondern insbesondere auch für die Vergleichsländer USA, China und Indien vorliegen. Sofern es sich anbot, wurden fallspezifisch weitere Länder mitbetrachtet. Für den Blick auf Deutschland und seine Regionen wurden zudem die Bundesländer betrachtet.

Wichtiges Auswertungsmerkmal war zudem die Ausdifferenzierung der Indikatoren nach Fachthemen. Hierbei orientiert sich die Studie an den Themenclustern des VDI, die aus dem Strategieprozess „in Themen denken“ hervorgegangen sind und denen jeweils bestimmte VDI-Fachgesellschaften zugeordnet sind. Hierbei handelt es sich um folgende Themen:

- Mobilität
- Bauen und Infrastruktur
- Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt
- Digitalisierung und Automation
- Materials Engineering

- Verfahrenstechnik u. Chemieingenieurwesen
- Mikroelektronik
- Produktion und Logistik
- Engineering und Methoden
- Gesundheit
- Landtechnik

Schließlich wurden bei der Auswertung innerhalb der Themencluster die folgenden fünf Ebenen als Gliederungsmerkmale berücksichtigt:

- Gesellschaftliche Ebene
- Regulatorische Ebene
- Ökonomische Ebene
- Individuelle und ergonomische Ebene
- Technologische Ebene

Die thematische Abgrenzung der Themencluster folgte der inhaltlichen Systematik des VDI. Das bedeutet, dass im Themencluster „Gesundheit“ beispielsweise nicht die Pflegesituation oder die Anzahl der Ärztinnen und Ärzte betrachtet wurde, sondern die Medizintechnik/pharmazeutische Forschung im Vordergrund stand. Zur inhaltlichen Beschreibung der Themencluster wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) gewählt, die mit europäischen und internationalen Systematiken kompatibel ist<sup>4</sup>. Anlage A1 im

<sup>4</sup> Mit Blick auf die europäische und internationale Vergleichbarkeit wurde in der Regel eine Zuordnung auf Zweisteller- und Sonderfällen auch auf Dreistellerebene

gewählt. Teilweise wurde ein Wirtschaftszweig mehreren Themenclustern zugeordnet.

Anhang zeigt, welche Wirtschaftszweige welchen Themenclustern zugeordnet wurden. Die Zuordnung der Wirtschaftszweige erfolgte gemeinsam und in Abstimmung mit der Leitungsebene des VDI.

Außerdem wurden die Indikatoren mit der Maßgabe ausgewählt, dass zu ihnen Zeitreihen vorliegen, sodass Entwicklungen im Zeitverlauf betrachtet und bewertet werden können. Bei länger existierenden Datensätzen ist davon auszugehen, dass auch eine Fortschreibung der Zeitreihen und damit der Indikatorik möglich ist. Maßstab waren die jeweils vorliegenden Daten zum Zeitpunkt September 2023.

Die Ergebnisse werden gegliedert nach folgenden Kapiteln vorgestellt:

Themencluster übergreifende Ergebnisse (Kapitel 2): In diesem Kapitel finden sich gegliedert nach den Aspekten „Wertschöpfung“, „Ressourcen und Infrastruktur“, „Forschung und Technologie“ sowie „Demografie und Qualifikation“ Ergebnisse, die nicht primär auf der Ebene der einzelnen Themencluster vorliegen, da eine Differenzierung nach Themenclustern nicht sinnvoll ist (beispielsweise bei den Themen Demografie oder schulische Bildung) oder weil die Datenverfügbarkeit nicht hinreichend differenziert ist.

Die Ergebnisse nach Themenclustern (Kapitel 3): Hier finden sich neben den Ergebnissen der Befragung der Fachgesellschaften des VDI (gegliedert nach den oben eingeführten fünf Ebenen „Gesellschaftliche Ebene“,

„Regulatorische Ebene“, „Ökonomische Ebene“, „Individuelle und ergonomische Ebene“ und „Technologische Ebene“) die Indikatoren, die entsprechend der gewählten statistischen Systematik ausgewertet werden konnten. Hierzu gehören die Anzahl an Unternehmen, der Umsatz, die Beschäftigten und die Produktivität je Themencluster im internationalen Vergleich sowie die Entwicklung der Patentaktivitäten<sup>5</sup>.

Die Perspektive der VDI Young Engineers (Kapitel 4) ergänzt die Auswertungen durch ausgewählte Ergebnisse der Befragung dieser Zielgruppe.

Den Blick auf genderspezifische Fragestellungen liefert die Perspektive der Frauen im Ingenieurberuf (Kapitel 5). Basierend auf einigen internationalen Kennzahlen zu geschlechterspezifischen Aspekten wurde von der genannten Zielgruppe eine detaillierte SWOT-Analyse erstellt.

Der Abschnitt „Regionale Perspektiven“ (Kapitel 6) lenkt den Blick von der internationalen Perspektive hin zur Lage in den einzelnen Bundesländern. Ausgehend von einer Auswertung der relativen Entwicklung der Beschäftigtenzahlen in den o. g. Themenclustern in den einzelnen Bundesländern wird ein Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Profil abgeleitet, anhand dessen ein differenziertes Bild von der Wahrnehmung der Ausgangssituation gezeichnet werden kann.

Die „Zentralen Befunde“ werden schließlich in Kapitel 7 zusammengefasst.

---

<sup>5</sup> Hierfür wurde ein Umrechnungsschlüssel (Schmoch 2008) von der Klassifikation der Wirtschaftszweige auf die Patentklassen gewählt.



## 2 Themencluster – übergreifende Ergebnisse

### 2.1 Wertschöpfung

#### 2.1.1 Zentrale Befunde zur Standortstruktur

Eine der Schlüsselpublikationen zum Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland ist der OECD-Bericht zur Innovationspolitik – Deutschland (OECD 2022). Dieser Bericht zeichnet ein indikatorbasiertes Bild der aktuellen Situation Deutschlands im internationalen Vergleich. Ergänzt wird dieser Bericht durch die Publikation „Industriepolitik in der Zeitenwende“ (BMWK 2023). Die zentralen Befunde dieser Publikationen werden in den nachfolgenden Abschnitten zusammengefasst und inhaltlich vertieft.

Die Studien unterstreichen, dass Deutschland nach wie vor ein starker Industriestandort ist, der von global agierenden Großunternehmen und einem robusten industriellen Mittelstand mit sogenannten Hidden Champions geprägt ist. In den Feldern der Automobil-, Chemie- und Pharmaindustrie sowie im Maschinenbau erweisen sich diese Hidden Champions als Stärke. Mit einem Umsatz von 1,2 Billionen Euro und 3 Mio. Beschäftigten bilden diese vier Branchen eine wesentliche Säule der deutschen Wirtschaft. Zugleich vollzieht sich innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ein Strukturwandel – dort machen Dienstleistungsberufe bereits mehr als 40 % der Beschäftigten aus. Charakteristisch sind zudem lange integrierte Wertschöpfungsketten innerhalb Deutschlands. Die Innovationstätigkeit ist von einem starken Forschungssektor und hohen Investitionen in Forschung und Entwicklung geprägt.

Allerdings weist der Standort auch deutliche strukturelle Schwächen auf, die sich als Ergebnis der ausgewerteten Studien wie folgt zusammenfassen lassen.

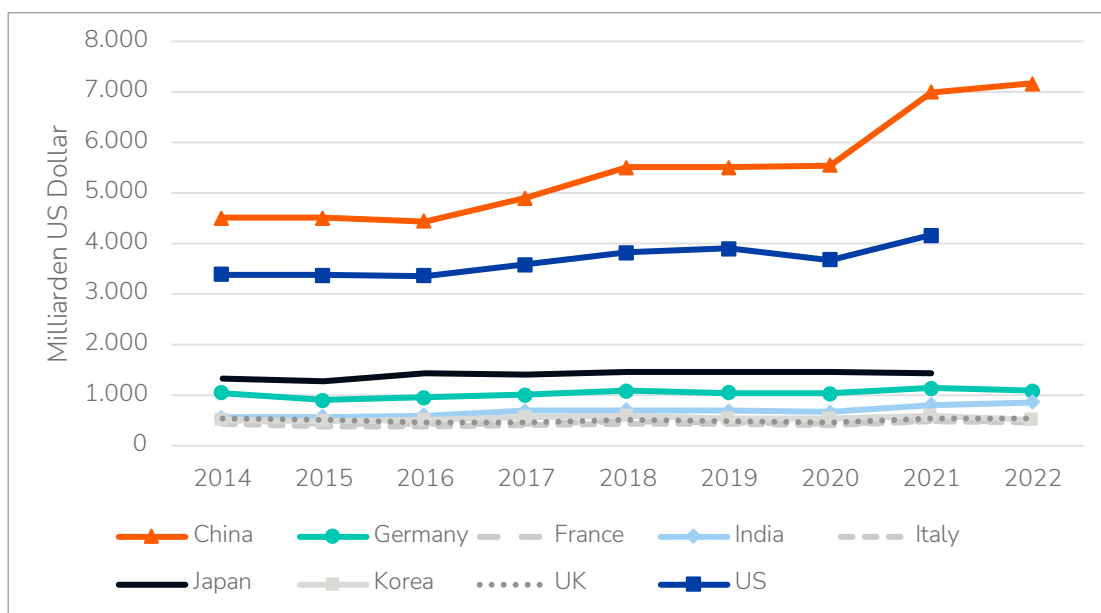
- Die Digitalisierung kommt in Deutschland nur schleppend voran – dies betrifft alle

Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft, insbesondere aber auch die Industrie.

- Das Innovationsgeschehen ist eher inkrementell als disruptiv. Wenige Sprunginnovationen nehmen in Deutschland ihren Ausgangspunkt.
- Als rohstoffarmes Land ist Deutschland von europäischen und internationalen Zulieferern abhängig – insbesondere auch im Energiebereich. Diese Abhängigkeit birgt Risiken und erfordert in der aktuellen politischen Situation eine strategische Neuorientierung.
- Die angestrebte Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit erfordert enorme Kraftanstrengungen von Wirtschaft und Gesellschaft. Die aktuelle gesellschaftliche Debatte zeigt dies.
- Eine zentrale Herausforderung ist die demografische Entwicklung im Allgemeinen, insbesondere aber auch die Fachkräftesituation in den MINT-Berufen und dem Handwerk.
- In Regulatorik und Verwaltung wird – insbesondere vor dem Hintergrund der rasch voranschreitenden technologischen Entwicklung – Reformbedarf gesehen.

#### 2.1.2 Entwicklung der Wertschöpfung im internationalen Vergleich

Bild 2 zeigt die Entwicklung der industriellen Wertschöpfung der vergangenen Jahre im internationalen Vergleich. Angegeben sind absolute Zahlen in US-Dollar. China weist in dieser Statistik die höchste Wertschöpfung auf, gefolgt von den USA. Auffallend ist die dynamische Entwicklung in China, die sich so in keinem anderen der betrachteten Länder findet. Indien liegt – obgleich im internationalen Vergleich bezüglich der Einwohnerzahl noch an zweiter



**Bild 2. Entwicklung der industriellen Wertschöpfung im internationalen Vergleich, Daten: World Bank (2023a)**

Stelle hinter China<sup>6</sup> – deutlich zurück und hinter Deutschland, wobei sich in den letzten Jahren ein leichter Wachstumstrend abzeichnet. Im langjährigen Vergleich liegt Deutschland etwas hinter Japan und vor dem Vereinigten Königreich oder Korea.

In jüngster Zeit zeichnet sich jedoch ab, dass sich das Wachstum in Deutschland relativ zu anderen Industrienationen abschwächt. Die IWF-Prognose für das Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts in Deutschland beläuft sich für 2024 auf 0,5 % (für 2023 lag die Schätzung noch bei -0,3 %), während sie für den Euroraum bei 0,9 %, für die USA bei 2,1 %, für China bei 4,6 % und für Indien bei 6,5 % liegt (International Monetary Fund 2024). Als Gründe für die geringe Wachstumserwartung für Deutschland werden unter anderem der schwache Welthandel sowie die hohen Energiekosten angeführt – zwei Faktoren, die sich vor allem auf die Verarbeitende Industrie wachstumshemmend auswirken.

### 2.1.3 Internationale Verflechtung

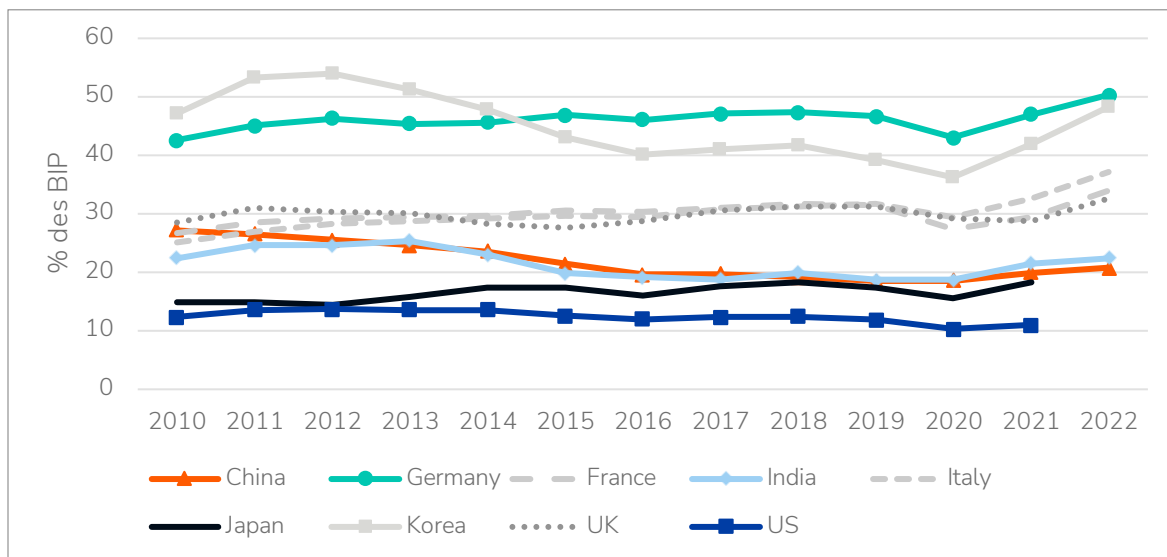
Deutschland ist nach wie vor eine exportstarke Nation und daher stark von der Dynamik inter-

nationaler Märkte und insbesondere von der Wettbewerbsfähigkeit seiner Produkte und Dienstleistungen im internationalen Vergleich abhängig. Der europäische Wirtschaftsraum ist vital für die deutsche Wirtschaft. So entfällt etwa ein Siebtel der Umsatzerlöse auf den Vorproduktanteil aus dem europäischen Binnenmarkt (BMWK 2023). Dabei ist es insbesondere die Ausgereiftheit der exportierten Produkte, die als Motor der Auslandsnachfrage fungiert.

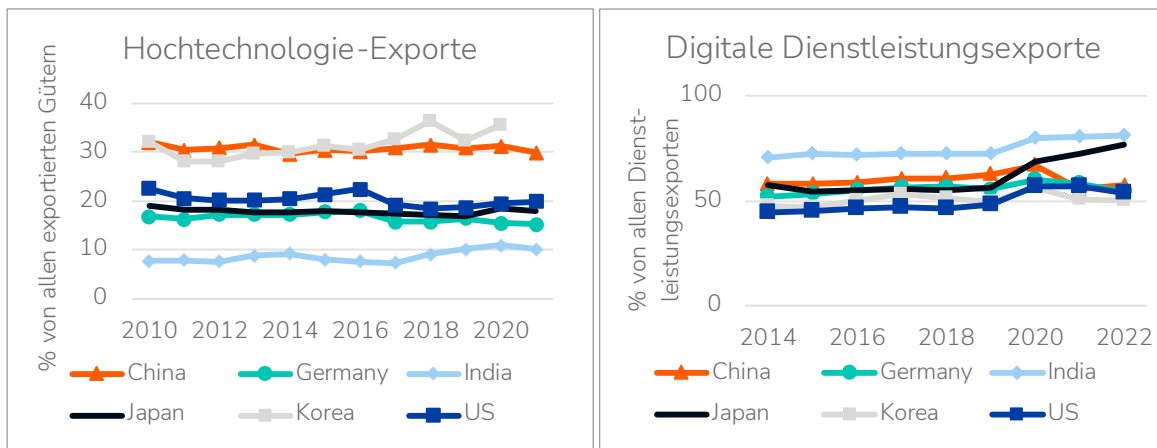
Diese Position Deutschlands ist in Bild 3, das die Entwicklung des Exports von Gütern und Dienstleistungen in Prozent des BIP im Zeitraum 2010–2022 zeigt, dargestellt. Ähnlich exportstark wie Deutschland ist lediglich Korea. Die Exportquote der USA liegt deutlich niedriger, was insbesondere auf den großen Binnenmarkt zurückzuführen ist. China und Indien entwickeln sich jeweils ähnlich. Die OECD-Studie (OECD 2022) sieht die Position Deutschlands insbesondere dadurch unter Druck, dass das Land zunehmend von (insbesondere digitalen) Schlüsseltechnologien aus dem Ausland abhängig wird (vgl. dazu auch Abschnitt 2.3.3). Als weiteres Risiko wird die demografische Entwicklung genannt (vgl. dazu Abschnitt 2.4.1).

<sup>6</sup> 2022 lag die Einwohnerzahl Chinas bei 1,425 Mrd. Menschen, die Indiens bei 1,417 Mrd. Menschen. Es wird erwartet, dass die Einwohnerzahlen Indiens bereits 2023 über jenen Chinas liegen, Quelle: Statistisches Bundes-

amt, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/bevoelkerung-arbeit-soziales/bevoelkerung/Weltbevoelkerung.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024



**Bild 3. Entwicklung des Exports von Gütern und Dienstleistungen in % des BIP, Daten: World Bank (2023a)**



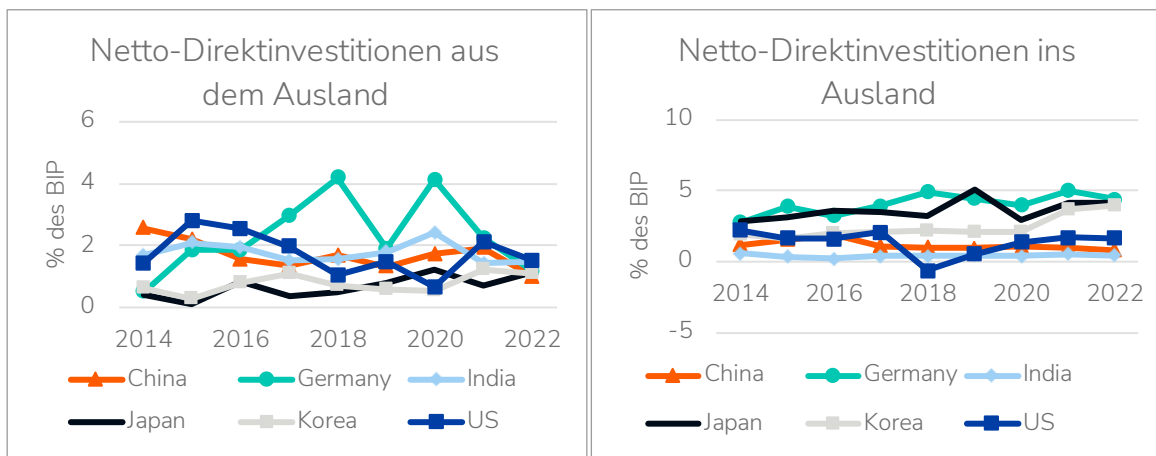
**Bild 4. Anteil der Hochtechnologie-Güterexporte an allen Güterexporten sowie der digitalen Dienstleistungsexporte an allen Dienstleistungsexporten, Daten: World Bank (2023a)**

Interessant ist vor allem der Blick ins Detail. In Bild 4 sind die Werte für Hochtechnologie-Güterexporte sowie für Digitale Dienstleistungsexporte dargestellt. Unter Hochtechnologie-Güterexporte fallen z. B. Flugzeuge, Computer oder pharmazeutische Erzeugnisse. Automobile werden hingegen dem Mitteltechnologie-Bereich zugeordnet. Wie sich zeigt, sind China und Korea bei den Hochtechnologie-Exporten weltweit führend, Deutschland liegt etwa gleichauf mit Japan und den USA. Indien liegt derzeit noch hinter den anderen dargestellten Ländern zurück.

Anders sieht es bei den digitalen Dienstleistungsexporten aus. Hier ist Indien bereits seit längerem führend, was auch damit zusammenhängt, dass das Gesamtvolumen aller Dienstleistungsexporte geringer ist als in den Vergleichsländern. Japan konnte in den vergan-

genen Jahren seine Position ausbauen. Die weiteren betrachteten Länder liegen 2022 auf einem ähnlichen Niveau.

Die Struktur der ausländischen Direktinvestitionen unterliegt insgesamt deutlich stärkeren Schwankungen als die Entwicklung der Exportquoten. Spitzen zeigen jeweils besonders große Investitionsvolumina, die in der Regel nicht jährlich zu verzeichnen sind. Bild 5 zeigt für Deutschland und ausgewählte Vergleichsländer die Entwicklung von Direktinvestitionen aus dem und in das Ausland in Prozent des BIP. Es wird deutlich, dass Deutschland sowohl als „Empfänger“ als auch als „Sender“ von Direktinvestitionen im internationalen Vergleich eine führende Rolle spielt, wobei gerade bei den Investitionen aus dem Ausland größere Schwankungen (als Ergebnis von Großinvestitionen) zu verzeichnen sind. Auffällig ist der hohe Anteil



**Bild 5. Struktur ausländischer Direktinvestitionen nach und aus Deutschland in % des BIP, Daten: World Bank (2023a)**

japanischer Direktinvestitionen am BIP des Landes, dem vergleichsweise wenige Direktinvestitionen in Japan gegenüberstehen. Die Direktinvestitionen aus Indien und China sind im internationalen Vergleich noch recht niedrig.

Eine besondere – insbesondere auch für die Zukunft wichtige – strategische Bedeutung, kommt dabei der Verflechtung mit chinesischen Akteuren zu. China hat in den letzten Jahren kontinuierlich seine führende Position in der globalen industriellen Wertschöpfung ausgebaut. Im Jahr 2020 konnte das Land erneut einen Anstieg der industriellen Wertschöpfung verzeichnen (siehe Bild 2). Dieser Trend spiegelt das dynamische Wirtschaftswachstum des Landes sowie seine strategische Positionierung auf der internationalen Bühne wider. Dies war Anlass, dass sich unter anderem die Expertenkommission Forschung und Innovation in ihrem Gutachten 2020 mit der Zusammenarbeit und den wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen Deutschland und China – insbesondere im technologischen Bereich – beschäftigte (EFI 2020). Die Aktivitäten Chinas fasst die Expertenkommission dabei wie folgt zusammen:

- Die chinesische Regierung verfolgt eine regionale und globale Machtpolitik. Technologieführerschaft in entscheidenden Zukunftsbranchen spielt in dieser langfristigen Strategie eine entscheidende Rolle. Ziel ist, in den kommenden Jahren zum weltweit führenden Innovationsstandort aufzusteigen.
- Die chinesische F&E-Tätigkeit zeichnet sich durch vergleichsweise wenig Grundlagen-

forschung und einen starken Anwendungsbezug (Produktentwicklung) aus.

- Die strategischen Ziele Chinas spiegeln sich in den ausländischen Direktinvestitionen des Landes. Betrachtet man die Direktinvestitionen im Detail, so fällt auf, dass v. a. in größere Unternehmen mit einer hohen Zahl von Patenten investiert wird. Dabei agieren chinesische Investoren – darunter insbesondere staatliche – mit einer langfristigen Perspektive. Insofern lassen sich knapp 60 % der chinesischen Beteiligungen und Übernahmen in Deutschland einer der zehn Schlüsselbranchen der Strategie Made in China 2025 zuordnen.
- Betrachtet man die Branchenstruktur der Unternehmen mit Übernahme oder Beteiligung durch chinesische Investoren, so macht der Maschinenbau mit einem Anteil von 28 % sowie der Automotive-Bereich mit einem Anteil von 16 % die größten Positionen im chinesischen Portfolio aus. Interessant ist zudem, dass die Unternehmen mit chinesischer Übernahme oder Beteiligung in der Regel eine geringere F&E-Intensität aufweisen als alle Unternehmen der Branche in Deutschland. Lediglich im Maschinenbau stellt sich die Situation anders dar: Hier liegt die F&E-Intensität der Unternehmen mit chinesischer Beteiligung mit 5,2 % deutlich über der aller Unternehmen der Branche (3,6 %).

Betrachtet man die deutschen Direktinvestitionen in China, so ergibt sich folgendes Bild: Der Bestand an Direktinvestitionen stieg von 9 Mrd.

Euro im Jahr 2000 auf 95 Mrd. Euro im Jahr 2021 (EFI 2020 und Deutsche Bundesbank 2023). Damit war der Bestand in China ungefähr elf Mal so hoch wie der Bestand chinesischer Direktinvestitionen in Deutschland. Allerdings unterscheidet sich die Struktur der Beteiligung deutlich – bei der überwiegenden Mehrheit der Unternehmen handelt es sich um Vertriebsniederlassungen. Dagegen konnten im Betrachtungszeitraum 2004–2018 lediglich 42 Übernahmen bzw. Mehrheitsbeteiligungen durch deutsche Investoren, die auch eine Steuerungsfähigkeit mit sich brachten, beobachtet werden. 15 dieser Unternehmen sind dem Bereich der Spitzen- oder hochwertigen Technologie zuzuordnen, 13 der nicht forschungsintensiven Technologie.

## 2.2 Ressourcen, Infrastruktur und regulatorischer Rahmen

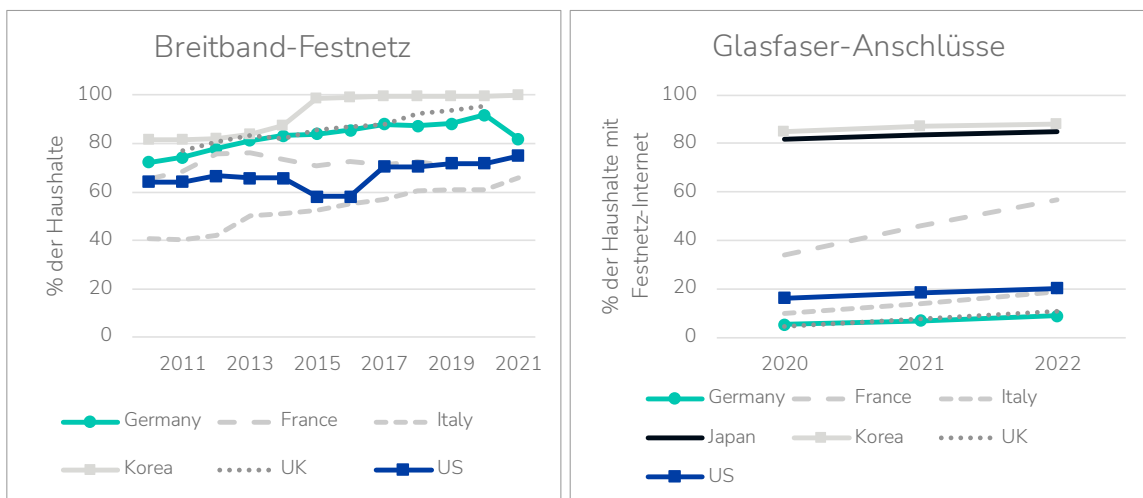
Im Bereich Ressourcen, Infrastruktur und regulatorischer Rahmen betrachten wir, welche Voraussetzungen für Innovations- und Wirtschaftskraft Deutschland im Ländervergleich mitbringt. Betrachtet werden insbesondere die Aspekte Digitalisierung, Energie und Nachhaltigkeit. Als Teil der immateriellen Infrastruktur wird außerdem der regulatorische Rahmen in den Blick genommen.

### 2.2.1 Digitalisierung

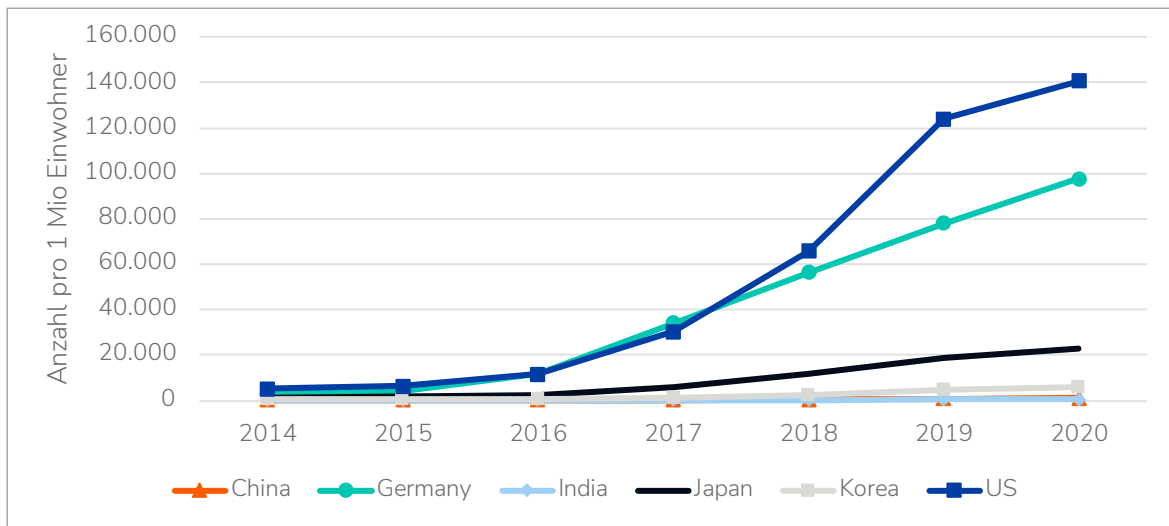
Bei der Digitalisierung liegt Deutschland in vielerlei Hinsicht unter den OECD-Ländern eher hinten. Dies rührt von den geringen Investitionen in den ICT-Bereich (information and communication technologies) her: Mit nur 1,63 % des BIP, die in ICT investiert werden, liegt Deutschland auf dem viertletzten Platz in der OECD (OECD 2022).

Zwar gibt es viele Festnetz-Breitband-Anschlüsse und mehr als 90 % der Deutschen haben in den letzten drei Monaten das Internet genutzt (OECD 2023b), aber noch zu häufig handelt es sich nicht um schnelle Glasfaseranschlüsse (Stand 2022, Bild 6).

Die Digitalisierung ist eine enorme Herausforderung für die Industrie, da nahezu alle technischen Produkte eine digitale Komponente haben und deren Relevanz zukünftig eher zu- als abnehmen wird. Die Erhebung und Nutzung von Daten, die Effektivität und Effizienz steigern können, ist noch schwach ausgeprägt und bedarf des kontinuierlichen Ausbaus. Dies ist jedoch aufgrund des Fachkräftemangels eine besondere Herausforderung: Data Scientists gehören wie Informatiker zu den knappen MINT-Absolventinnen/-Absolventen. Auch die Digitalisierung der Verwaltung wird von der OECD (2022) als deutlich ausbaufähig bewertet und die praktische Relevanz des Themas Cybersicherheit wird noch nicht überall in der Wirtschaft ernst genommen. Immerhin ist die Anzahl



**Bild 6. Anteil der Haushalte mit Festnetz-Breitband-Internet bzw. Anteile der Glasfaser-Anschlüsse unter den Festnetz-Internetanschlüssen, Daten: OECD (2023b)**



**Bild 7. Anzahl sicherer Internetserver pro 1 Million Einwohner; Daten: World Bank (2023a)**

sicherer Internetserver pro Million Einwohner nur in den USA höher als in Deutschland (Bild 7). Auch andere europäische Länder wie Frankreich, Italien und Großbritannien haben mit 20.000 bis 40.000 sicheren Internetservern pro Million Einwohner deutlich weniger als Deutschland.

### 2.2.2 Energie und Nachhaltigkeit

Durch den „Green Deal“ der Europäischen Kommission soll die europäische Wirtschaft bis zum Jahr 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr ausstoßen und ihr Wachstum von der Ressourcennutzung abkoppeln, ohne dabei Menschen oder Regionen im Stich zu lassen. Dafür wird viel Geld bereitgestellt. Auch in anderen Regionen der Welt gibt es Bestrebungen für die Reduktion von Treibhausgasen; in den USA beispielsweise haben die „grünen Voraussetzungen“ des Inflation Reduction Acts von 2022 eine große Aufbruchstimmung in Richtung Nachhaltigkeit erzeugt.

Diese strategischen Ziele der USA und Europas spiegeln sich auch in der erwarteten Entwick-

lung von Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese sinken demnach in Europa und den USA perspektivisch, während sie in China und Indien noch steigen (Bild 8). Überall steigt dabei das Angebot an erneuerbaren Energien (Bild 9). Die Internationale Energieagentur (IEA) publiziert hierbei keine eigenen Daten für Deutschland, sondern lediglich für die EU.

Neben dem Ersatz von Öl und Gas durch erneuerbare Energien spielt auch die Energieeffizienz eine wichtige Rolle für die Zukunftsfähigkeit der Industrie. Die EU reduziert ihre CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität in Relation zum BIP schon seit vielen Jahren kontinuierlich und steht mit aktuell ca. 0,13 Tonnen CO<sub>2</sub> pro 1.000 US \$ am besten da unter den Vergleichsländern, die überwiegend ebenfalls ihre CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität reduzieren (Japan und USA ca. 0,2 t CO<sub>2</sub>/1.000 US \$, China ca. 0,45 2 t CO<sub>2</sub>/1.000 US \$. Auffallend ist die deutliche und kontinuierliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Intensität Chinas. In absoluten Zahlen nimmt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß Chinas und auch Indiens (auf einem deutlich niedrigeren Niveau) jedoch zu, während er in den USA und der EU tendenziell eher abnimmt (Bild 10 und Bild 11).

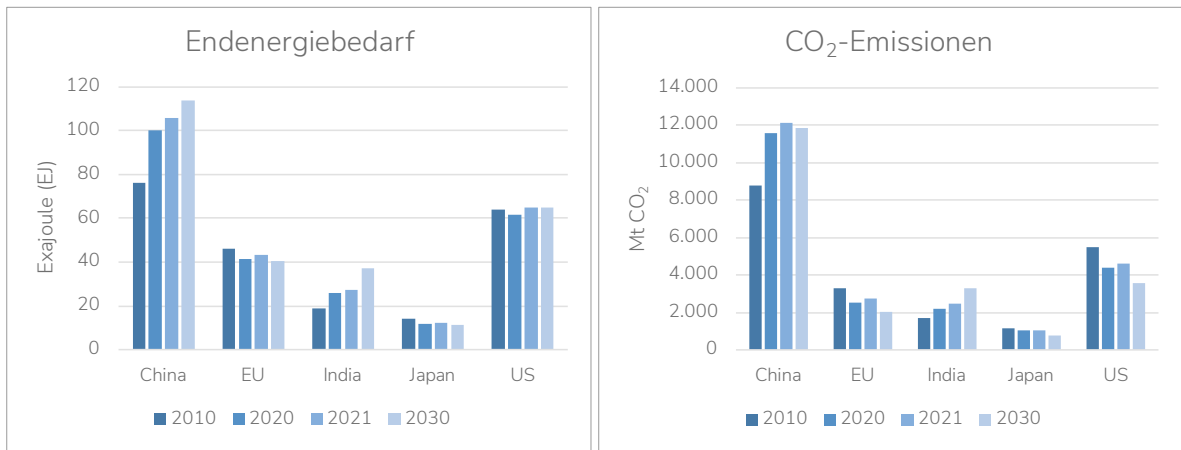


Bild 8. Endenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Daten: IEA World Energy Outlook 2022, Daten für 2030 sind Prognose vor dem Hintergrund strategischer politischer Ziele)

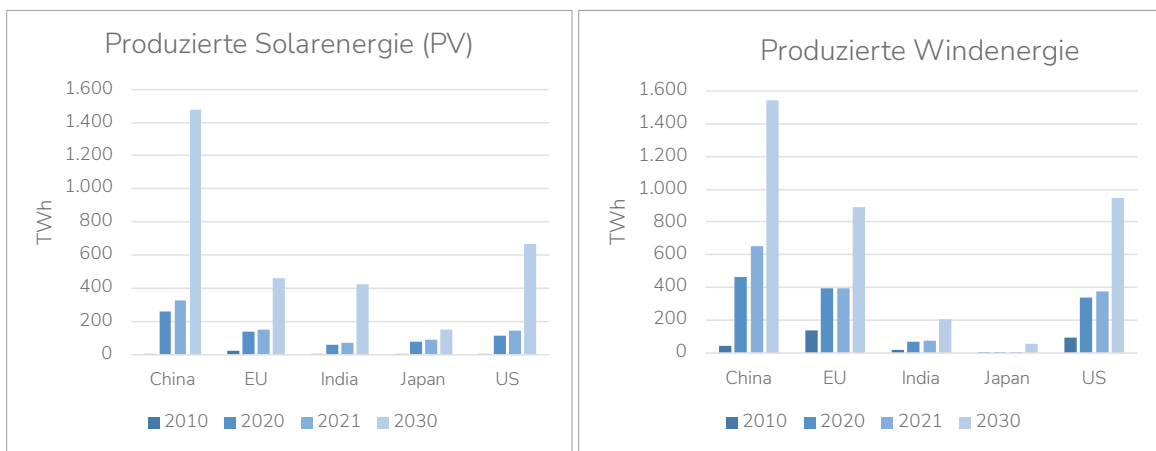


Bild 9. Produktion erneuerbarer Energien (Daten: IEA World Energy Outlook 2022, Daten für 2030 sind Prognose vor dem Hintergrund strategischer politischer Ziele)

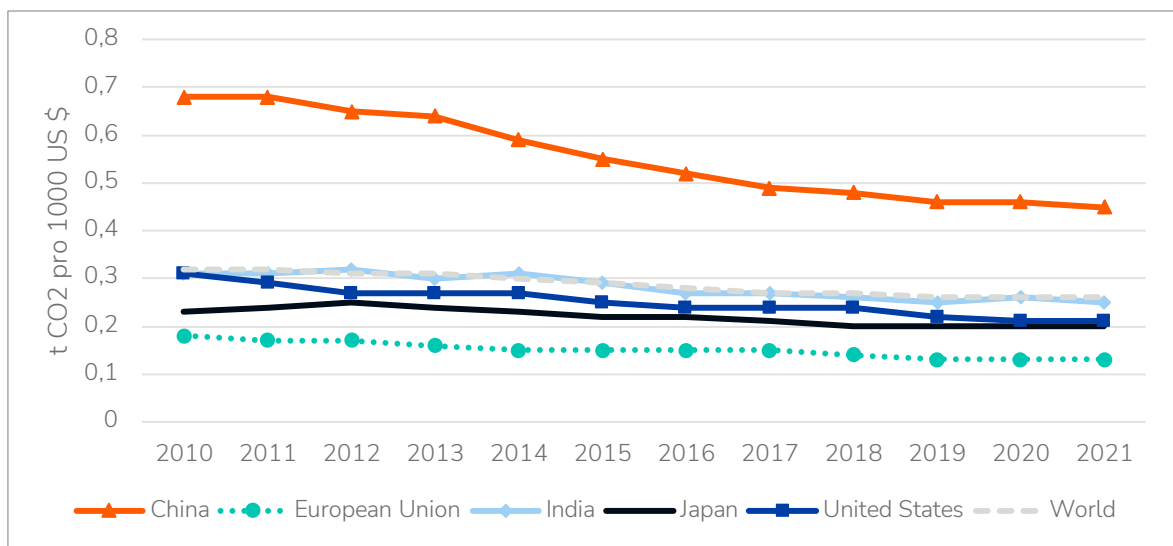


Bild 10. CO<sub>2</sub>-Intensität des BIP, Daten: International Energy Agency (2023)

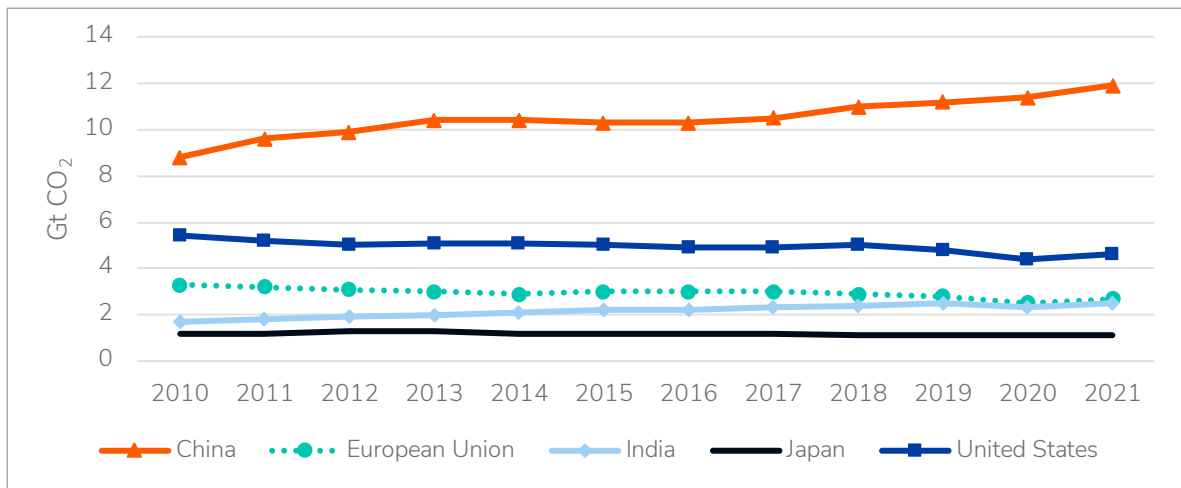


Bild 11. Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Gigatonnen, Daten: International Energy Agency (2023)

Eine Vielzahl von Faktoren, darunter die Abkehr vom russischen Gas, hat zu steigenden Strompreisen in Europa geführt. Die Strombezugskosten der Industrie sind in Deutschland stark gestiegen, selbst unter Berücksichtigung von politischen Entlastungsmechanismen (Bild 12).

Dadurch lagen sie im Jahr 2023 in Deutschland doppelt so hoch wie in China oder den USA. Ohne politische Entlastung hätte der Preis 2023 bei über 150 Euro pro MWh gelegen, in Frankreich sogar bei über 160 Euro pro MWh.

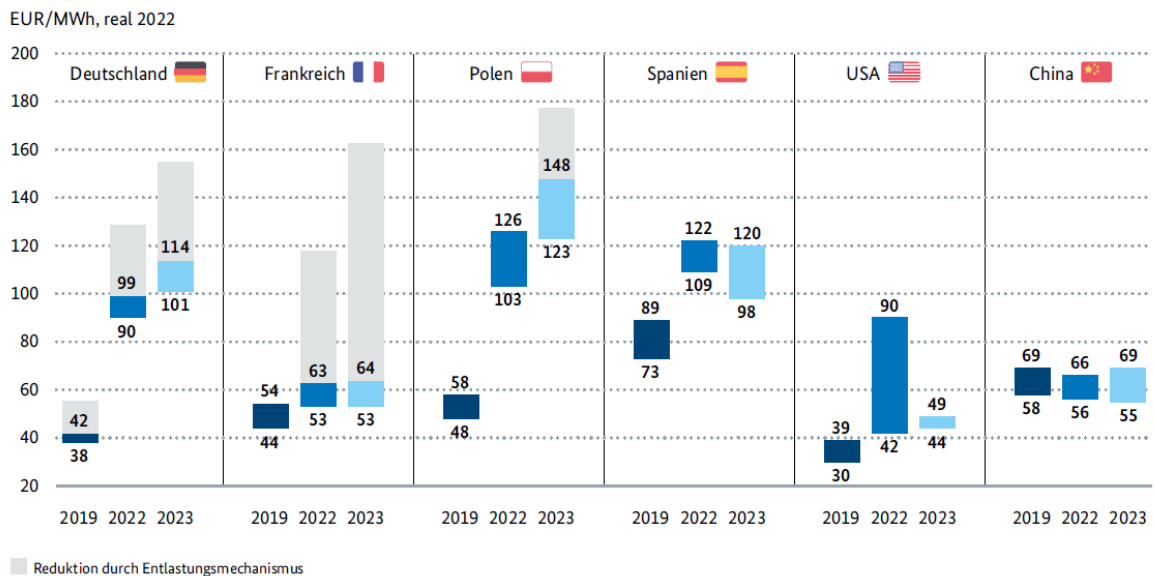
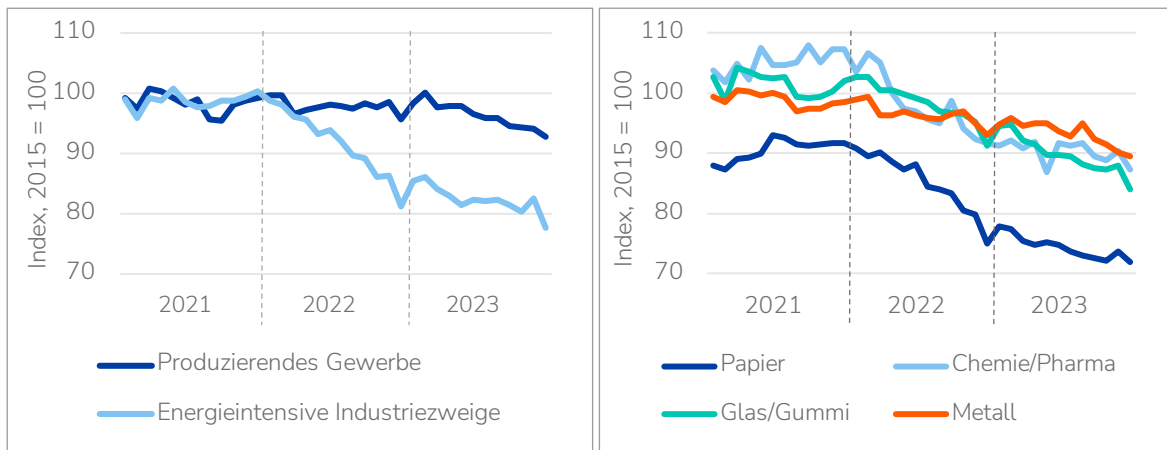


Bild 12. Bruttostrombezugskosten der Industrie in ausgewählten Ländern (als Beispiel dient ein großes Unternehmen der Chemie-, Stahl- und Metall-verarbeitenden Industrie mit konstantem Lastprofil; Grafik übernommen von: BMWK 2023, S. 16)





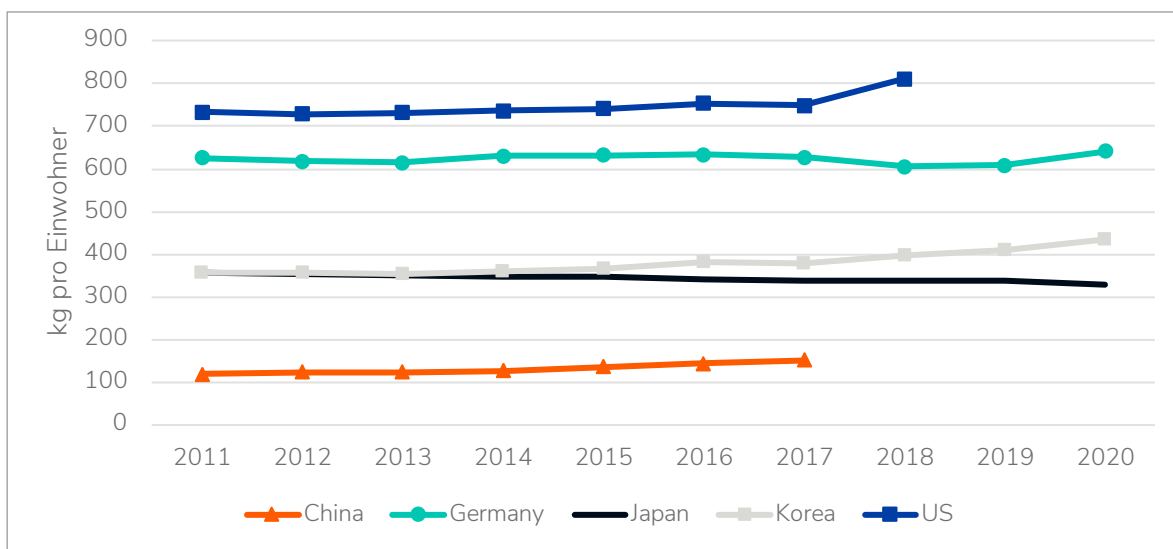
**Bild 13. Veränderung der Industrieproduktion (2015 = 100, Monatswerte, preis-, saison- und kalenderbereinigt, Daten: Statistisches Bundesamt 2024)**

Energieintensive Branchen stehen dadurch in Deutschland unter Druck: Bild 13 zeigt, wie viel stärker die energieintensiven Branchen geschrumpft sind als das Produzierende Gewerbe allgemein. Rechts in Bild 13 sieht man, dass die Produktion in vier energieintensiven Branchen gleichermaßen in den letzten zwei Jahren um 10 % bis 20 % gesunken ist.

Für den Umweltschutz spielt auch der Umgang mit Abfällen eine wichtige Rolle. Die Klärung von Abwässern ist in Deutschland der Normalfall. Wie auch in Großbritannien und der Schweiz werden über 95 % der Abwässer geklärt (Daten: Environmental Performance Index, Columbia and Yale University 2023). Das sieht in China und Indien ganz anders aus, dort wer-

den über 90 % der Abwässer ungeklärt in Flüsse oder Meere geleitet. In Japan werden 75 % der Abwässer geklärt, in den USA knapp 60 %.

Schlechter steht Deutschland bei der Müllmenge da (Bild 14): Pro Kopf und Jahr entstehen fast 650 kg Müll (ohne Industriemüll), was weltweit nur von wenigen Ländern wie den USA, Australien, Dänemark und Luxemburg übertroffen wird. Dabei werden in Deutschland nur 45 % des Kunststoffmülls werkstofflich weiterverwendet, während fast 80 % der Papierproduktion in Deutschland auf Altpapier basiert und auch Glas und Metall sehr hohe Recyclingquoten aufweisen (Umweltbundesamt 2018).



**Bild 14. Müllproduktion pro Kopf (ohne Industriemüll), Daten: OECD (2023a)**

### 2.2.3 Wahrnehmung des regulatorischen Rahmens

Sowohl in der ausgewerteten Literatur als auch in den Interviews mit den Fachleuten der Fachgesellschaften und Regionalorganisation wurde die Rolle der regulatorischen Rahmenbedingungen für Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung thematisiert. Für Deutschland wurde der aktuelle regulatorische Rahmen kontrovers diskutiert – sowohl als Antrieb als auch als Hemmnis für Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit. Die Herausforderung sei, jeweils ein angemessenes Verhältnis zwischen Rechtssicherheit und beispielsweise Verbraucherschutz auf der einen Seite und Freiräumen für Innovation auf der anderen Seite zu finden.

In der OECD-Studie (OECD 2022, S. 158 ff.) wird der regulatorische Rahmen wie folgt beschrieben:

Die Qualität des Regulierungsrahmens insgesamt wird im internationalen Vergleich als hoch betrachtet (Bild 15 oben). Es wird festgehalten, dass es gelungen ist, das Regelungsumfeld für Unternehmen insgesamt zu vereinfachen, so dass Deutschland nun einen deutlich besseren Indexwert als der OECD-Durchschnitt aufweist. Zu den Vereinfachungen gehört etwa die seit 2015 geltende „One-in-one-out“-Regel, wonach neue Belastungen nur in dem Maße eingeführt werden dürfen, wie bisherige Belastungen abgebaut werden.

Zugleich gibt es laut OECD Bereiche, in denen Deutschland im OECD-Vergleich eher schwächer aufgestellt ist:

Dies betrifft einerseits den Gründungsaufwand für Personengesellschaften und Gesellschaften mit beschränkter Haftung (Bild 15 unten). Deutschland rangiert beim entsprechenden Index im hinteren Viertel unter allen OECD-Ländern. Als deutlich gründungsfreundlicher werden die USA und Korea (über dem OECD-Durchschnitt) angesehen. Japan rangiert in diesem Vergleich ebenfalls im hinteren Viertel und etwas schlechter als Deutschland.

Als weitere Schwachfelder werden die zwar gut ausgebaute, aber unübersichtliche Förderlandschaft sowie die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung genannt. Im Digital Government Index 2019 der OECD liegt Deutschland unter allen OECD-Ländern auf einem hinteren Platz<sup>7</sup>.

Die Einschätzungen der OECD werden durch folgende Zahlen ergänzt:

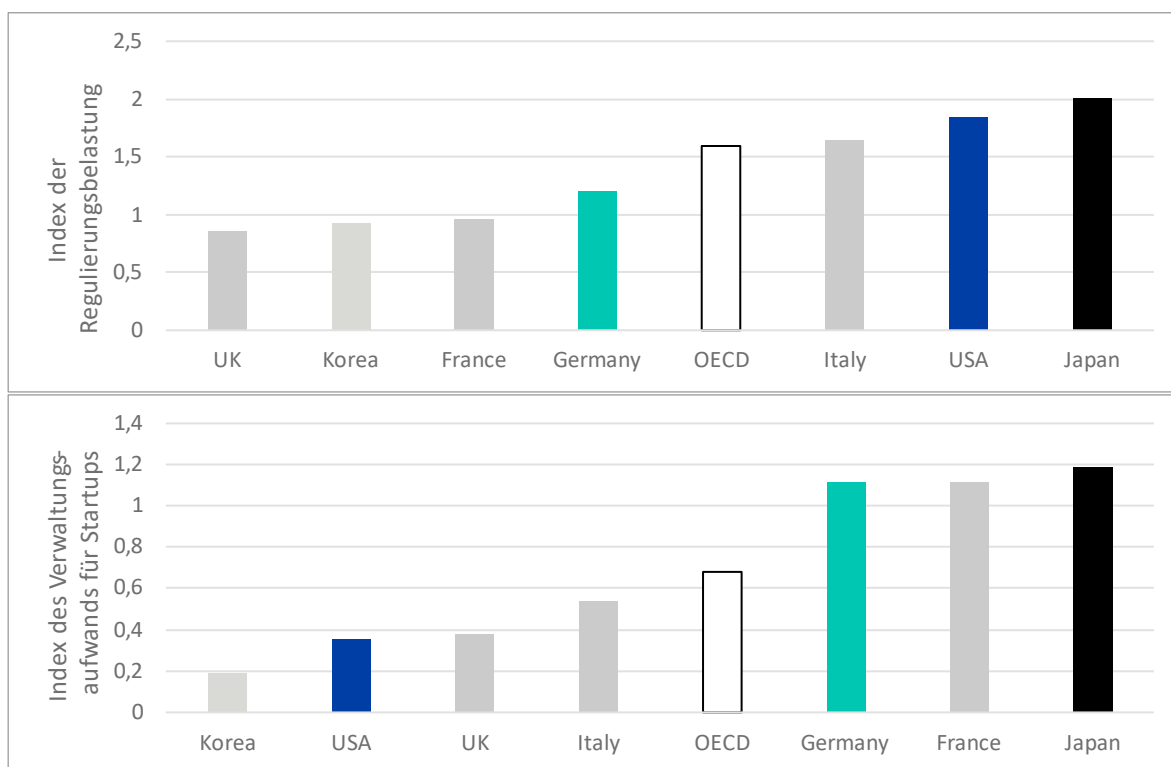
- Eine Baugenehmigung in Deutschland benötigt im Durchschnitt 499 Tage, mit steigender Tendenz; in Japan und Korea liegt dieser Wert bei 360 bzw. 290 Tagen<sup>8</sup>.
- In einer Studie des Instituts der Deutschen Wirtschaft (Engels/Scheufen 2020) geben 34 % der befragten deutschen Unternehmen an, dass die DSGVO einen Wettbewerbsnachteil darstellt.

---

<sup>7</sup> Diese Aussage bezieht sich auf die Pilotausgabe des OECD Digital Government Index aus dem Jahr 2019. Für die Ausgabe 2023 wurde die Methodik vollständig überarbeitet, sodass zeitliche Vergleiche nicht möglich sind.

Für Deutschland liegen für die Ausgabe 2023 allerdings auch keine Daten vor.

<sup>8</sup> S. <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/time-needed-to-deal-with-construction-permits>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024



**Bild 15. Positionierung Deutschlands im OECD-Vergleich (ausgewählte Länder) mit Blick auf die Qualität des Regulierungsrahmens insgesamt (oben) sowie den Verwaltungsaufwand bei Gründungen (unten). Der Indikator bewegt sich auf einer Spanne von 0 (geringste Belastung) bis 6 (höchste Belastung) und wurde entsprechend den Antworten auf einen ausführlichen, dem jeweiligen Land übermittelten Fragebogen festgestellt. Quelle: OECD 2022 S. 158f.**

## 2.3 Forschung und Technologie

### 2.3.1 Ausgaben für Forschung und Entwicklung

Die OECD-Studie (OECD 2022) stellt dem deutschen Forschungs- und Entwicklungssystem insgesamt ein gutes Zeugnis aus. Die anwendungsorientierte Forschung ist hochgradig internationalisiert und global anerkannt. Gut 4 % der besten 10 % von Publikationen kommt aus Deutschland, insgesamt erzeugt die deutsche Wissenschaft 3,7 % der globalen relevanten Publikationen. Ebenso sieht die OECD einen Vorteil Deutschlands beim Wissenstransfer. Das staatliche Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) wird als Beispielprojekt gesehen und eine Auflegung weiterer Programme seiner Art wird angeraten. Das ZIM hatte 2020 ein Volumen von 555 Mrd. Euro, aus dem es rund 3.000 Projekte im Jahr fördert. Insgesamt schüttet das ZIM Geld an 42 % aller Erstantragsteller aus.

Im internationalen Vergleich zeigt sich folgendes Bild: Die Ausgaben für F&E werden meist in

Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) angegeben, wenn Länder verglichen werden. Bild 16 zeigt, dass Deutschland im Jahr 2020 auf Platz 6 nah bei den USA und Japan lag mit F&E-Ausgaben von 3,1 % des BIP. Dabei haben alle Länder außer Japan im Fünfjahresvergleich die Ausgaben erhöht – Korea aber am stärksten. Mit 4,8 % liegt es deutlich an der Spitze. China gibt weniger für F&E aus (mit steigender Tendenz) und Indien ist von diesen sechs Ländern deutlich auf dem schwächsten Rang mit nur 0,7 %.

Die absoluten Werte des Geldstroms, die in F&E fließen, zeigt Tabelle 1. Die USA liegen unangefochten an der Spitze, natürlich auch wegen der Größe ihres Landes, Deutschland kommt knapp hinter Japan auf den dritten Platz.

In allen Ländern wird der größere Teil der F&E-Ausgaben von der Wirtschaft finanziert (siehe rechter Teil von Bild 16). In Deutschland trägt der Staat einen vergleichsweise hohen Anteil der F&E-Ausgaben. F&E wird in Deutschland vor allem in den Hochschulen sowie in den Forschungsinstituten der vier Forschungsorganisationen (Fraunhofer-Gesellschaft, Max-Planck-

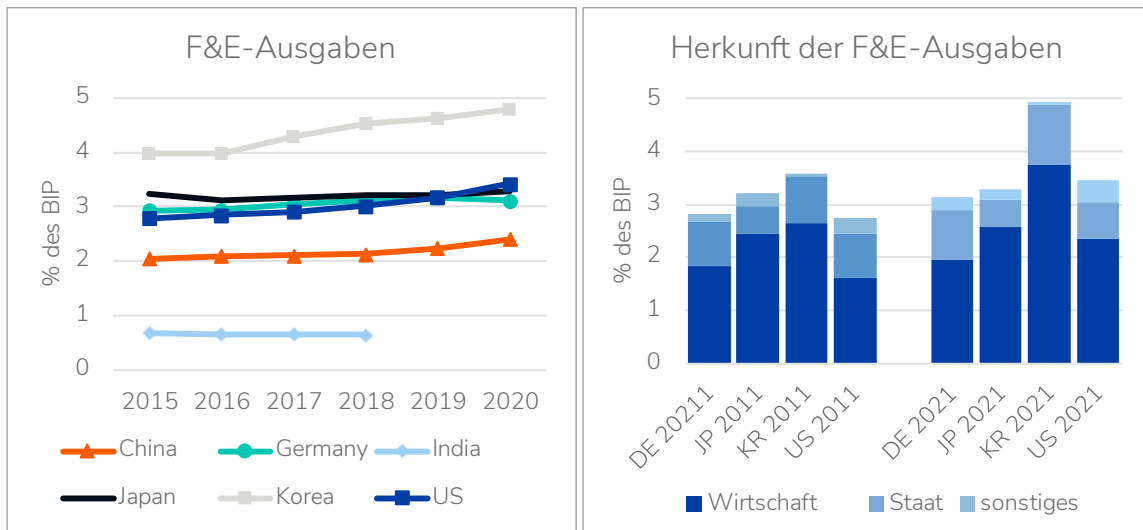


Bild 16. links: Ausgaben für Forschung und Entwicklung in % des BIP, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023), rechts: wirtschafts- bzw. staatsfinanzierte Ausgaben für F&E in % des BIP, Daten: OECD (2023c)

Tabelle 1. Ausgaben für F&E nach Ländern, Daten: BMBF 2023

| Land           | F&E-Ausgaben im Jahr 2021 in Mio. US-Dollar |
|----------------|---|
| USA            | 806.013                                     |
| China          | 620.103                                     |
| Japan          | 177.428                                     |
| Deutschland    | 153.724                                     |
| Korea          | 119.583                                     |
| Großbritannien | 97.793                                      |
| Indien         | 64.700                                      |

Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft) durchgeführt und beinhaltet viel Grundlagenforschung.

Neben der oben aufgeschlüsselten Finanzierung der Forschung ist auch von Interesse, wo die Forschung durchgeführt wird. Die in den Unternehmen durchgeführte Forschung ist besonders praxisnah und schnell wirtschaftlich nutzbar; die in Hochschulen und Forschungseinrichtungen durchgeführte Forschung ist oft Grundlagenforschung und bereitet den Weg für künftige Technologien und Entwicklungen. Insofern kommt beiden eine zentrale Bedeutung zu und sie ergänzen sich wechselseitig.

Bild 17 zeigt, dass deutliche Unterschiede zwischen den Ländern bestehen. In Deutschland

wurden 2021 rund 2 % des BIP für F&E in Unternehmen aufgewendet (insgesamt wurden 3,1 % des BIP für F&E aufgewendet). Damit lag Deutschland auf einem Niveau mit Großbritannien, leicht über China und deutlich unter den anderen großen Industrienationen. Von dieser in den Unternehmen durchgeführten Forschung ist ein Teil durch staatliche Förderprogramme finanziert, in Deutschland waren dies 2021 etwa 3,5 %, während es in den USA und Korea zwischen 4 % und 5 % waren. Die Werte für China lagen bei 3 % (Bild 18).

Auch aus dem Ausland fließen Mittel in Unternehmens-F&E, hier hat Deutschland höhere Werte, es liegt mit 7,9 % knapp unter den USA (Bild 19). Noch höhere Mittelflüsse aus dem Ausland verzeichnet Großbritannien, während die asiatischen Länder deutlich weniger erhalten.

### 2.3.2 Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen

Ein Indikator für die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und nicht gewinnorientierter Forschung bezieht sich darauf, wie viel Geld die Unternehmen den außeruniversitären öffentlichen Forschungseinrichtungen für F&E bereitstellen. Dabei geht es um Auftragsforschung, das heißt, die Firmen benötigen Erkenntnisse, die sie nicht selbst erforschen wollen, sondern an darauf spezialisierte Forschungseinrichtungen auslagern.

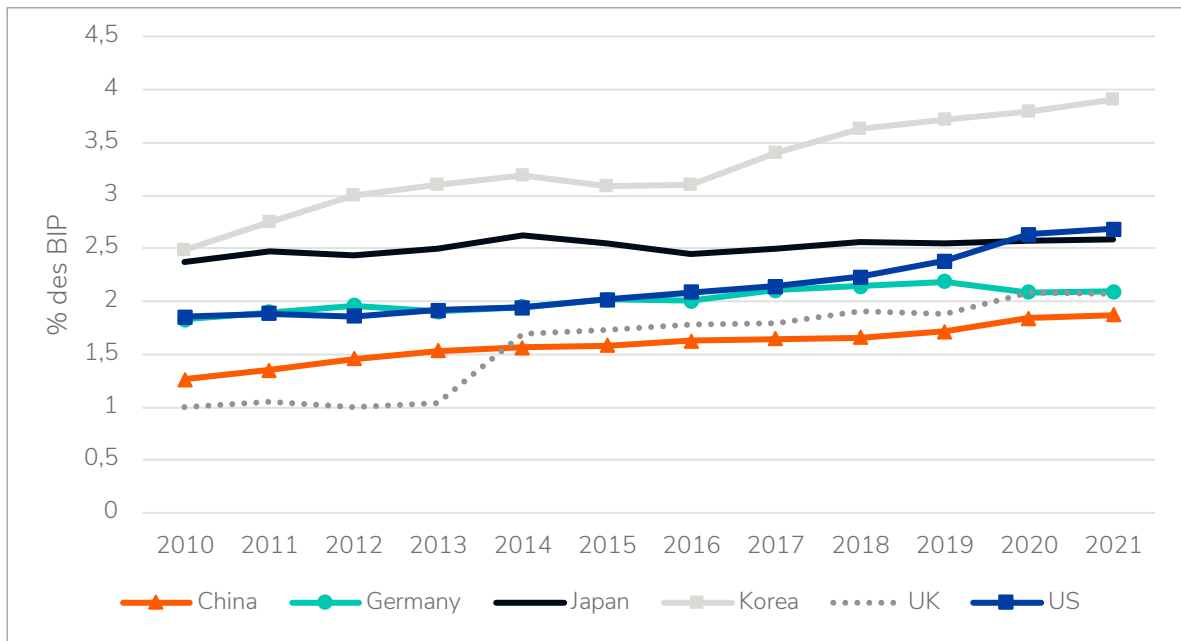


Bild 17. Ausgaben für in den Unternehmen durchgeführte F&E in % des BIP, Daten: OECD (2023c)

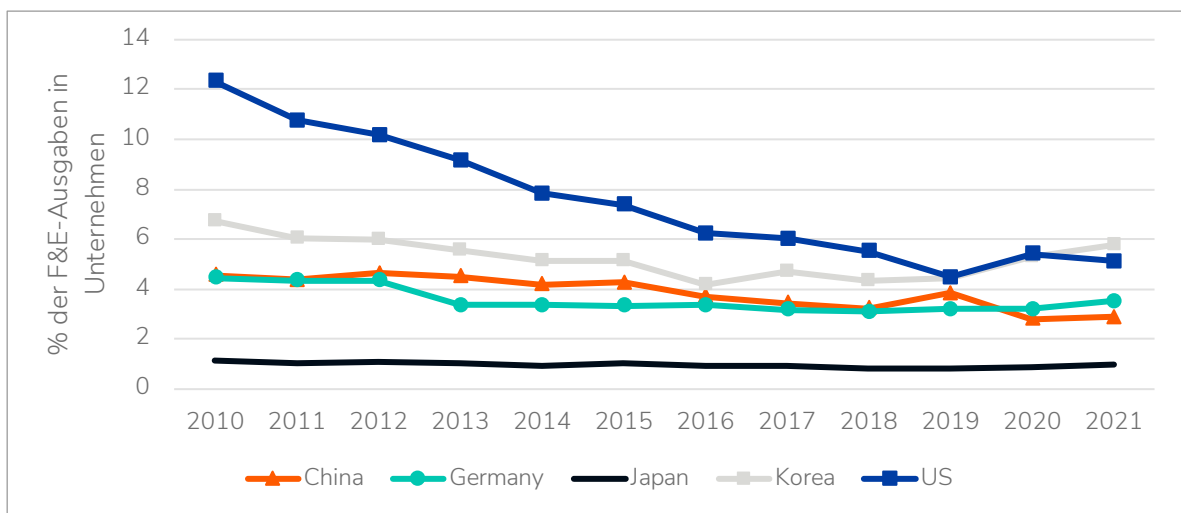
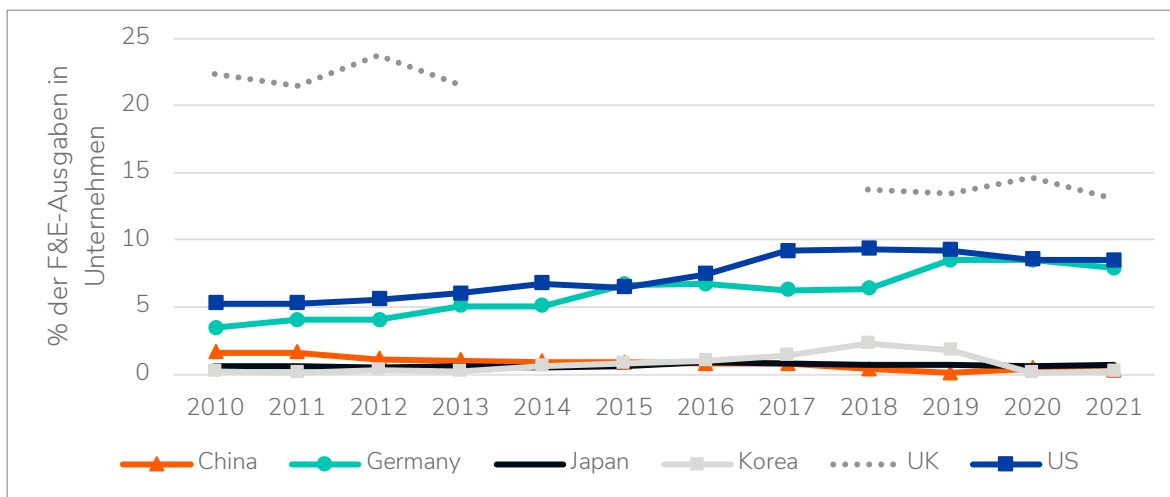
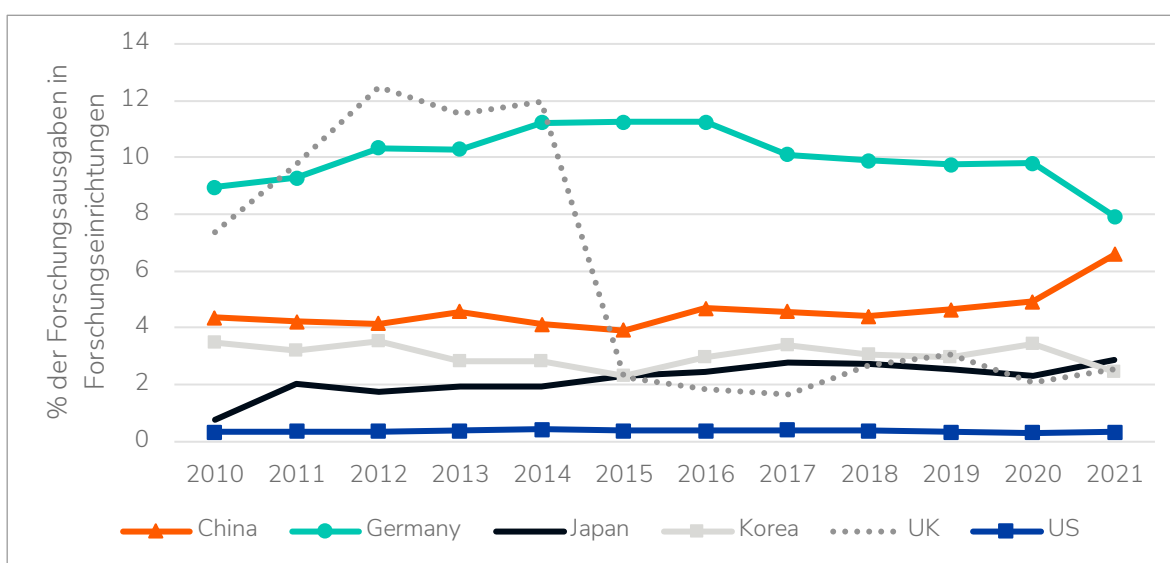


Bild 18. Anteil der öffentlich finanzierten Ausgaben für Forschung und Entwicklung in Unternehmen, Daten: OECD (2023c)



**Bild 19. Anteil der vom Ausland finanzierten Ausgaben für F&E in Unternehmen, Daten: OECD (2023c)**



**Bild 20. Wirtschaftsfinanzierter Anteil der F&E in außeruniversitären öffentlichen Forschungseinrichtungen, Daten: OECD (2023c)**

Die Ergebnisse dieser Betrachtung finden sich in Bild 20. Deutschland liegt deutlich vorn, während die US-amerikanischen Unternehmen diese Form der F&E fast gar nicht wählen. Jedoch ist der Wert in Deutschland seit 2016 rückläufig. Besonders bemerkenswert sind der Rückgang in Großbritannien seit 2014 sowie der Anstieg in China, wo die Werte zwischenzeitlich fast den Anteil in Deutschland erreicht haben.

Wie oben bereits erwähnt, tätigt der deutsche Staat einen hohen Anteil der F&E-Ausgaben im Land. Ein großer Teil der damit finanzierten Forschung wird an den Hochschulen durchgeführt; hinzu kommen die Mittel der Wirtschaft für die Hochschulforschung. Bild 21 zeigt die Gesamt-

ausgaben für Hochschulforschung in Prozent des BIP. Deutschland liegt hier über den meisten Vergleichsländern, während China deutlich darunter liegt. Großbritannien positioniert sich nach dem Brexit an der Spitze. Die F&E-Ausgaben sind in Großbritannien seit der Entscheidung über den Brexit stark gestiegen, wahrscheinlich, um erwartete wirtschaftliche Nachteile abzufedern. Die dortigen Daten weisen teilweise auch Lücken auf.

Bild 22 zeigt, welcher Anteil der Hochschulforschung von Unternehmen finanziert wird. Deutschland lag 2021 hier mit Korea bei etwa 15 %, während China bei über 30 % lag und die anderen Vergleichsländer unter 10 %.

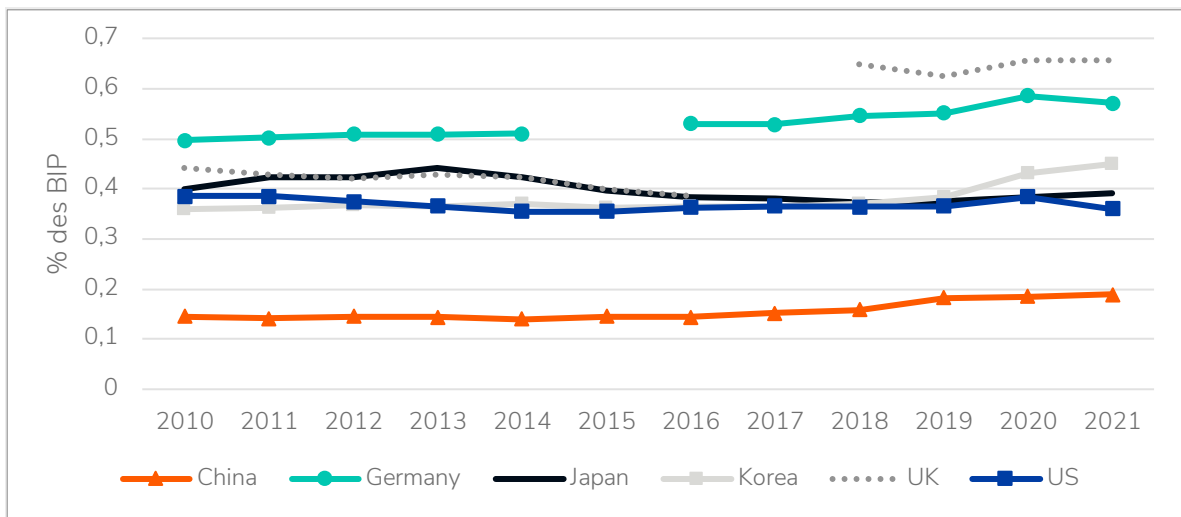


Bild 21. Ausgaben für Hochschulforschung in % des BIP, Daten: OECD (2023c)

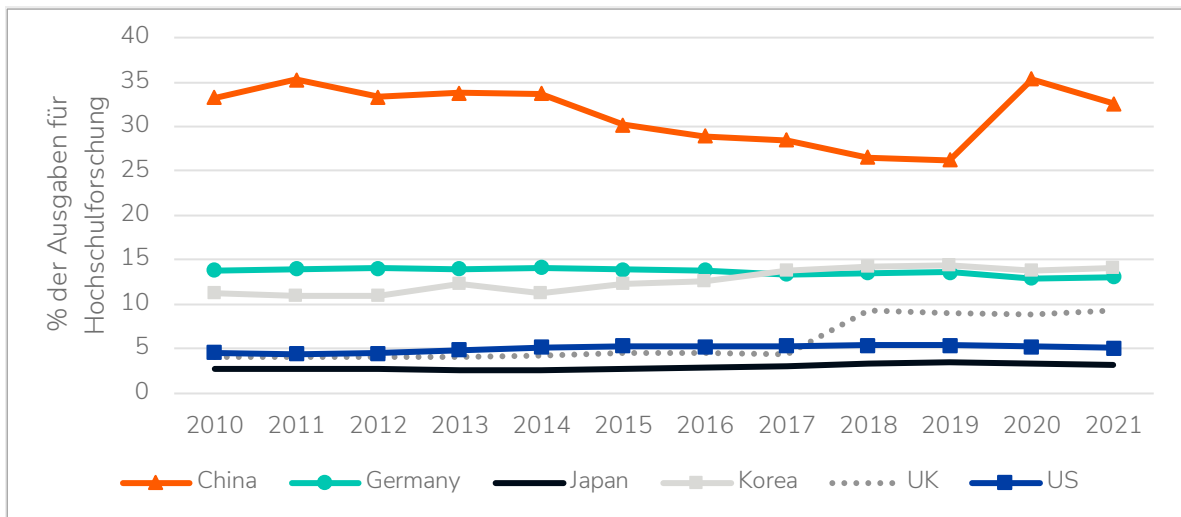


Bild 22. Wirtschaftsfinanzierter Anteil der Hochschulforschung, Daten: OECD (2023c)

### 2.3.3 Schlüsseltechnologien, Zukunftsthemen und Patente

#### Leistungsfähigkeit in Schlüsseltechnologien

Die Expertenkommission Forschung und Innovation hat in ihrem Jahresgutachten 2022 (EFI 2022) eine Analyse der relativen Wettbewerbspositionen von Schlüsseltechnologien im internationalen Vergleich vorgenommen, die auf der „Studie zum deutschen Innovationssystem 7-2022“ von Kroll et al. (2022) basiert.

Als Schlüsseltechnologien werden dabei „Produktionstechnologien“, „Materialtechnologien“, „Bio- und Lebenswissenschaften“ und „Digitale Technologien“ definiert. Die „Digitalen Technologien“ unterteilen sich nochmals in „Big Data“, „Digitale Sicherheitstechnologien“, „Internet of

Things“, „Mikroelektronik“, „Künstliche Intelligenz“ und „Digitale Mobilitätstechnologien“.

Das Autorenteam der Studie bewertet die relative Position Deutschlands in diesen Schlüsseltechnologien anhand der vier Indikatoren „Publikationen“, „transnationale Patentanmeldungen“, „relative Handelsbilanz“ und „Aktivitäten bei Standardisierung und Normung“.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Deutschland insbesondere bei den beiden Indikatoren „Publikationen“ und „transnationale Patentanmeldungen“ – die EFI-Kommission beschreibt diese als Indikatoren für die „Beherrschbarkeit“ einer Technologie – einen seiner Größe entsprechenden guten Platz einnimmt. Jedoch wachsen gerade die asiatischen Länder und hier insbesondere China bezüglich dieser

Indikatoren deutlich schneller. Mit Blick auf den internationalen Handel, gerade auch mit digitalen Technologien, weist Deutschland bereits heute einen komparativen Nachteil auf und auch das Engagement bei Standardisierungs- und Normungsaktivitäten ist nach Einschätzung der EFI-Studie ausbaufähig. Diese Indikatoren für die „Verfügbarkeit“ von Schlüsseltechnologien zeigen auf, dass Deutschland – wie auch viele andere westliche Länder – bereits in eine Abhängigkeitssituation geraten ist, die die technologische Souveränität gefährdet.

Im Detail zeigt die Studie folgendes Bild:

Hinsichtlich Publikationen betrachtet die Studie sowohl die absolute Höhe als auch deren Veränderung zwischen 2000 und 2002 und 2017 und 2019. Im Ergebnis zeigt sich, dass China, die USA und die EU-27 das Publikationsgeschehen in allen Schlüsseltechnologien dominieren. Deutschland kann in allen betrachteten Schlüsseltechnologien einen seiner Größe entsprechenden guten Platz im Mittelfeld verzeichnen. Zugleich ist ein Anstieg der chinesischen Publikationsaktivitäten zu beobachten. Dadurch konnte das Land in weniger als 20 Jahren in den Bereichen „Digitale Technologien“, „Materialtechnologien“ und „Produktionstechnologien“ die USA und die EU-27 hinsichtlich der Publikationsaktivitäten überholen.

Auch bei den Patenten werden absolute Höhe und Veränderung analysiert. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme der Patentierungsaktivitäten in den asiatischen Ländern (Japan, China, Südkorea), und zwar insbesondere in den „Digitalen Technologien“. Deutschland liegt in den „Produktionstechnologien“, „Materialtechnologien“ und den „Bio- und Lebenswissenschaften“ im Mittelfeld. China und Südkorea verzeichnen in den „Digitalen Technologien“ eine besonders dynamische Entwicklung.

Bild 23 zeigt den offenbaren komparativen Vorteil für die einzelnen Schlüsseltechnologien für den Zeitraum 2016–2018. Der Vorteil berechnet sich als Exportanteil einer Schlüsseltechnologie in einem Land relativ zum Anteil dieser Schlüsseltechnologie auf dem Weltmarkt.

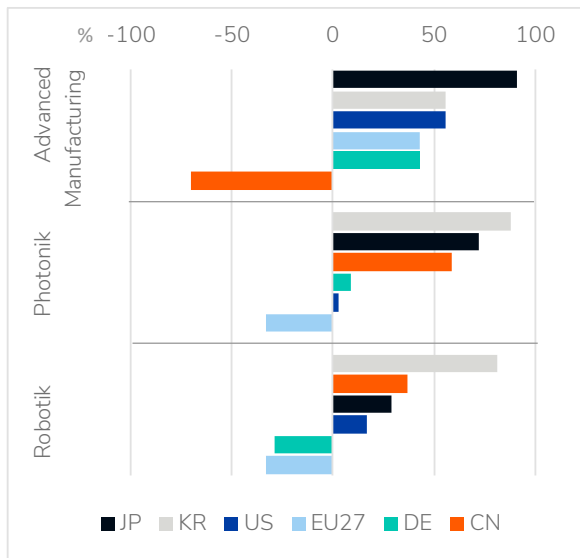
Es zeigt sich, dass Deutschland lediglich in den Schlüsseltechnologien „Advanced Manufacturing“, „Neue Werkstoffe“ und „Lebenswissen-

schaften“ einen komparativen Handelsvorteil aufweist. Das bedeutet, dass Deutschland hinsichtlich des Handelsvorteils in diesen Themenfeldern besser dasteht als die Vergleichsländer (China, EU-27, Südkorea, Japan, USA). Die Schlüsseltechnologien „Robotik“ (besonderer Handelsvorteil für Südkorea), „Big Data“ (besonderer Vorteil für China), „Digitale Sicherheitstechnologien“ (besonderer Vorteil für Südkorea), „Internet der Dinge“ (besonderer Vorteil für China), „Künstliche Intelligenz“ (besonderer Vorteil für China) sowie „Mikroelektronik“ (besonderer Vorteil für Südkorea) weisen für Deutschland einen komparativen Handelsnachteil auf. Bei den übrigen Themen („Photonik“, „Nanotechnologie“, „Bioökonomie“ sowie „Digitale Mobilitätstechnologien“) liegt Deutschland etwa im Durchschnitt.

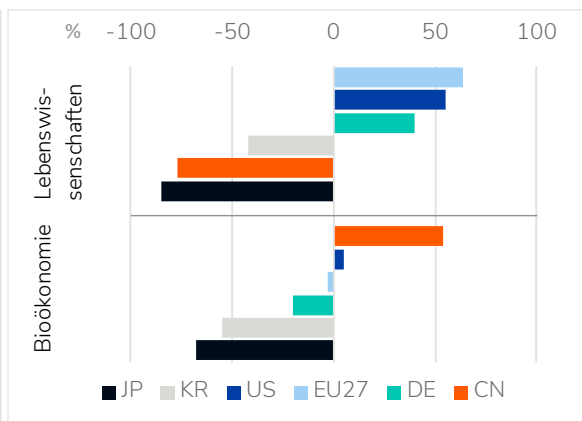
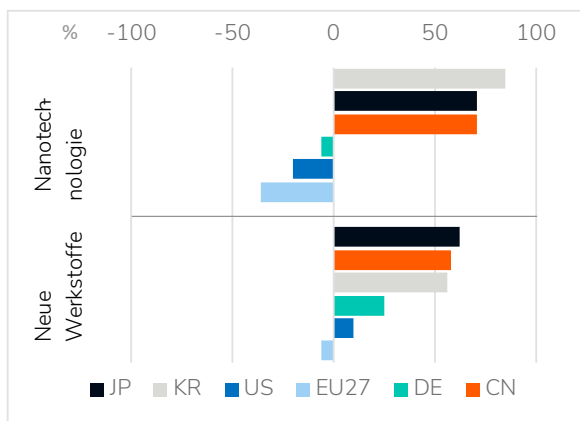
Auffällig ist die starke Handelsposition Chinas, insbesondere in den digitalen Technologien. Zu den sich daraus ergebenden Abhängigkeiten führt Kroll et al. (2022, S. 35) aus: „Im Rahmen der im Laufe der 1990er- bis frühen 2010er-Jahre stetig zunehmenden weltwirtschaftlichen Integration hat – zumindest temporär – eine teils substanzielle Trennung von wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen und realen Produktionsvorgängen eingesetzt (Designed in California, Made in China). Handelsdaten ermöglichen es, die Konsequenzen dieser Entwicklungen differenziert nachzuzeichnen und dabei deutlich zu machen, wie sich wissenschaftlich-technologisch gut positionierte Länder in teils erhebliche Abhängigkeiten begeben haben, die ihre technologische Souveränität im Sinne der gesicherten Verfügbarkeit relevanter Produkte zu beeinträchtigen drohen. Gleichzeitig besteht, u. a. in Asien, ein bekannter Zusammenhang zwischen einer Erstbefassung mit Technologien im Rahmen der Endfertigung und einem sich daraus ergebenden nachgelagerten Erwerb entsprechender Entwicklungskompetenzen.“

Dieses Bild wird durch einen Blick auf den Aspekt „Normen und Standardisierung“ vervollständigt. Hier ist hervorzuheben, dass China diesbezüglich einen zentralistischen Ansatz verfolgt und sein Engagement in Standardisierungsorganisationen deutlich ausgebaut hat, was Deutschland insbesondere in den digitalen Schlüsseltechnologien nach Einschätzung der Autoren der EFI-Studie nicht gelungen ist.

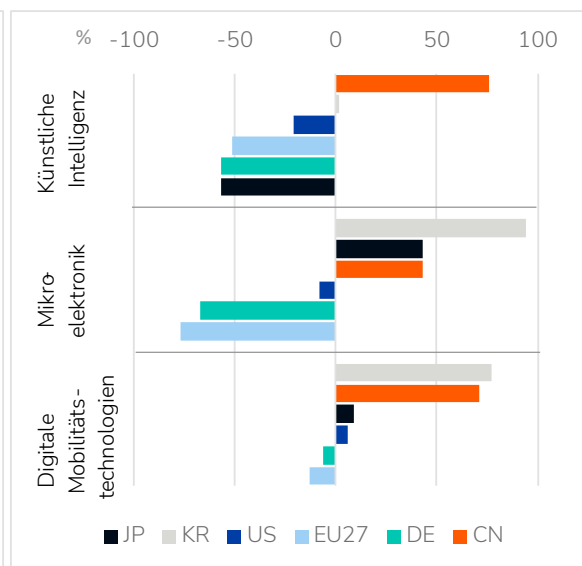
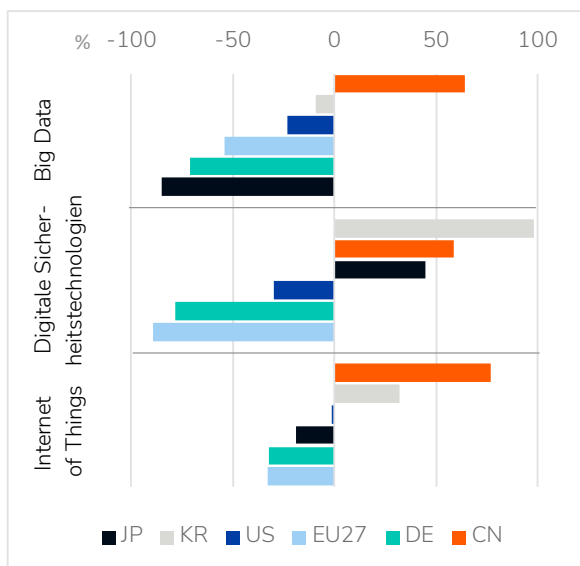




### a) Produktionstechnologien



### b) Materialtechnologien/Bio- und Lebenswissenschaft



### c) Digitale Technologien

Bild 23. Mittelwert des offenbaren komparativen Handelsvorteils in den Einzeltechnologien für ausgewählte Länder und Regionen 2016-2018 in Prozent; ein positiver Wert weist auf einen komparativen Vorteil, ein negativer Wert auf einen komparativen Nachteil hin. Quelle: Kroll et al. (2022)/EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (2022)

Diese Befunde zu Schlüsseltechnologien werden im OECD-Bericht (OECD 2022) unterstützt und ergänzt. Als Technologiefelder, in denen die OECD zukünftigen Spiel- und Handlungsraum bzw. Bedarf sieht, werden neben der Digitalisierung auch Mikro- und Nanotechnologie genannt sowie Batterieforschung und -produktion, Brennstoffzellen und Wasserstoff (OECD 2022, S. 38 ff.). Speziell bei Klimatechnologien hat Deutschland laut OECD die Chance, internationaler Spitzenreiter zu werden, muss dafür aber die Forschung in diesen Technologiefeldern hochfahren.

Ein größeres Engagement in der Normung und Standardisierung sieht die OECD ebenfalls als notwendig an.

Als Maßnahmen zur Stärkung dieser Themenfelder empfiehlt die OECD eine EU-weite Strategie. Diese soll auf die Ziele gesteigerter ökonomische Resilienz sowie einer verbesserten ökonomischen Verhandlungsposition auch international einzahlen.

### Finanzierungsdynamik in ausgewählten Technologien/Technologiefeldern

In der Literatur aber auch in den Interviews mit den Fachleuten der Fachgesellschaften des VDI wird die Bedeutung von Start-ups und Risikokapital für die Erneuerung der Wirtschaft und die Durchsetzung von Technologien am Markt hervorgehoben. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Metastudie eine Auswertung der Crunchbase-Datenbank<sup>9</sup> nach Technologien bzw. Technologiefeldern vorgenommen. Das Ziel der Analyse ist der stichtagsbezogene Vergleich von Unternehmen relevanter Technologien/Technologiefelder in Deutschland mit Großbritannien, den USA, China, Indien und Japan. Die ausführlichen Ergebnisse finden sich in der Anlage A3 im Anhang. In der Auswertung werden zum einen die in der o. g. EFI-Studie identifizierten Schlüsseltechnologien, zum anderen die Technologien, die in den Interviews als relevant für das jeweilige Themencluster herausgearbeitet wurden, betrachtet. Bei

Letzteren handelt es sich um folgende Technologien bzw. Technologiefelder:

- Autonomes Fahren
- Elektromobilität
- Alternative Antriebe
- Robotik/Cobotik
- 3-D-Druck im Bau
- Grüner Wasserstoff
- Quantentechnologie und -sensoren
- 2-D-Materialien
- Private Raumfahrt
- Autonomes Fliegen
- Alternative Kraftstoffe + Elektromobilität (Flugverkehr)
- Geothermie
- Batterietechnologie.

Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass unter den betrachteten Ländern die USA jeweils den größten Anteil an allen innovativen Unternehmen aufweisen. Dies ist der Größe des Landes aber auch dem dort gut funktionierenden Risikokapitalmarkt geschuldet. Der Anteil Deutschlands variiert nach Technologie bzw. Technologiefeld. Er ist für die Schlüsseltechnologien Mikro-/Nanoelektronik, Advanced Manufacturing, Photonik und Technologien für die Bioökonomie sowie für die in den Interviews hervorgehobenen Technologien/Technologiefelder Autonomes Fahren, Elektromobilität, 3-D-Druck im Bau, Grüner Wasserstoff und Geothermie recht hoch<sup>10</sup>. Auffallend sind der große Anteil, den Großbritannien jeweils aufweist, sowie die Stärke Chinas in einigen der Technologien/Technologiefelder, insbesondere Digitale Mobilitätstechnologien (9,5 %), Neue Werkstoffe (19 %), Advanced Manufacturing (9,8 %), Robotik (9,3 %), Technologien der Bioökonomie (10,8 %) sowie Batterietechnologie (11,7 %). Besonders hohe Anteile weisen die USA in den Technologien/Technologiefeldern Mikro-/Nanoelektronik (29,7 %), Digitale Sicherheitstech-

<sup>9</sup> Die Datenbank enthält Daten zu mehr als 3 Mio. Unternehmen weltweit mit einem Fokus auf innovative Unternehmen. Die Datenbank macht auch Angaben zu den von Investoren eingeworbenen Finanzmitteln.

<sup>10</sup> Als Schwellenwert wurde für die Auswahl ein Anteil von mindestens 5 % von allen Unternehmen weltweit gewählt.

nologien (44,8 %), Advanced Manufacturing (40,6 %), Photonik (44,6 %), Biotechnologie (47,2 %), Autonomes Fahren (43,3 %), 3-D-Druck im Bau (41,8 %), Private Raumfahrt (56,5 %), Autonomes Fliegen (42,1 %) sowie alternative Kraftstoffe und Elektromobilität im Flugverkehr (42,3 %) auf. Indien fällt vor allem in den Technologien/Technologiefeldern Künstliche Intelligenz (7,2 %), Elektromobilität (9 %) und Batterietechnologie (9,1 %) auf.

### Patentsituation

Zur Untermauerung dieser Befunde sind nachstehend Kennzahlen zum Patentgeschehen im internationalen Vergleich dargestellt. Diese Zahlen geben einen themenclusterübergreifenden Überblick. Eine Detailauswertung nach Themenclustern findet sich in Kapitel 3.

Die Zahl der in den fünf wichtigsten Wirtschaftsräumen angemeldeten Patente sagt etwas über die globale Stärke der Wirtschaft eines Landes aus. Wenn Patente nicht nur im Heimatland oder vielleicht zusätzlich in den

USA (von einem europäischen Unternehmen) angemeldet werden, dann versucht das patentanmeldende Unternehmen, seine Produkte global zu vermarkten, wodurch das Heimatland in seiner Stellung in der Weltwirtschaft gestärkt wird.

Bild 24 zeigt, dass Japan am meisten internationale Patente hat – vor den USA. Deutschland liegt deutlich darunter und auf einem Niveau mit Korea. Deutschland nimmt insgesamt 6,7 % der globalen PCT-Anmeldungen vor. China weist einen starken Trend nach oben auf und könnte die USA bald einholen.

Ein weiterer Indikator für weltweite Technologieführerschaft ist der Anteil der internationalen Patente (das heißt Patente, die im Rahmen des internationalen Patentkooperationsvertrags PCT angemeldet wurden), der mit Partnern aus anderen Ländern entwickelt wurde, wo also spezialisiertes Wissen aus verschiedenen Ländern zusammengeführt wurde, um eine Erfindung zu generieren, der weltweites Vermarktungspotenzial zugesprochen wird.

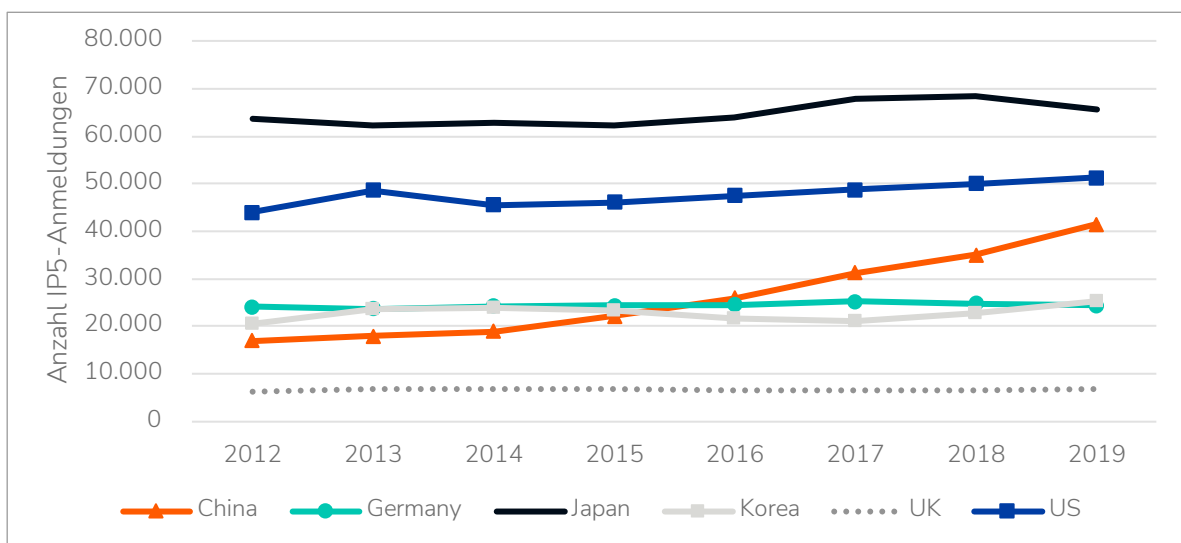
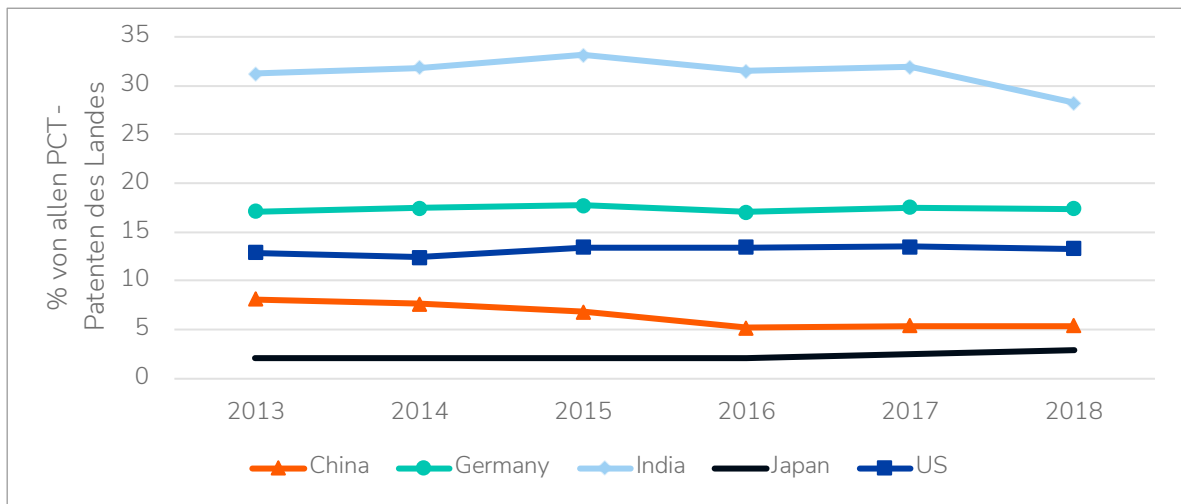


Bild 24. Entwicklung der Gesamtzahl der Patentanmeldungen (IP5-Anmeldungen<sup>11</sup>), Daten: OECD (2023a)

<sup>11</sup> Unter einer IP5-Anmeldung versteht man ein Patent, dass bei den Patentämtern von Europa, den USA, Japan, Korea sowie in China angemeldet wurde.



**Bild 25. Anteil von PCT-Patenten mit internationaler Kooperation an allen PCT-Patenten eines Landes, Daten: OECD (2023e)**

Die Ergebnisse für Patente mit internationalen Kooperationen sind in Bild 25 dargestellt. China und Japan haben wie die USA sehr viele PCT-Patente, darunter aber wenige mit internationalen Partnern. Indien hat nicht so viele Patente im PCT, aber unter denen dann viele mit internationalen Partnern. Hierin kam man einen Wissensaufholungsprozess erkennen. Deutschland liegt vor den USA, was ein Hinweis auf gute Zusammenarbeit mit anderen Ländern ist, aber natürlich auch darin begründet liegt, dass Deutschland einfach kleiner ist und daher häufiger auf internationale Partner zurückgreifen muss.

## 2.4 Demografie und Qualifikation

### 2.4.1 Demografische Entwicklung als strategische Herausforderung

Die Länder haben in Sachen Arbeitsmarkt, Demografie und Bildungsniveau unterschiedliche Voraussetzungen, um wirtschaftlich erfolgreich zu sein. Die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (25 bis 65) nimmt in allen betrachteten Ländern ab, während die Zahl der Rentnerinnen und Rentner zunimmt – in China am meisten, jedoch von einem geringeren Niveau aus (Bild 26). Japan hat aktuell am meisten mit einer schrumpfenden Bevölkerung zu kämpfen, während Indien viele junge Menschen aufweist. Deutschland hat von den betrachteten Ländern am zweitwenigsten junge Menschen und am zweitmeisten Menschen im Rentenalter. Im OECD-Raum hat Deutschland den drittgrößten Anteil über 67-Jährige – ein Wert, der sich in 35 Jahren verdoppelt haben wird. Umso

wichtiger ist es, den schrumpfenden Anteil junger Menschen gut auszubilden, um den Fachkräftebedarf der Wirtschaft zu sichern.

### 2.4.2 Rahmenbedingungen der Bildung

Generell wird der Bildungsstandort Deutschland von der OECD (OECD 2022) gelobt. Im Vergleich überdurchschnittlich ausgebildete Fachkräfte stützen und gestalten den Innovationssektor. Das System der beruflichen Ausbildung ist ein spezifisch deutsches Qualitätskonzept und erklärt, dass Tertiärabschlüsse in Deutschland unter dem OECD-Schnitt liegen (32 % vs. 44 %) – abgeschlossene Ausbildungen haben eine große Bedeutung auf dem Arbeitsmarkt für Fachkräfte. Aber: Die Zahl der Ausgebildeten ist von 2004–2019 um 19 % gesunken, während die Zahl der Studienabsolventinnen/-absolventen stieg. Wir beobachten eine Drift in Richtung einer Akademisierung der arbeitenden Bevölkerung. Die Stärken und Schwächen im deutschen Bildungs- und Qualifikationssystem werden nachfolgend anhand ausgewählter Indikatoren erläutert.

Deutschland hat die zweitniedrigste Anzahl an Schulkindern pro Lehrkraft (umgerechnet in Vollzeitäquivalente) im Primarbereich (äquivalent zur Grundschule) sowie an Studierenden pro Lehrkraft im tertiären Bereich (äquivalent zur Hochschulbildung, Bild 27). Die Unterschiede zwischen den Ländern sind dabei erheblich: Während in Frankreich 18 Kinder auf eine Grundschullehrkraft kommen (und 33 in Indien), sind es in Italien nur 12. Dabei ist zu

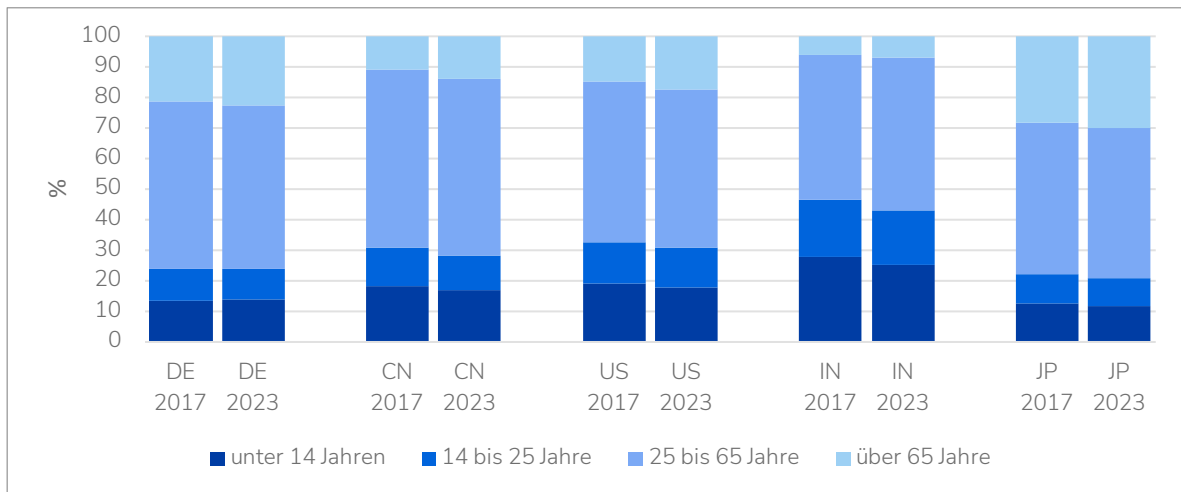


Bild 26. Altersstruktur der Bevölkerung in ausgewählten Ländern, UNESCO Institute for Statistics (2023)

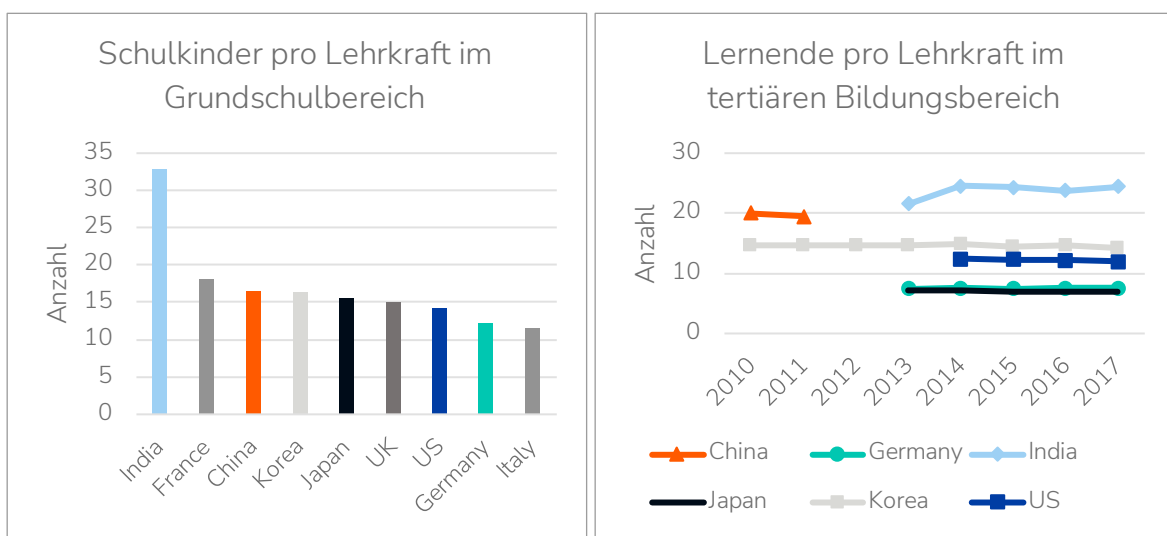


Bild 27. Verhältnis von Schulkindern und Lehrkräften, Daten: Grundschule: index mundi (2023, Zahlen von 2017/2018); Tertiärer Bereich: UNESCO Institute for Statistics (2023)

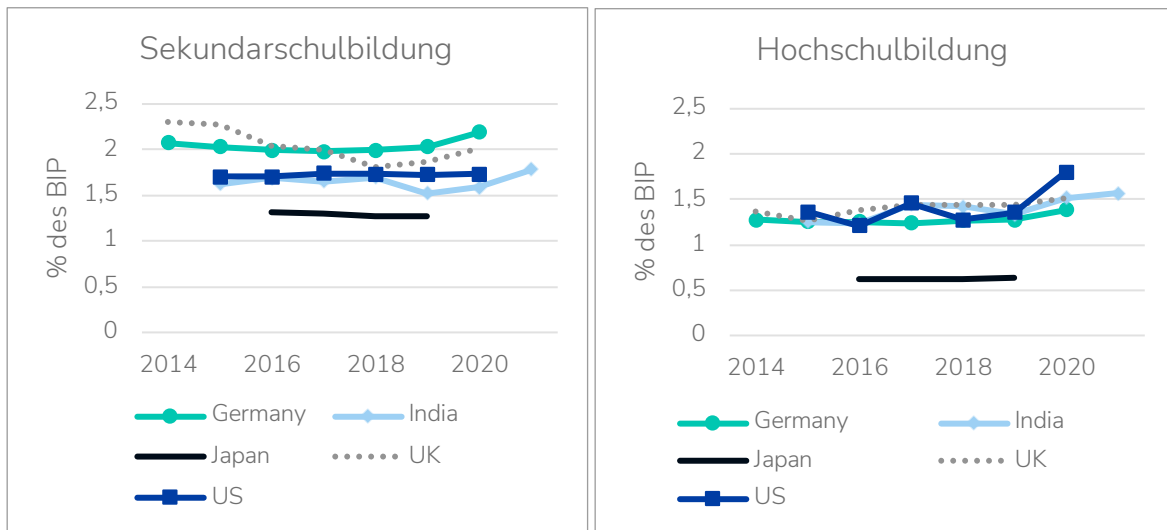
beachten, dass dieser Wert nicht mit der Klassengröße zu verwechseln ist (die im Grundschulbereich in Deutschland laut OECD bei 21 Kindern liegt). Denn nicht jeder Lehrer hält in jeder Stunde Unterricht und zudem können auch zwei Lehrkräfte in einer Klasse zugleich tätig sein, etwa Sozialpädagogen, die Kinder mit besonderem Unterstützungsbedarf individuell begleiten. Im Hochschulbereich (in Deutschland inklusive Fachakademien, Berufsakademien und Fachschulen) liegen die USA bei 12 und Deutschland bei 8, während es in China und

Indien 20 bis 25 Lernende pro Lehrperson sind. Die hohe Zahl an wissenschaftlichen Mitarbeitenden, die als Lehrkräfte gewertet werden, aber nur geringe Lehrverpflichtung haben, dürfte die Zahl für Deutschland senken.

Die Bildungsausgaben lagen nach Angaben des UNESCO Institute for Statistics im Jahr 2020 in Deutschland bei 262 Mrd. internationale US-Dollar (US\$ PPP)<sup>12</sup>. Damit sind sie höher als in Großbritannien (181 Mrd. US\$ PPP) und Korea (111 Mrd. US\$ PPP), jedoch deutlich niedriger

<sup>12</sup> „Der internationale US-Dollar, auch US\$ purchasing power parity (US\$ PPP) genannt, ist eine künstliche Währung, mit deren Hilfe Preisniveau-Unterschiede zwischen den Ländern weltweit ausgeglichen werden. Die Kaufkraft eines internationalen Dollars entspricht dabei der Kaufkraft von 1 US\$ in den Vereinigten Staaten. Die

Angaben in dieser Währung ermöglichen einen kaufkraftbereinigten Vergleich des Wohlstandsniveaus weltweit.“ (Statistisches Bundesamt, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Glossar/DollarInternational.html>), zuletzt abgerufen am 29.02.2024



**Bild 28. Staatliche Ausgaben für Sekundarschulbildung und Hochschulbildung als Anteil des BIP, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)**

als in den USA (1.162 Mrd. US\$ PPP), wo es allerdings auch eine erheblich größere Bevölkerung und Wirtschaftsleistung gibt. Betrachtet man die Ausgaben in Relation zum BIP, kann man die Länder besser vergleichen.

Für die Sekundarschulbildung gibt Deutschland mehr Geld aus als andere Länder (Bild 28). Die Daten enthalten einige Lücken und sind für China nicht verfügbar. Bei der Hochschulbildung liegt Deutschland dagegen knapp unter den anderen Ländern mit Ausnahme Japans. Die Steigerung aller Länder im Jahr 2020 dürfte auf die gleich gebliebenen Ausgaben bei geschrumpftem BIP (Wirtschaftseinbruch durch die Covid19-Pandemie) zurückzuführen sein.

### 2.4.3 Berufliche und Hochschulbildung

In Deutschland gibt es mit dem dualen Ausbildungssystem eine Situation, die anders ist als in vielen anderen Ländern. Dort kann man oft nur entweder studieren oder einfach anfangen zu arbeiten, ohne parallel auch theoretische Kenntnisse vermittelt zu bekommen. Aufgrund der hohen Qualität der dualen Ausbildung, wählen viele junge Menschen in Deutschland diesen Weg, wodurch die Zahl der Hochschulabsolventinnen/-absolventen mit 32 % der 25- bis 34-Jährigen geringer ist als in anderen Ländern der OECD (Durchschnitt: 44 %, siehe OECD-Bericht zur Innovationspolitik Deutschland 2022, Kapitel 6.4). Diese Zahlen sind also nur eingeschränkt vergleichbar. Derzeit ist ein Wandel in Deutschland beobachtbar: Die Zahl der Ausgebildeten ist 2004–2019 um 19 % gesunken, während der Anteil der Hochschulabsolventinnen/-absolventen um 49 % gestiegen ist.

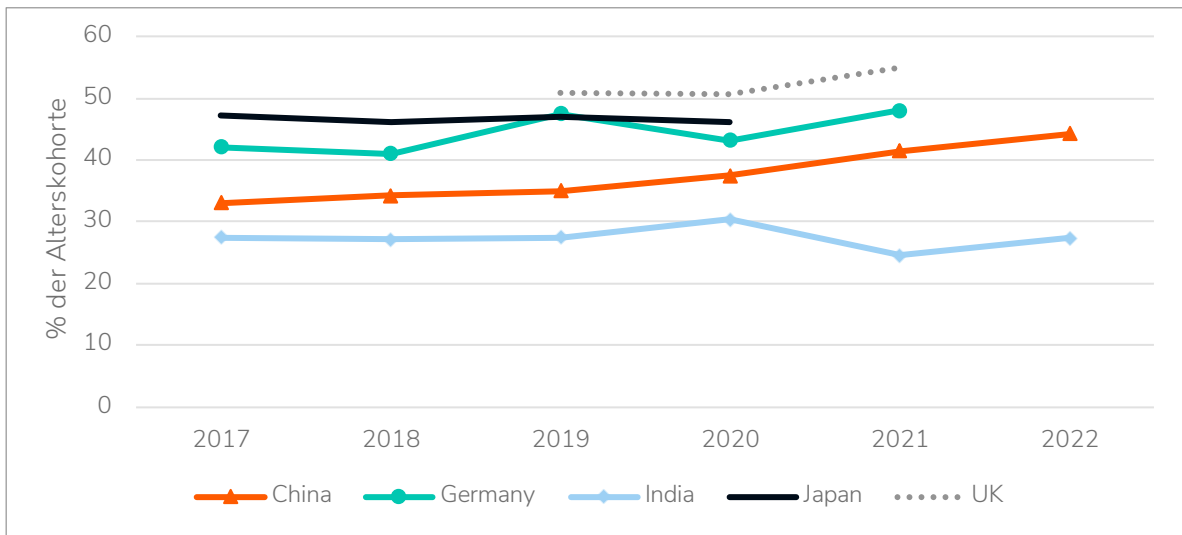


Bild 29. Abschlüsse auf Bachelor-/Master-/Meister-Niveau, Quelle: UNESCO Institute for Statistics (2023)

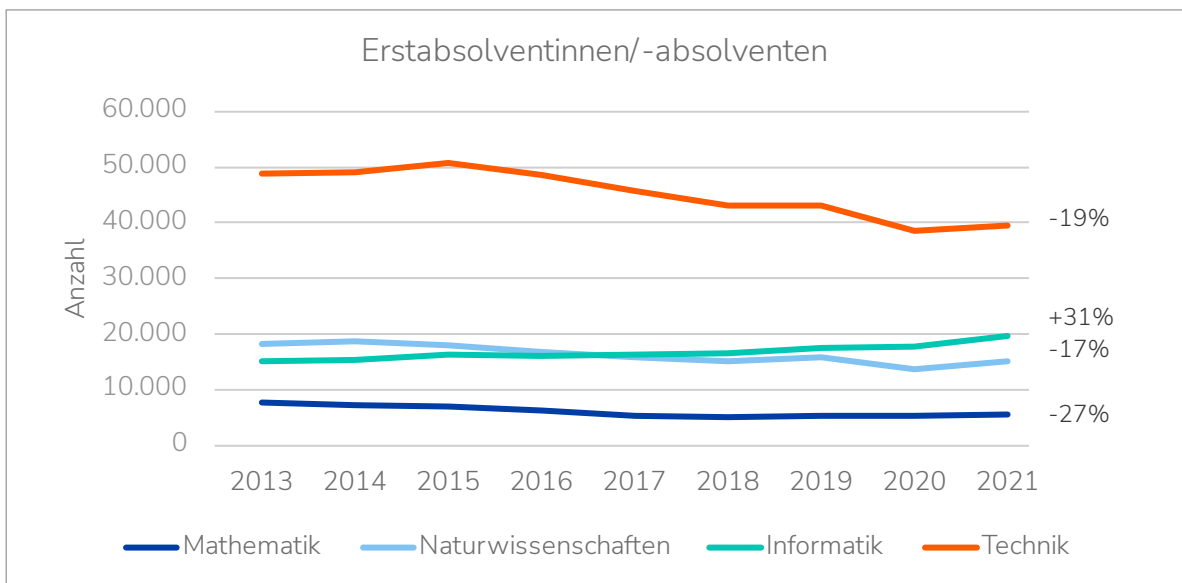
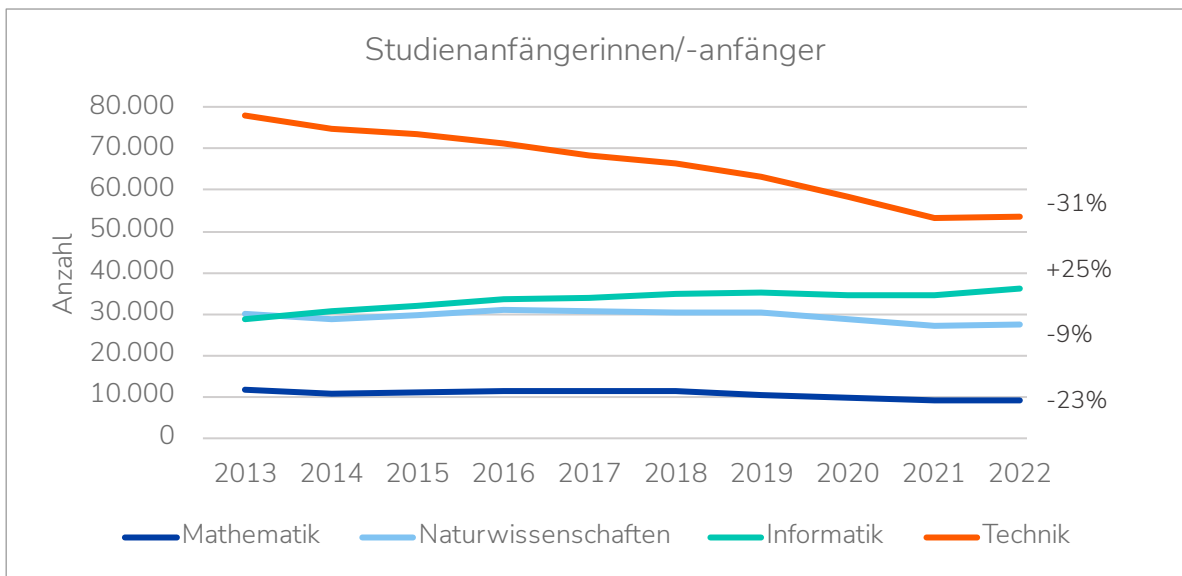


Bild 30. Entwicklung der Studienanfängerinnen/-anfänger- bzw. Erstabsolventinnen/-absolventenzahlen in den MINT-Fächern; Daten: Statistisches Bundesamt (2024) / BMBF (2023)

Betrachtet man die Abschlüsse auf Bachelor-, Master- oder Meister-Niveau (ISCED-Level 6 und 7) in Relation zur Alterskohorte, so steht Deutschland mit knapp 50 % (nach leichtem Anstieg in den letzten Jahren) gut da, jedoch verzeichnet China ein kontinuierliches Wachstum von 32 % (2017) auf 43 % (2022) und Großbritannien liegt bei 55 %. Indien hingegen liegt unter den Werten der Vergleichsländer (Bild 29). Betrachtet man das höchste Bildungsniveau, so sind 1,6 % der deutschen Bevölkerung promoviert, was über dem Durchschnitt der OECD (1,3 %) und auf ähnlichem Niveau wie Australien, Norwegen und Großbritannien liegt, jedoch unter dem der USA (2,0 %), der Schweiz (3,0 %) und Koreas (3,4 %).

Ein genaueres Bild der MINT-Studienanfängerinnen/-anfänger und -Erstabsolventinnen/-absolventen<sup>13</sup> in Deutschland zeigt Bild 30. Die Informatik ist das einzige Fach mit starkem Zuwachs. Die Mathematik und die Ingenieurwissenschaften haben deutlich abgenommen. Am stärksten war der Maschinenbau betroffen, der 2022 44 % weniger Studienanfängerinnen/-anfänger verzeichnete als 2013 sowie 30 % weniger Absolventinnen/Absolventen im Jahr 2021 verglichen mit 2013 (jeweils neuste verfügbare Zahlen). Die Gesamtzahl der Absolventinnen/Absolventen aller Fächer ist um 2 % gestiegen, die Gesamtzahl aller Studienanfängerinnen/-anfänger um 9 % gesunken.

Der Anteil der MINT-Absolventinnen/Absolventen an allen Hochschul-Absolventinnen/Absolventen ist in Deutschland mit 35 % höher als in den anderen Ländern, wobei für Japan und China keine Daten vorliegen (Bild 31). In Deutschland steigt der Anteil jedoch nicht, sondern stagniert mit einer leichten Abwärtstendenz zwischen 2019 und 2021. In den USA liegt der Anteil der MINT-Absolventinnen/-Absolventen nur bei 20 %, allerdings mit steigender Tendenz.

In ihrem Bericht hat die OECD die Entwicklung der Hochschulabschlüsse in Ingenieurfächern und Naturwissenschaften für Deutschland über einen langen Zeitraum betrachtet (OECD 2022, S. 167). Dort zeigt sich ein starker Zuwachs zwischen 2002 und 2015, seitdem sinken die Zahlen wieder, und zwar sowohl absolut als auch relativ. Zwei Drittel der MINT-Absolventinnen/-Absolventen sind Männer.

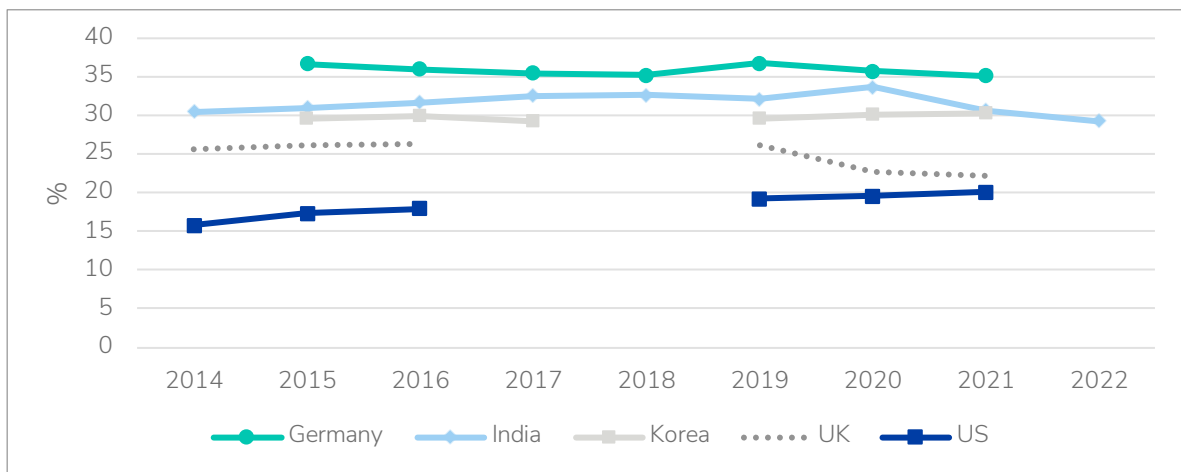
Betrachtet man die ICT-Absolventinnen/-Absolventen (Informatik und Kommunikationstechnologien, Bild 32) etwas detaillierter, so liegen die Länder im Jahr 2021 dicht beieinander (zwischen 4 % und 5 % aller Hochschul-Absolventinnen/-Absolventen). Korea steigerte diesen Wert deutlich seit 2017, in Indien sank er stark, in Deutschland und Großbritannien ist ein leichter Anstieg zu erkennen.

---

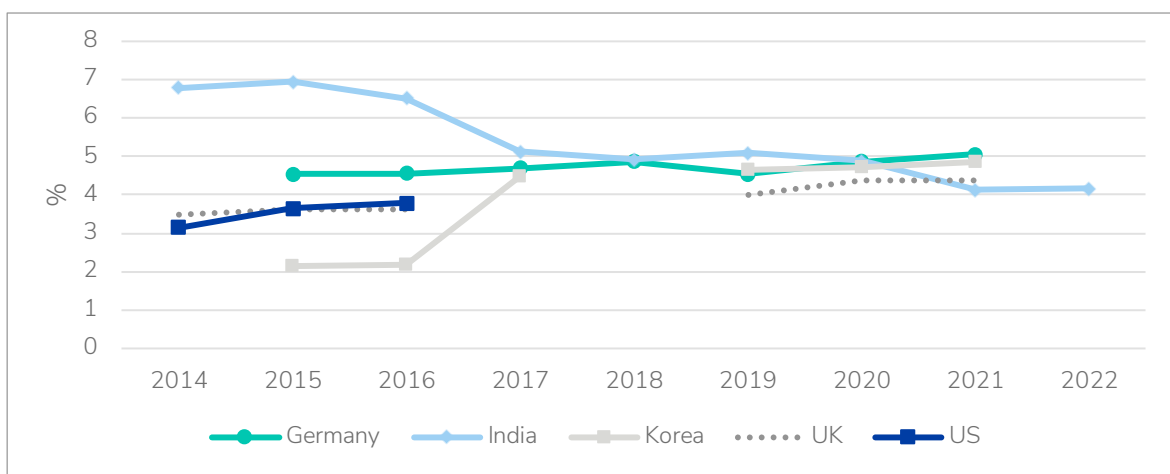
<sup>13</sup> Erstabsolventinnen/-absolventen sind solche, die ihren ersten Hochschulabschluss machen, also keine Masterabsolventinnen/-absolventen, die bereits einen Bachelor abgelegt haben und auch keine Promotionen. Zu den Naturwissenschaften zählen hier Biologie, Chemie, Geowissen-

schaften und Physik/Astronomie. Zu den Technikwissenschaften zählen Bergbau, Maschinenbau, Elektrotechnik, Verkehrstechnik, Bauingenieurwesen, Vermessungswesen sowie interdisziplinäre Ingenieurstudiengänge.





**Bild 31. Anteil MINT-Absolventinnen/-Absolventen an allen Hochschul-Absolventinnen/-Absolventen, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)**



**Bild 32. Anteil ICT-Absolventinnen/-Absolventen an allen Hochschul-Absolventinnen/-Absolventen, Daten UNESCO Institute for Statistics (2023)**

Die teilweise guten Zahlen für Deutschland, die in Bild 31 und Bild 32 zu erkennen sind, dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Zahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter in den nächsten Jahren stark sinken wird und leicht steigende ICT-Abschlüsse bei einer schrumpfenden Grundgesamtheit junger Menschen dennoch zu einem absoluten Rückgang an Arbeitskräften mit ICT-Hintergrund führen können.

#### 2.4.4 Internationale Attraktivität als Studienstandort

Der internationale Austausch von Studierenden erhöht den Wissensaustausch und bereitet die Studierenden besonders gut auf eine Arbeit in einem internationalen Wirtschaftsumfeld vor. Der Anteil ausländischer Studierender ist zudem ein Indikator für die internationale Attraktivität der Hochschulen eines Landes.

Bild 33 zeigt die Zahl der in ein Land kommenden Studierenden abzüglich der Anzahl der aus diesem Land weggehenden Studierenden als Anteil an allen Studierenden eines Landes an (Daten ab 2019 von der UNESCO nur geschätzt). Großbritannien zieht besonders viele Studierende im Vergleich zur Anzahl der ins Ausland gehenden Einheimischen an, was vor allem daran liegt, dass Englisch die am häufigsten gesprochene Zweitsprache in Europa ist und viele Studierende nicht so weit weg gehen wollen oder finanziell können. In Indien und China verlassen mehr Studierende das Land als hinziehen.

In die USA gehen mehr als 700.000 mehr Studierende, als umgekehrt US-Studierende in ein anderes Land gehen (Tabelle 2). Aufgrund der hohen Zahl einheimischer Studierender resultiert dieser Wert aber „nur“ in einem Prozentsatz von knapp 5 % (Bild 33). In China und

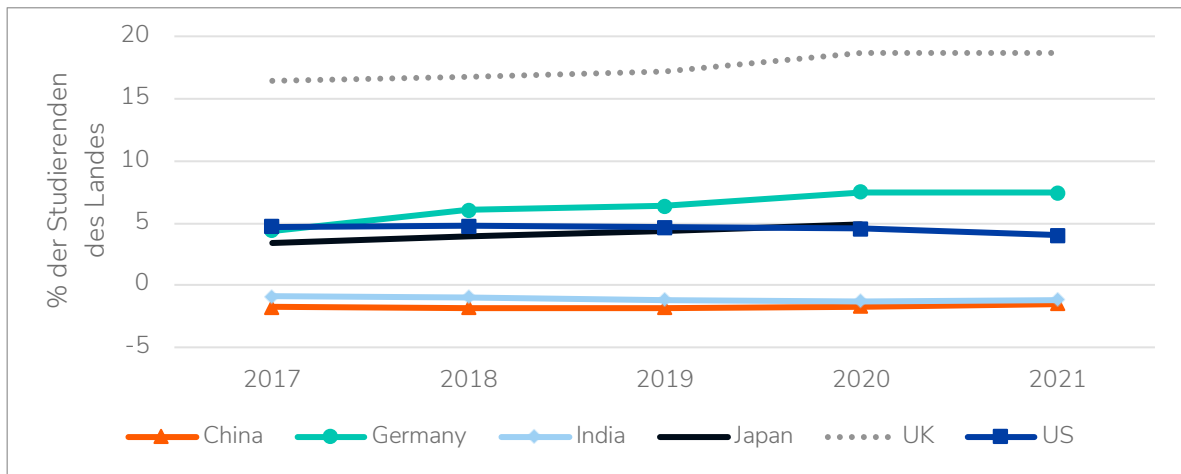


Bild 33. Differenz von incoming zu outgoing internationalen Studierenden in Relation zur Gesamtzahl der Studierenden, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Tabelle 2. Absolute Zahl international mobiler Studierender, UNESCO Institute for Statistics (2023)

| Land           | Zahl der in das Land kommenden ausländischen Studierenden | Zahl der Studierenden, die während des Studiums in ein anderes Land gehen |
|----------------|---|---|
| China          | 221.653   | 1.021.303   |
| Deutschland    | 376.359   | 126.359   |
| Indien         | 48.035  | 508.174   |
| Japan          | 222.661   | 29.385  |
| Korea          | 115.528   | 90.196  |
| USA            | 833.204   | 102.691   |
| Großbritannien | 600.589   | 39.651  |

Indien verlassen ein Vielfaches der Zahl hereinkommender Studierender das Land, wodurch sie Wissen aus der ganzen Welt absorbieren und oft zurück ins Land bringen.

#### 2.4.5 Fachkräfteentwicklung

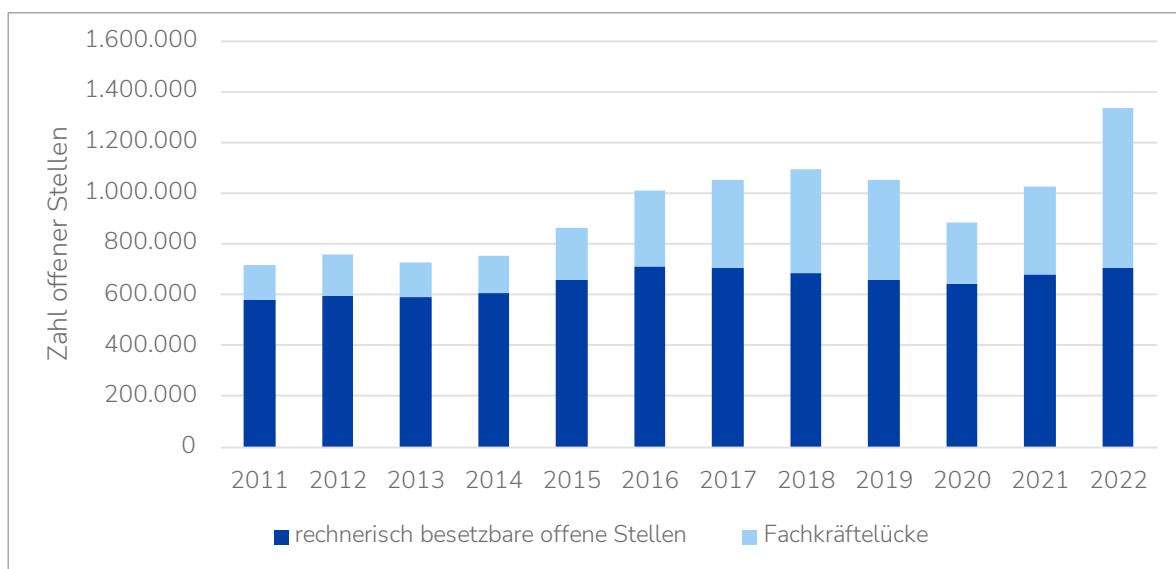
Insgesamt zeichnet sich in Deutschland seit einiger Zeit ein Fachkräftemangel ab, der sich noch verstärken wird, wenn die geburtenstarken Jahrgänge der 1960er-Jahre aus dem Erwerbsleben ausscheiden, während Jahrgänge nachrücken, in denen nur halb so viele Kinder geboren wurden wie damals.

Die Fachkräftelücke beschreibt die Anzahl offener Stellen, die rein rechnerisch nicht mit passend qualifizierten Fachkräften besetzt werden können. Wie Bild 34 zeigt, ist die Fachkräfte-

lücke in Deutschland insbesondere ab 2020 deutlich gestiegen.

Der Mangel ist jedoch stark berufs- bzw. wissensgebietsabhängig (OECD 2022, S. 170). Es gibt einzelne Bereiche mit einem Überschuss an Arbeitskräften, jedoch sind das nur wenige. Besonders ausgeprägt ist der Fachkräftemangel in den Bereichen Ingenieurwesen und Informatik. Er hat dort in den letzten zehn Jahren zugenommen und liegt deutlich über dem OECD-Durchschnitt.

„Die Digitalisierung und Dekarbonisierung der Wirtschaft führen zu massiven Verschiebungen in den nachgefragten Kompetenzen, sodass selbst qualifizierte Fachkräfte nicht zwangsläufig auch für neu gestaltete Arbeitsplätze qualifiziert sind“ (BMWK 2023, S. 18). Weitere



**Bild 34. Offene Stellen in Deutschland (ohne Hilfstätigkeiten, Jahresdurchschnitte), Daten: BMWK (2023) S. 17**

Probleme ergeben sich durch die hohe Zahl der Schulabbrecherinnen/-abbrecher und Ungelernten, die selten für Fachtätigkeiten eingesetzt werden können, sowie die hohe Zahl an Teilzeitbeschäftigten unter den Frauen sowie ihre Unterrepräsentation im MINT- und Innovationbereich sowie auf dem Arbeitsmarkt insgesamt.

Setzt man die Gesamtzahl der offenen Stellen der Gesamtzahl der Arbeitslosen gegenüber, erhält man eine Engpasskennziffer (vgl. VDI/IW 2023 Ingenieurmonitor 2023). Sie gibt an, wie viele offene Stellen es je 100 Arbeitslose gibt. Wenn sie größer als 100 ist, können in der betreffenden Berufsgruppe und Region nicht einmal theoretisch alle offenen Stellen mit den vorhandenen Arbeitslosen besetzt werden. Für die Ingenieur- und Informatikerberufe zeigt sich 2023 folgendes Bild (Anlage A2 im Anhang): Im Schnitt gab es 465 offene Stellen je 100 Arbeitslose, wobei die Werte zwischen 143 offenen Stellen („Sonstige Ingenieurberufe“) bzw. 205 offenen Stellen („Ingenieurberufe Metallverarbeitung“) bis zu 568 bzw. 806 offenen Stellen in den Bereichen „Bauen“ und „Energie- und Elektrotechnik“ reicht.

Bild 35 fasst die Entwicklung in einem Index zusammen, wobei 2011 auf den Indexwert 100 gesetzt wird. Der Index gibt die Entwicklung, jedoch nicht das absolute Niveau an. Eine große

Zunahme beim Mangel an Fachkräften besteht im Bereich Bauen, wo die Indexkennziffer heute das Fünffache des Ausgangswerts beträgt. Bei der Interpretation der Engpässe in den Ingenieurberufen der Maschinen- und Fahrzeugtechnik ist zu berücksichtigen, dass sich diese von einem sehr hohen Engpassniveau auf ein moderates Niveau entwickelt haben.

Zuwanderung wäre eine Möglichkeit, die Fachkräftelücke zu schließen. Die Zuwanderung von Fachkräften ist jedoch für viele Firmen, insbesondere kleinere, noch keine gängige Lösung. Lediglich 16 % der kleinen Firmen stellen ausländische Fachkräfte ein, um dem Mangel zu begegnen. Die organisatorischen, sprachlichen und kulturellen Hürden sowie die Unsicherheit über die im Ausland erworbenen Qualifikationen sind für viele zu groß (OECD 2022).

Hinzu kommt, dass die Attraktivität Deutschlands für ausländische Fachkräfte im internationalen Vergleich zuletzt nachgelassen hat. Der OECD Indicator of Talent Attractiveness<sup>14</sup> bewertet für verschiedene Personengruppen (hochqualifizierte Fachkräfte, Unternehmer, Studierende, Start-up-Gründer) die Attraktivität verschiedener Länder im Vergleich. 2022 lag Deutschland bei diesem Vergleich mit Blick auf die Gruppe der hochqualifizierten Fachkräfte noch auf Rang 15 von 38.

<sup>14</sup> <https://www.oecd.org/migration/talent-attractiveness/>, zuletzt abgerufen am 29.02.2024

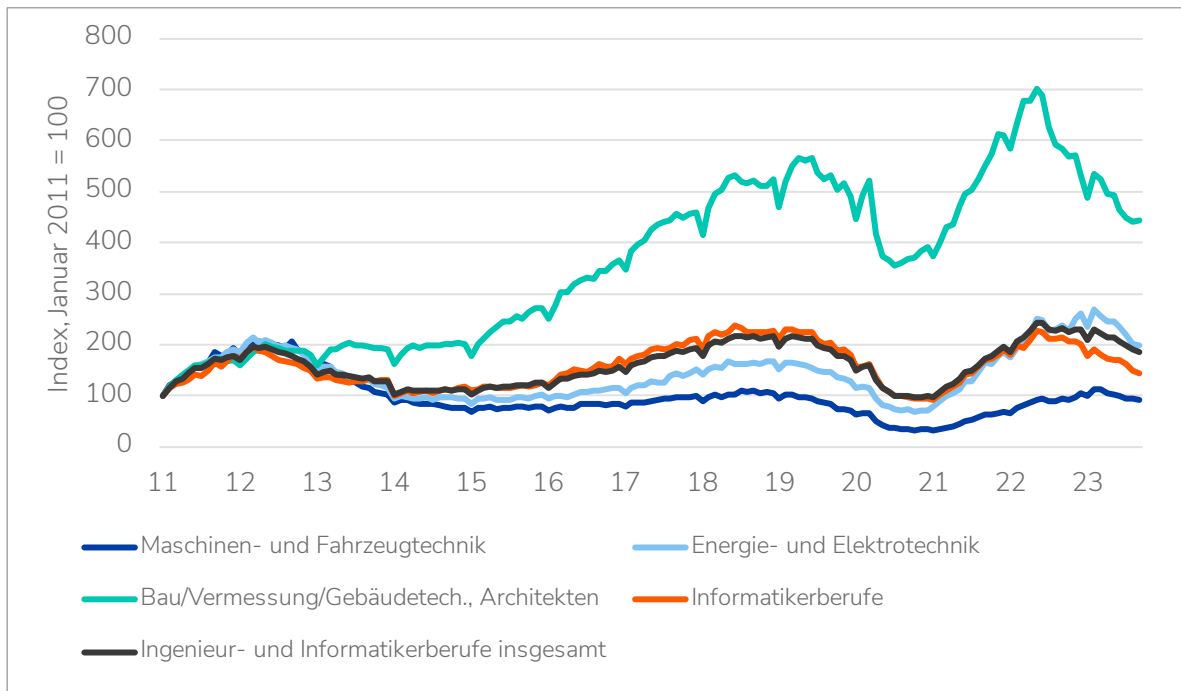


Bild 35. Engpass-Index der Ingenieur- und Informatikerberufe. Quelle: VDI/IW (2023)

# 3 Die Ergebnisse nach Themenclustern

## 3.1 Methodik

Um die Lage Deutschlands insbesondere auch aus technologischer Perspektive zu beleuchten, wurden die Fachleute aus den Fachgesellschaften des VDI e.V. in den Themenbearbeitungsprozess einbezogen, um Themencluster des VDI genauer zu analysieren, die besonders technologisch geprägten Branchen repräsentieren. Nachstehende elf Themencluster wurden untersucht:

- Mobilität
- Bauen und Infrastruktur
- Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt
- Digitalisierung und Automation
- Materials Engineering
- Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen
- Mikroelektronik
- Produktion und Logistik
- Engineering und Methoden
- Gesundheit
- Landtechnik

Hinter den Themenclustern, die Ergebnis des VDI-Strategieprozesses „In Themen denken“ sind, stehen jeweils eine oder mehrere Fachgesellschaften des VDI. Eine Beschreibung der Themencluster, der jeweils zugeordneten Fachgesellschaften sowie der Beschreibung anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige findet sich in der Anlage A1 im Anhang.

Entsprechend der Fachgliederungen des VDI e.V. wurden mit Fachleuten jeder Fachgesellschaft qualitativ-strukturierte Interviews geführt. Die Interviews wurden fachlich von der Hauptgeschäftsstelle des VDI vorbereitet und orientierten sich an den Ebenen des Fünf-Ebenen-Modells (Gesellschaftliche Ebene, Regulatorische Ebene, Ökonomische Ebene, Individuelle & Ergonomische Ebene, Technologische Ebene). Jedes Gespräch wurde mit einem Protokoll dokumentiert und den Gesprächsbeteiligten zur Kenntnisnahme vorgelegt. In die Betrachtung gingen außerdem die nach Themencluster und Land gegliederten quantitativen Indikatoren zu Unternehmenszahl, Unternehmensumsatz und Beschäftigten<sup>15</sup> sowie zur Themencluster-spezifischen Patentsituation<sup>16</sup> ein.

Die Auswertung erfolgte zunächst in der Gesamtschau aller Themencluster im Rahmen einer SWOT-Analyse (Abschnitt 3.2) und dann differenziert nach den einzelnen Themenclustern (Abschnitt 3.3). Dabei wurde das Gewicht insbesondere auf Themencluster spezifische

---

<sup>15</sup> Als Datenbasis wurde hierfür das EU Industrial R&D Investment Scoreboard genutzt, vgl. [https://iri.jrc.ec.europa.eu/rd\\_monitoring](https://iri.jrc.ec.europa.eu/rd_monitoring), zuletzt abgerufen am 27.02.2024. Das Hauptziel dieser Datenbank besteht darin, die Leistung innovationsgetriebener Industrien der EU weltweit zu vergleichen und eine Datenbasis bereitzustellen, die Unternehmen, Investoren und politische Entscheidungsträger zum Vergleich der Leistungen einzelner Unternehmen und Volkswirtschaften nutzen können. Die Datenbank enthält die Unternehmen, die weltweit die größten Summen in Forschung und Entwicklung investiert haben. Insofern zeichnet sie ein Bild der Dynamik der weltweit leistungsstärksten forschungs- und innovationsgetriebenen Unternehmen. Es bildet nicht die Gesamtheit aller in einer Branche in einem Land tätigen Unternehmen ab und ist daher insbesondere für Niveauvergleiche geeignet. Im Jahr 2022 sind 2.500 Unternehmen in dieser Datenbank

enthalten. Eine Zuordnung der im Scoreboard genutzten ICB-Klassen zu den Themenclustern des VDI findet sich ebenfalls in der Anlage A1 im Anhang.

<sup>16</sup> Für die Patentanalysen der einzelnen Themencluster wurde die REGPAT-Datenbank der OECD in der Ausgabe vom August 2023 verwendet. Diese Datenbank ordnet jedes Patent u. a. anteilig den Regionen (NUTS3), in denen die Erfinder laut Patentdokument wohnen. Sie basiert auf der PATSTAT-Datenbank und umfasst Patentanmeldungen die beim Europäischen Patentamt (EPO) und dem der USA (USPTO) sowie im Rahmen des Patent Cooperation Treaty angemeldet wurden. Für die Auswertung im Rahmen der Metastudie wurden den Wirtschaftszweigen der Themencluster Patentklassen zugeordnet (Schmoch 2008) und die auf diese Weise extrahierten Patente dann anteilig den Ländern der Erfinder zugeordnet und gezählt.

Aussagen gelegt und Themencluster übergreifende Aussagen nur im Einzelfall herausgearbeitet, wenn diese für das jeweilige Themencluster von besonderer Bedeutung sind.

## 3.2 Übergreifende Auswertung

### Ebene 1 – Gesellschaft

Mit Blick auf gesellschaftliche Entwicklungen und die gesellschaftliche Debatte ergibt sich Themencluster übergreifend folgendes Profil:

#### Stärken

- Deutschland ist ein wichtiger Forschungsstandort und hat eine hohe Entwicklungskompetenz

#### Chancen

- Die Notwendigkeit der Energiewende wird transparent und vielfältig kommuniziert. Die aktuelle Dynamik, die durch die Energiewende und andere regulatorische Neuerungen und den Strukturwandel entsteht, bietet viele Chancen für neue Geschäftsmodelle oder -praktiken.
- Die Automatisierungstechnik kann zudem helfen, den Fachkräftemangel abzufedern.

#### Schwächen

- Dem Wunsch nach Innovation steht eine geringe gesellschaftliche Veränderungsbereitschaft gegenüber, oftmals gepaart mit einer geringen Zukunftsorientierung.
- Zudem gibt es in vielen Bereichen viele noch nicht nachhaltige Produkte (Einwegprodukte, Einzelverpackungen).

#### Risiken

- Viele der ethischen und rechtlichen Fragen im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz sind aktuell noch unbeantwortet.
- Ein weiteres Risiko ist, dass neue Technik und neue Methoden, manchmal, z. B. in der Landwirtschaft (Gentechnik), eine starke Ablehnung erfahren. Dies könnte einen Verlust der starken Position als Forschungsstandort nach sich ziehen.

- Teilweise führen neue Methoden auch zu höheren Kosten, die anfänglich einen Wettbewerbsnachteil bedeuten.
- Des Weiteren kann das Thema soziale Gerechtigkeit zu einem Risiko werden.

### Ebene 2 – Regulatorik

Mit Blick auf Rechtssetzung, Normen und Standards bietet sich folgendes Bild:

#### Stärken

- Deutschland hat eine hohe technische Expertise und richtet sich stark an internationalen Normen aus. Teilweise sind unsere Standards auch internationales Vorbild, z. B. im Bereich Umweltschutz.
- Verlässlichkeit wird geschaffen durch den sorgsamsten Umgang mit Daten, klaren Rahmenbedingungen wie im Erneuerbare-Energien-Gesetz oder der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie.
- Zudem wurden in der letzten Zeit einige Genehmigungsverfahren beschleunigt.

#### Chancen

- Mit der Intensivierung der Kreislaufwirtschaft und einem Fokus auf Umweltfreundlichkeit und Effizienz kann ökologisches Wirtschaften auch rentabel werden. Die (oft europäische) Harmonisierung von Richtlinien und Gesetzen wie das Europäische Chipgesetz bieten weitere Chancen für die Wirtschaft.
- Mit der Verschlankung der Bürokratie in Bezug auf Unternehmensgründungen könnte ein Anstieg von 11.000 Gründungen pro Jahr (15 %) erreicht werden. Dazu müsste die Zahl der Verfahren von derzeit neun auf sechs reduziert werden (Bolwin et al. 2021).

#### Schwächen

- Auch wenn eine gewisse Orientierung an Normen besteht, fehlen sie doch auch an vielen Stellen.

- Lange Genehmigungsverfahren verzögern nicht nur Projekte, sondern halten manche Unternehmen auch vom Handeln ab.
- Oft ist die Vielfalt an Rechtsvorschriften auch ein Hindernis, z. B. durch den Föderalismus, durch den es unterschiedliche Landesbauordnungen gibt, die einzelne Baumethoden in manchen Bundesländern ermöglichen und in anderen nicht.
- Vielfach ist die Beantragung und der Erhalt von öffentlicher Förderung kompliziert und unübersichtlich. Dies führt zu mangelnder Dynamik in der Wirtschaft und langen Innovationszyklen.
- Der Datenschutz nach DSGVO kostet insbesondere kleine Unternehmen Gewinne und Umsätze und hat eine Marktonzentration zur Folge.
- Zudem besteht Potenzial, von Entwicklungen im Bereich IT und Internet der Dinge (IoT) zu profitieren. Digitale Methoden können bei der Entwicklung von Innovationen helfen.
- Eine weitere Chance ist die zunehmende Vielfalt auf dem Arbeitsmarkt.

### Schwächen

- Der bereits jetzt bestehende Fachkräftemangel stellt die Wirtschaft vor enorme Herausforderungen.
- Eine wichtige Schwäche ist die zu geringe Verfügbarkeit von Risikokapital.

### Risiken

- Der starke Exportanteil der deutschen Wirtschaft ist genauso ein Risiko wie die Abwanderung von Talenten, der Nachwuchskräftemangel, gestörte Logistikketten, mangelnde Rohstoffverfügbarkeit und die steigenden Energiepreise.
- Deutschland ist zudem von internationalen Lieferketten sehr abhängig, auch wenn die Entwicklung in Richtung Redundanz und größerer Unabhängigkeit geht.
- IP-Schutz und Wissenssicherung sind entscheidend, aber schwierig zu gewährleisten.
- Ein potenzielles Risiko ist die Tatsache, dass die unterschiedlichen Branchen unterschiedliche Zyklen haben und die Unternehmen zu wenig über den eigenen Tellerrand hinausschauen, um diese Unterschiede zu verstehen und zu nutzen.

### Risiken

- Viele Unternehmen sehen den strengen Datenschutz als Risiko, der Innovationen behindert (manche jedoch auch als Chance).
- Aus der oben genannten Vielfalt an Rechtsvorschriften entsteht auch das Problem veralteter Gesetze und dass Regulation als (Innovations-)Hemmnis betrachtet wird. Dadurch steigen die Kosten. Ein weiteres Risiko ist der Protektionismus, der von der Regulatorik ausgehen kann.

## Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

### Stärken

- Deutschland hat den Ruf, qualitativ hochwertige Produkte herzustellen. Dies ist ein bedeutender Wettbewerbsvorteil auf dem Markt. Viele Produkte aus Deutschland sind zudem schwer zu kopieren.
- Wir haben hochqualifizierte Arbeitskräfte, zumindest in vielen Branchen.

### Chancen

- Die Umstellung auf CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion und eine Kreislaufwirtschaft bietet viele Chancen für neue Produkte und Dienstleistungen.

## Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Ein häufig nicht hinreichend in den Blick genommener Faktor sind die individuellen Nutzererwartungen (Konsumentinnen und Konsumenten, aber auch Nutzende etwa von Investitionsgütern in der Industrie), die einen enormen Einfluss darauf haben, ob Konzepte oder Produkte international wettbewerbsfähig sind. International unterschiedliche Nutzererwartungen müssen insofern nicht nur bei der Konzept- und Produktentwicklung berücksichtigt werden,

sondern sind auch ein Wettbewerbsfaktor. Mit Blick auf diese individuelle und ergonomische Ebene lassen sich folgende Punkte festhalten:

### Stärken

- Deutsche Produkte gelten in Bezug auf ihre Bedienung als gut durchdacht, insbesondere im industriellen Umfeld, wo sie in den physischen Produktionsprozess gut eingebunden sind.

### Chancen

- Internetbasierte Schulungsformate helfen bei der Fortbildung.

### Schwächen

- Bei Consumer-Produkten rückt – gerade bei den asiatischen Wettbewerbern – die User Experience zunehmend in den Vordergrund. Deutsche Unternehmen haben hier teilweise noch Nachholbedarf.

### Risiken

- Die Nutzerfreundlichkeit erfordert hohe Investitionen in die Gestaltbarkeit von Produkten und Software.

## Ebene 5 – Technologie

Die technologische Ebene ist insbesondere von Kompetenzen im Bereich von Schlüssel- und Zukunftstechnologien geprägt. Ausdruck hiervon kann die Patentierungsaktivität sein. Insofern werden zur Beurteilung dieser Ebene auch Patentanalysen genutzt. Weitere Faktoren für die Bewertung der Ebene sind beispielsweise Entwicklungszeiten und -kosten im internationalen Vergleich oder die Rohstoffstoffverfügbarkeit.

### Stärken

- Deutschland ist gerade in den klassischen Industriebranchen technologisch führend.

### Chancen

- Die Bedeutung von Patenten wird in Zukunft abnehmen. Stattdessen werden schwer zu kopierende Produkte, wie sie für Deutschland oftmals charakteristisch sind, an Bedeutung gewinnen.

### Schwächen

- Fehlende Infrastruktur, lange Entwicklungszeiten und hohe Entwicklungskosten sind mit Blick auf Entwicklungsprozesse eine Schwäche im internationalen Wettbewerb.

### Risiken

- Die Rohstoffverfügbarkeit bleibt ein Risiko, da Deutschland über wenige Bodenschätze verfügt.
- Auch sind IP-Schutz und Wissenssicherung entscheidend, aber schwierig zu gewährleisten.

## 3.3 Einzeldarstellungen der Themencluster

### 3.3.1 Mobilität

Der Themencluster Mobilität<sup>17</sup> ist insbesondere durch die Automobilindustrie geprägt. Mit über rund 800.000 direkt in der Automobilbranche Beschäftigten ist er ein höchst relevanter Bereich für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands, der von einem hohen Innovationsgrad und zugleich von einem großen Transformationsbedarf geprägt ist. Weitere relevante Branchen im Bereich Mobilität sind der Bahn-, Schiff- und Flugzeugbau.

Die SWOT-Analyse (Bild 36) zeigt im Überblick sowohl die Stärken als auch die Herausforderungen, denen der Themencluster Mobilität gegenübersteht.

---

<sup>17</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Mobilität findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche Fachgesell-

schaften an den Interviews zum Themencluster Mobilität beteiligt waren.



|                  |  |                |   |
|------------------|--|----------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weltmarktführer in vielen Bereichen der Automobilindustrie</li> <li>▪ Sehr hoher Innovationsgrad</li> <li>▪ Sehr guter Ausbildungsstand bei den Absolventen der Hochschulen</li> <li>▪ Zuliefererindustrie und Mittelstand weltweit aktiv und dort auch führend</li> <li>▪ Umsatzentwicklung stabil bis steigend durch Internationalisierung</li> </ul>   | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deutsche Autos gelten weltweit immer noch als führend, hohe Begehrlichkeit, besonders im Ausland</li> <li>▪ Deutschland hat absolutes Know-how im Bereich Kfz</li> <li>▪ Derzeit etwa 800.000 direkt Beschäftigte, in anderen Wirtschaftsbereichen zusätzlich etwa 1,2 Mio.</li> <li>▪ Hohe Innovationskraft/hohe europäische Produktionsstandards sichern internationale Schlüsselstellung</li> <li>▪ Aufbau digitaler Kompetenzen durch erfolgreiche Kooperationen zwischen OEMs und Tech-Konzernen</li> <li>▪ Gefüllte Auftragsbücher in der Luftfahrt bis ins Jahr 2035</li> </ul> |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionen in Produktionskapazitäten weitgehend nicht mehr in Deutschland</li> <li>▪ Teure Energieversorgung hemmt Ansiedlung in Deutschland</li> <li>▪ Infrastruktur (Internet, Stromtrassen, Straßen, Brücken, usw.)</li> <li>▪ Umsatz in Deutschland steigt seit Jahren nicht mehr</li> <li>▪ Die wichtige Batterieentwicklung verschlafen</li> <li>▪ Sinkende Tendenz der Patenanmeldungen der Zulieferindustrie</li> <li>▪ Sinkende Anzahl von Absolventinnen und Absolventen an Hochschulen</li> </ul> | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zunehmende Technologiefindlichkeit</li> <li>▪ Zunehmende Autofeindlichkeit in Großstädten</li> <li>▪ Politik schreibt nicht nur Ziele, sondern auch Technologien vor</li> <li>▪ Amerikanische Abschottungspolitik (IRA - Inflation Reduction Act)</li> <li>▪ PFAS-Verbot hinderlich für Antriebswende</li> <li>▪ Im Bereich Luftfahrt kaum Konkurrenz = innovationshemmend</li> <li>▪ Der Druck chinesischer Unternehmen steigt stetig.</li> <li>▪ Sinkende internationale Wettbewerbsfähigkeit und Standortattraktivität Deutschlands</li> </ul>                                      |

**Bild 36. SWOT-Analyse des Themenclusters Mobilität**

Mit Blick auf die verschiedenen Analyseebenen zeigt sich folgendes Bild:

### Ebene 1 – Gesellschaft

Gesellschaftliche Entwicklungen prägen den Themencluster Mobilität in besonderer Weise. Die Entwicklung ist dabei von zwei Polen charakterisiert:

- Auf der einen Seite findet auf gesellschaftlicher Ebene eine intensive Diskussion um die Klimaeffekte des Themenclusters statt. Dieser ist nicht nur durch technologische Innovationen wie den Übergang zu CO<sub>2</sub>-neutraleren Energieträgern geprägt, sondern auch von einer Diskussion um die Zukunft der individuellen Mobilität.
- Dem gegenüber steht der in weiten Teilen der Bevölkerung weiterhin bestehende Wunsch nach individuellen Mobilitätslösungen. Zudem haben Fahrzeuge deutscher Hersteller weltweit einen hervorragenden Ruf und werden stark nachgefragt.

Diese beiden Pole werden als Ursache für die heftig geführte Transformationsdebatte gewertet. Mit der Transformationsdebatte einher geht eine hohe Verunsicherung der Konsumentinnen und Konsumenten bei der Wahl ihrer zukünftigen Mobilitätslösung.

Die Deutsche Bahn spielt in der o. g. Diskussion eine besondere Rolle. Sie wird zum einen als Teil der Mobilitätswende gesehen. Zum anderen wird sie aber auch als symptomatisch für aktuelle (Infra-)Strukturprobleme wahrgenommen, die sich nicht nur im Schienennetz und dessen Erneuerung sowie in den damit verbundenen Pünktlichkeitsproblemen finden, sondern auch beispielsweise bei Straßen oder Brücken. Problematisch ist hier nicht nur der enorme Kosten- und Zeitaufwand für die Erneuerung, sondern auch die vielfach geringe gesellschaftliche Akzeptanz von Infrastrukturvorhaben.

Wie auch die anderen Themencluster, steht der Themencluster Mobilität vor einem Generationenwechsel. Es wird damit gerechnet, dass beispielsweise im Bereich Luftfahrt in den nächsten fünf Jahren 30 % bis 35 % der Beschäftigten den Arbeitsmarkt verlassen werden. In den anderen im Themencluster vertretenen Branchen bestehen vergleichbare Erwartungen. Dem gegenüber stehen sinkende Absolventenzahlen sowie – gerade im Bereich Schiffbau – ein schwieriges Image der Branche, das als eher „schmutzig“ und wenige innovativ gilt.

### Ebene 2 – Regulatorik

Generell gehen nach Einschätzung der Fachleute von der aktuellen Regulatorik Herausforderungen für den Mobilitätsstandort Deutschland aus – insbesondere auch im

Vergleich mit anderen Weltregionen. Als kritisch angesehene Aspekte gelten:

- Es bestehen hohe Anforderungen (z. B. Reportingpflicht in der Lieferkette, Taxonomie Gesetzgebung, PFAS-Verbot), die die Produktion am heimischen Standort verteuern.
- Zugleich ist weltweit eine massive Subventionierung zu beobachten (die so in Europa nicht möglich ist). Zu nennen ist beispielsweise der Inflation Reduction Act der USA.
- Aktuell besteht die Tendenz, nicht nur Zielstellungen (z. B. CO<sub>2</sub>-Reduktion), sondern auch die Technologiepfade (z. B. Elektromobilität) dahin aufzuzeigen. Dies hemmt die Innovationstätigkeit und die Suche nach alternativen Lösungen.
- Zulassungsverfahren erfolgen oftmals weltweit (Luftfahrt) oder europäisch (Bahn). Dies verlangsamt die Zulassung innovativer Produkte relativ zu anderen Weltregionen, in den die Zulassungsverfahren weniger komplex sind bzw. eher auf nationaler Ebene stattfinden.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Die Branche ist weltweit aufgestellt und durch weltweite Zulieferketten geprägt. Die aktuelle gesellschaftliche Diskussion könnte im bereits international aufgestellten Themencluster dazu führen, dass Investitionsentscheidungen zukünftig für andere Standorte gefällt werden. Es wird daher erwartet, dass einer Produktionsverlagerung ins Ausland auch eine Verlagerung von F&E folgen wird.

Diese Entwicklung lässt sich bereits an aktuellen Zahlen zur Lage des Themenclusters am Wirtschaftsstandort Deutschland im internationalen Vergleich ablesen:

Betrachtet man die Zahl der Unternehmen, die im EU Industrial R&D Investment Scoreboard verzeichnet sind (es handelt sich hier um die 2.500 Unternehmen, die weltweit am meisten in Forschung und Entwicklung investiert haben<sup>18</sup>), so hat sich im Bereich Mobilität die Zahl der chinesischen Unternehmen zwischen 2013 und 2020 verdoppelt, während sie in Deutschland, den USA und Japan leicht zurückgegangen ist (Bild 37 links). China steht dadurch deutlich an der Spitze.

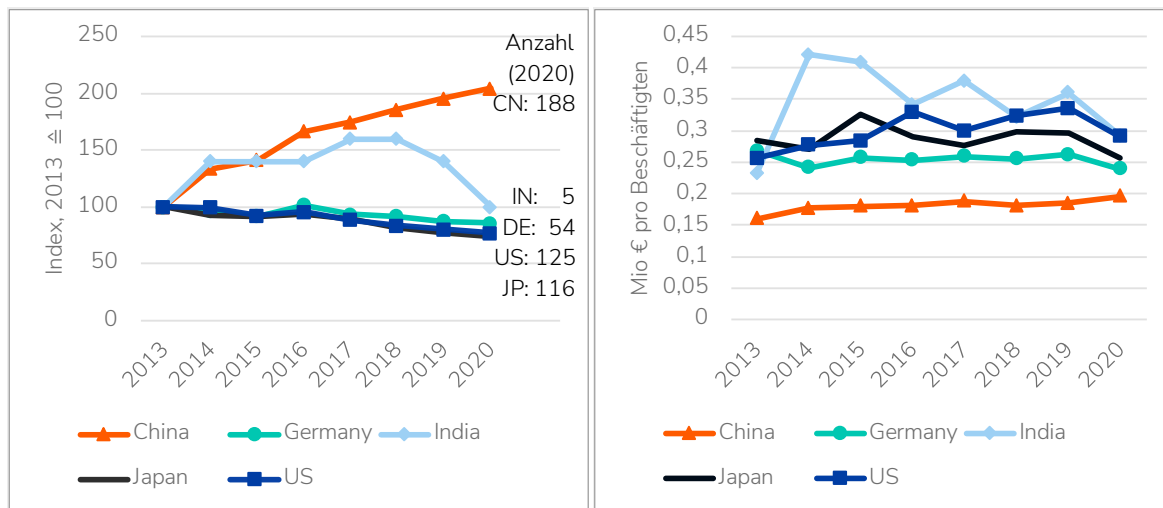
Auch die Zahl der Mitarbeitenden (+150 %) und der Nettoumsatz (+200 %) sind in China sehr stark gestiegen, in Deutschland immerhin noch um 32 % bzw. 18 %, während in den USA (-19 %) und Indien (-22 %) sich die Zahl der Mitarbeitenden verringert hat (Japan: +4 %). Der Nettoumsatz hat sich in diesen drei Ländern leicht verringert.

Errechnet man daraus die Produktivität, also das Verhältnis von Umsatz zu Mitarbeitenden, so liegen alle Länder zwischen 0,2 und 0,3 Mio. Euro Umsatz pro beschäftigte Person, mit Indien und den USA an der Spitze und China am unteren Rand (Bild 37 rechts). Deutschlands Produktivität ist im Betrachtungszeitraum stets dicht bei 0,25 Mio. Euro pro beschäftigte Person gewesen. Die Schwankungen in Indien sind, wie in FN 17 erläutert, auf die geringe Anzahl indischer Unternehmen im Scoreboard zurückzuführen.

---

<sup>18</sup> Da für jedes Jahr die 2.500 Unternehmen mit den höchsten F&E-Ausgaben im Scoreboard aufgenommen werden, unterscheiden sich die enthaltenen Unternehmen teilweise, sodass dieser Aspekt bei der Interpretation

berücksichtigt werden sollte. Insofern ist in den Abbildungen jeweils auch angegeben, wie viele Unternehmen bei der Auswertung berücksichtigt wurden.



**Bild 37. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Mobilität je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen**

#### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Eine zentrale Rolle für die zukünftige (innovationsgetriebene) Entwicklung spielt die individuelle Akzeptanz neuer technischer Lösungen. Hier sind aktuell insbesondere folgende Tendenzen zu verzeichnen:

- Während Fahrzeuge technologisch immer komplexer werden, erwartet ein großer Teil der Nutzenden hochwertige und zugleich einfache Lösungen.
- Damit einher geht der Wunsch nach der eigenen „Beherrschbarkeit“ der Technik. Dieser Wunsch steht bereits vielfach den schon existierenden Lösungen im Bereich des autonomen Fahrens entgegen. Noch größer dürften die Akzeptanzprobleme bei völlig neuartigen Lösungen im Luftverkehr sein, beispielsweise bei pilotenlosen Passagierdrohnen („Advanced Air Mobility“).

#### Ebene 5 – Technologie

Der Themencluster ist weiterhin – insbesondere im Automotivebereich – von einer hohen

Innovationsdynamik geprägt. Allerdings wurde in der Vergangenheit an Boden verloren, etwa im Bereich der Batterietechnologie, wo insbesondere Korea und China besondere Stärken aufweisen. Im Flugzeugbau ging nach Einschätzung der Fachleute in den vergangenen Jahren die Innovationstätigkeit zurück, da der Wettbewerbsdruck aufgrund nur weniger Unternehmen weltweit sowie sehr langer Lebenszyklen der Flugzeuge gesunken ist.

Patente sind Ausdruck der Innovationsdynamik und zugleich der von den Unternehmen verfolgten Patentstrategien. Die aktuelle Situation im Themencluster lässt sich anhand folgender Zahlen<sup>19</sup> veranschaulichen (Bild 38): China hat ein steiles Wachstum hingelegt und die absoluten Patentanmeldungszahlen Deutschlands übertroffen. Nur Japan meldet noch mehr Patente an. Indien wächst ebenfalls stark, allerdings von einem niedrigen Niveau aus.

Insgesamt ist also der Aufstieg Chinas überall sichtbar, aber auch Indien und Korea könnten zu Konkurrenten werden. Die „alten Industrieländer“ (beispielsweise Japan) entwickeln sich dagegen recht ähnlich wie Deutschland.

<sup>19</sup> Angegeben sind die beim Europäischen Patentamt (EPO) bzw. unter dem Patent Cooperation Treaty (PCT) weltweit angemeldeten Erfindungen, wie sie sich in der OECD

REGPAT Datenbank finden. Neben der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen sind auch die Bereiche sonstiger Fahrzeugbau, Schiff- und Luftfahrt enthalten.

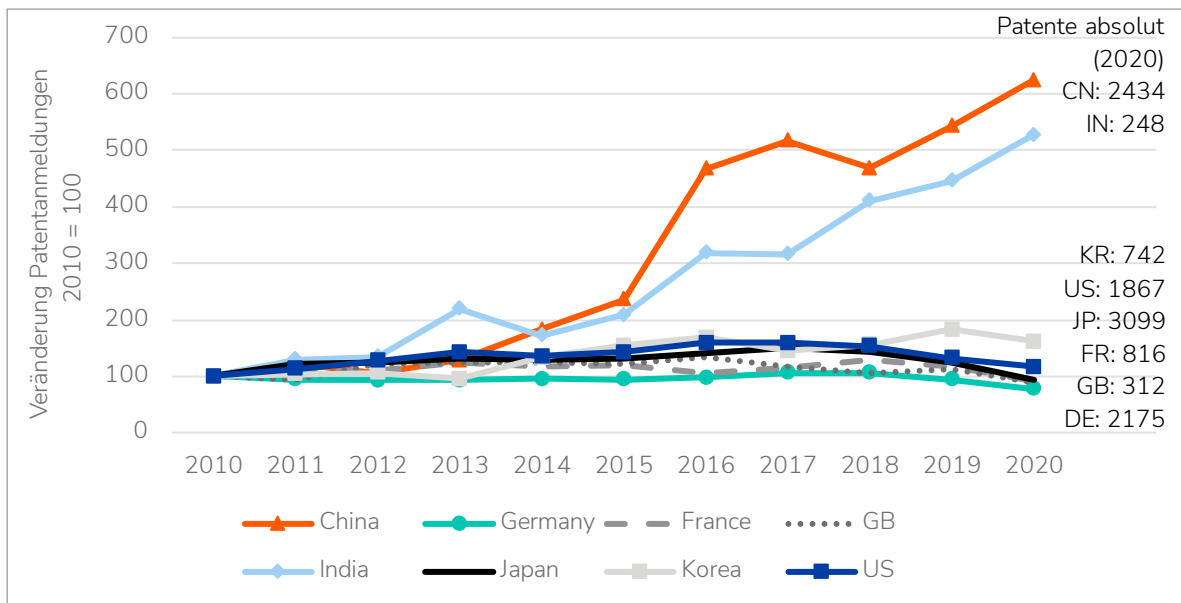


Bild 38. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Mobilität; Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

### 3.3.2 Bauen und Infrastruktur

Die Bauwirtschaft ist in Deutschland neben einigen wenigen Großunternehmen stark durch kleinere, regional tätige Bauunternehmen geprägt. Dadurch unterscheidet sie sich deutlich von der internationalen Branchenstruktur, die einen größeren Anteil Großunternehmen als in Deutschland aufweist. Auch in der Planung sind international die großen ausländischen Firmen und Consultants mit teilweise über 5.000 Mitarbeitenden und nicht kleine deutsche Unternehmen tätig. International wahrgenommene Stärken der deutschen Bauindustrie sind vor allem in Spezialdisziplinen zu finden, wie beispielsweise Leichtbau, Stadionbau, Lüftungstechnik, Betontechnologie und Spezialbaugeräte wie beispielsweise Tunnelbohrmaschinen.

Wenn auch vielfach handwerklich geprägt, ist die Baubranche insgesamt eine große Branche, die wegen hoher Rohstoffkosten und Fachkräftemangel und aufgrund hoher regulatorischer Rahmenbedingungen vor Herausforderungen steht.

Bild 39 stellt die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters<sup>20</sup> im Überblick

dar. Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

#### Ebene 1 – Gesellschaft

Generell hat die Branche Bauen und Gebäudetechnik ein eher gutes Ansehen, da sie die infrastrukturelle Grundlage von Wirtschaft und Gesellschaft ist. Allerdings ist die Baubranche gerade in den letzten Jahren in die Kritik der Öffentlichkeit geraten, da Großbauprojekte sehr oft zeitlich und finanziell die Planungen überschreiten. Dies macht es der Bauindustrie schwerer, als innovative Branche wahrgenommen zu werden. Tatsächlich scheint die Branche aufgrund ihrer Kleinteiligkeit in Deutschland weniger leistungsfähig zu sein als der internationale Wettbewerb.

Als relevanter Faktor bei der Umsetzung von Baumaßnahmen und Innovationen wird die Kommunikation gesehen. Dies betrifft sowohl die Kommunikation zu großen Infrastrukturprojekten oder auch das Heizungsgesetz, von dem ein Modernisierungs- und Nachhaltigkeitsschub ausgehen soll, das aber aktuell vor allem als „Verbotsgesetz“ wahrgenommen wird.

<sup>20</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Bauen und Infrastruktur findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche

Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die deutsche Industrie in Nischen international führend, z.B. Leichtbau, Lüftungstechnik und Spezialbaumaschinen</li> <li>Bauen ist im öffentlichen Interesse und wird vielfach gefördert</li> <li>Viele aus Wissenschaft und Wirtschaft getriebene Projekte dienen der Nutzung von Chancen</li> </ul>   |
| <b>Chancen</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viel Potential für neue Technologien (3D-Druck, Robotik, BIM, KI)</li> <li>Gebäudeautomation, intelligente Gebäude neue Verfahren und Materialien können massiv zur Ressourcenschonung beitragen</li> <li>Regulatorik kann viel ermöglichen (z.B. Umnutzung, Revitalisierung, Holzbau)</li> <li>Erhöhung des Automatisierungsgrads auf Baustellen</li> <li>Chancen wg. Notwendigkeit von Infrastrukturprojekten</li> </ul> |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Großprojekte immer wieder in der Kritik der Öffentlichkeit</li> <li>Stark fragmentierte Bauwirtschaft</li> <li>Produktivität eher sinkend</li> <li>Keine globalen Player</li> <li>Fachkräftemangel vergleichsweise sehr groß</li> <li>Baurecht in Bundesländern teilweise unterschiedlich</li> <li>Qualifikationsniveau der Beschäftigten niedrig</li> <li>Viele Vorschriften verteuern das Bauen</li> </ul>               |
| <b>Risiken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verfügbarkeit von Baumaterialien</li> <li>Starke Abhängigkeit von Zinsentwicklung und wirtschaftlicher Lage</li> <li>Medien mit negativer Tonalität</li> <li>Ohne Migration ist der Fachkräftemangel nicht zu lösen</li> <li>Lohnniveau gering</li> <li>Hohe Abhängigkeit der kompletten Infrastruktur von der Bauindustrie</li> <li>Energiewende ohne Bauwirtschaft nicht möglich</li> </ul>                              |

**Bild 39. SWOT-Analyse des Bereichs Bauen und Gebäudetechnik**

### Ebene 2 – Regulatorik

Generell ist der Bereich Bauen stark reguliert. Der Berliner Flughafen scheiterte zunächst an den Brandschutzanforderungen, was zeigt, wie komplex es ist, alle Richtlinien stets zu befolgen. Zudem ist das Baurecht in den Bundesländern teilweise unterschiedlich, was zu Ineffizienzen führen kann. Kritisch werden auch die – teilweise ebenfalls je nach Bundesland unterschiedlichen – Zulassungsverfahren im Bau gesehen. Diese betreffen beispielsweise das Bauen mit Holz oder die Nutzung von Recyclingmaterialien in Beton.

Die Regulatorik kann jedoch auch viel Positives bewirken. So ist z. B. die Energiewende ohne die Bauwirtschaft nicht möglich. Die Impulse, die von der Regulatorik ausgehen, müssen jedoch mit den entstehenden Kosten abgewogen werden.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Wie eingangs dargestellt, ist der Themencluster in Deutschland relativ zum internationalen Wettbewerb und dort insbesondere im Vergleich zu China, durch Kleinteiligkeit geprägt. Dies wirkt sich auf die Innovationskraft und letztendlich die Produktivität aus. Diese Situation zeigen auch die Daten des EU Industrial R&D Investment Scoreboard (Bild 40), in dem die Unternehmen mit den weltweit höchsten F&E-Ausgaben erfasst sind: Während die Anzahl der im Index geführten Unternehmen in Deutschland, Japan und den USA kontinuierlich

abnimmt, steigt sie in China deutlich. Dabei kann China auch bezüglich der Produktivität aufholen, während sich in Deutschland eine abnehmende Tendenz abzeichnet.

### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Das Thema Einwanderung/Migration ist höchst bedeutsam für den Umgang mit dem Fachkräftemangel im Themencluster.

Eine höhere Automatisierung der Baustellen und weitere technische Unterstützung für kraftzehrende Aufgaben könnten die Attraktivität der Branche erhöhen.

### Ebene 5 – Technologie

Insgesamt wurde von den Befragten festgehalten, dass es aufgrund der Branchenstruktur neue Technologien in Deutschland schwerer haben, in die Anwendung zu kommen. Sie sind teilweise schwierig umzusetzen, da im Gegensatz zur stationären Industrie und auch zu integrierten internationalen Unternehmen großer Abstimmungsbedarf unter den bei jedem Projekt neu zusammengestellten Projektpartnern besteht.

Insbesondere China legte mit Blick auf Innovationen in den letzten Jahren erheblich zu. Das Land hat sich durch die Verfünfachung seiner Patente fast an die Spitze der weltweiten Patentaktivität in diesem Themencluster gesetzt (6.026 Patente im Jahr 2020, Japan 6.338, Deutschland 2.401, siehe Bild 41).

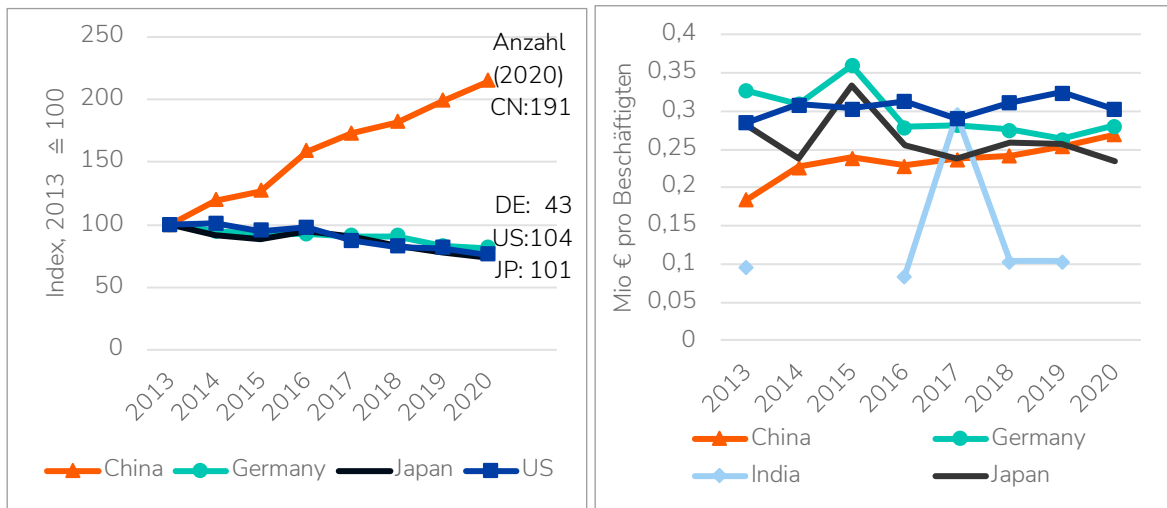


Bild 40.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Bauen und Infrastruktur je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

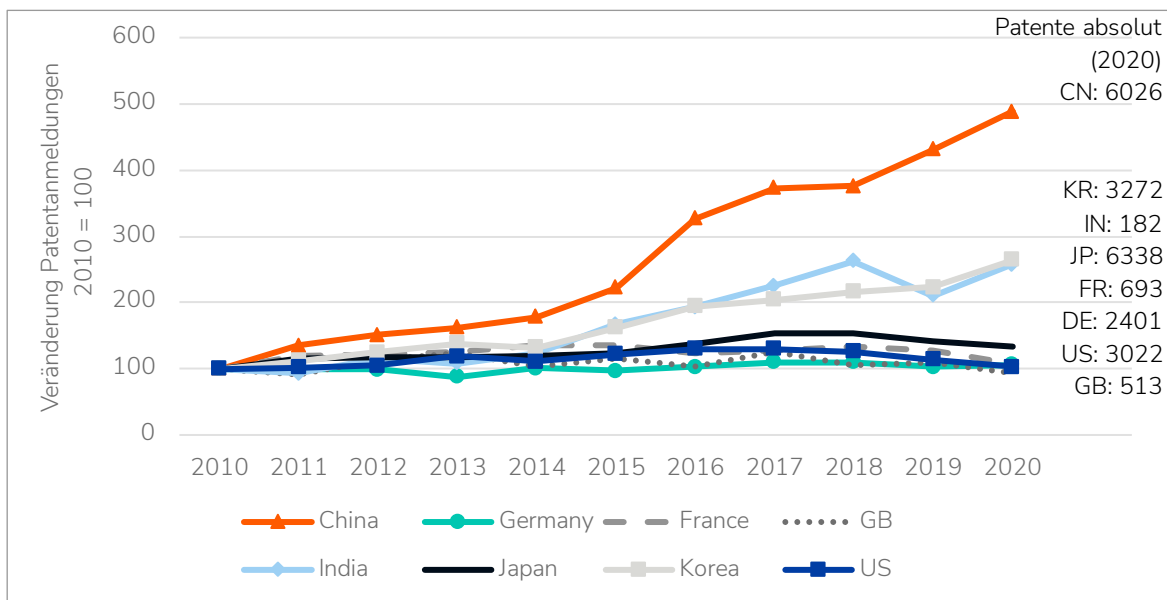


Bild 41. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Bauen und Infrastruktur, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

|           |  |         |  |
|-----------|--|---------|--|
| Stärken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Kompetenz in Unternehmen und Wissenschaft</li> <li>Innovationsvorsprung bei der Entwicklung neuer Technologien (z.B. Wasserstoff-Hochlauf)</li> <li>Allgemeine gesellschaftliche Akzeptanz des Ausbaus von Wind und Sonne</li> <li>Umweltmaßnahmen (z.B. EU-Luftqualitätsrichtlinie, Maßnahmen zur Klimaanpassung) sichern Wohlstand</li> </ul>  | Chancen | <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie-Export durch Technologievorsprung</li> <li>Wohlstandssicherung durch Vermeidung von Umweltwirkungen</li> <li>Vorteile durch Standardisierung</li> <li>Entwicklung der Verbraucher zu Prosumern (→ Teilhabe an dynamischen Tarifen)</li> <li>Unabhängigkeit durch weniger Energie-Importe (EU-Bezug)</li> <li>Verbesserung der Umwelt und Lebensbedingungen</li> </ul> |
| Schwächen | <ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastruktur (Netze, Straßen, Brücken, usw.)</li> <li>Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung</li> <li>Regulatorische Hemmnisse</li> <li>Konkurrenz der Sektoren um wichtige Rohstoffe (Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe)</li> <li>Fehlende Akzeptanz von CCUS-Technologien</li> <li>Unkenntnis, dass ohne Einbeziehung von Suffizienz-Maßnahmen die Umwelt-, Klima- und Nachhaltigkeitsziele nicht erreicht werden können (Debatte fehlt)</li> </ul> | Risiken | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gesellschaftliche Debatte destabilisiert politisches System</li> <li>Versorgungssicherheit</li> <li>Soziale Gerechtigkeit</li> <li>Energiepreise</li> <li>Rohstoffverfügbarkeit</li> </ul>  |

Bild 42. SWOT-Analyse des Themenclusters Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt

### 3.3.3 Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt

Durch den europäischen Green Deal sowie den Inflation Reduction Act in den USA wurde der Fokus der jeweiligen Wirtschaften auf Nachhaltigkeit sowie Umwelt- und Klimaschutz gestärkt. Der Klimawandel macht Innovationstätigkeit in diesem Bereich essenziell.

Bild 42 stellt die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters<sup>21</sup> zusammen.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

#### Ebene 1 – Gesellschaft

Der Themencluster Klima, Energie und Umwelt erfährt aktuell eine hohe gesellschaftliche Aufmerksamkeit aufgrund einer gesellschaftlichen Debatte in drei miteinander verzahnten Bereichen:

- Die Klimaschutzpolitik zur Reduktion der Treibhausgasemissionen (global, europäisch und national). Deutschland hat das Ziel einer Treibhausgasneutralität bis 2045 festgelegt.
- Der Klimawandel und daraus resultierende Maßnahmen zur Klimaanpassung.
- Die Versorgungssicherheit insbesondere resultierend aus dem Wegfall der Energielieferungen aus Russland aufgrund des Ukraine-Kriegs.

Besondere Bedeutung kommt der Energiewende zu. Der Anteil der Erneuerbaren Energien soll sich in weniger als zehn Jahren fast verdoppeln. Die Ausbaugeschwindigkeit muss sich dafür sogar verdreifachen. Damit dies gelingen kann, muss ein gesellschaftlicher Dialog zu Zielen und Wegen geführt werden. In einer Studie (Bertsch et al. 2016) wurde festgestellt, dass für die Mehrheit der deutschen Bevölkerung die Akzeptanz eines Energiesystems mit einem höheren Anteil erneuerbarer Energiequellen trotz

eines erhöhten Ausbaubedarfs der Stromnetze zunimmt. Auf lokaler Ebene ist jedoch der Grad der Landschaftsveränderung einer der wichtigsten Faktoren für (fehlende) Akzeptanz. Besonders hohe Widerstände sind in folgenden Bereichen zu verzeichnen:

- Carbon, Capture & Storage
- Stromnetzausbau
- Windkraftausbau
- Tiefengeothermie

Was bislang in Deutschland fehlt, ist eine Debatte darüber, dass ohne Einbeziehung von Sufizienzmaßnahmen die Umwelt-, Klima- und Nachhaltigkeitsziele nicht erreicht werden können. Die Politik scheut die Debatte bisher. Der Europäische Green Deal betont, dass die soziale Gerechtigkeit bei der Transformation besonders gut im Auge behalten werden muss. Ähnlich wie die Debatte um das „Weniger“ liegt hier große politische Sprengkraft vor.

#### Ebene 2 – Regulatorik

Vor dem Hintergrund der angestrebten Transformationsziele ist der Themencluster durch eine Vielzahl an Gesetzen und Verordnungen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene geprägt. Sie alle haben zum Ziel, der Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit, etwa über die Transformation des Energiesystems oder die Wärmewende, Rückenwind zu geben. Aktuell besteht jedoch das Risiko, dass die Regulatorik durch ihre Komplexität Veränderungsprozesse eher bremst als anstößt. Diese Komplexität wird noch dadurch verschärft, dass es in einzelnen Bundesländern unterschiedliche Gesetze gibt, etwa bei Windenergieanlagen. Eine Vereinfachung der regulatorischen Rahmenbedingungen, insbesondere im Hinblick auf die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren, wäre zielführend.

<sup>21</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt findet sich im Anhang. Dort ist auch

angegeben, welche Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

Von den befragten Fachleuten wurde ferner angeführt, dass neben der Energiewende auch die Ressourcenwende betrachtet werden müsse. Es sollten nicht nur die Klimaneutralität hinsichtlich eingesetzter Energie und insbesondere CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch der Material Footprint und damit indirekte Emissionen innerhalb der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden. Damit verbunden wären mehr Kreislaufwirtschaft und neue Geschäftsmodelle.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und Energiebezug aus Europa gewinnt Deutschland eine größere Unabhängigkeit von potenziell unzuverlässigen Drittstaaten. Dadurch steigen jedoch auch die Energiepreise, was zumindest aktuell ein großes Hemmnis ist (siehe Abschnitt 2.2.2). Eine weitere Schwäche ist die Nutzungskonkurrenz der Branchen um wichtige Rohstoffe (z. B. Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe und perspektivisch CO<sub>2</sub>).

Die Analyse der deutschen Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard – gelistet sind hier jeweils die F&E-aktivsten Unternehmen weltweit – zeigt das auch aus den anderen Themenclustern bekannte Bild, dass die Anzahl der Unternehmen, die dem Themencluster zugeordnet sind, in den etablierten Industriestaaten eher zurückgeht, während der Anteil

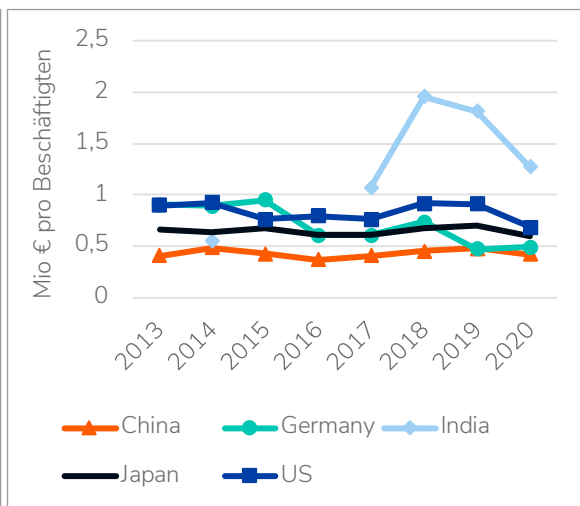
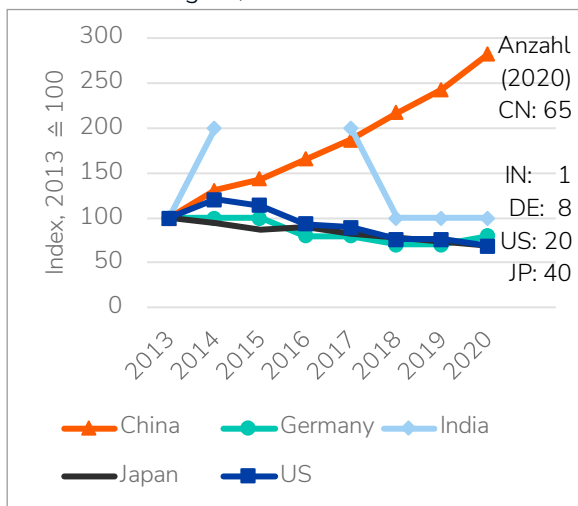
chinesischer Unternehmen deutlich steigt. Bezüglich der Produktivität liegt China jedoch zurück und es zeichnet sich auch kein Produktivitätsanstieg ab. Die Daten für Indien sind unvollständig, was die hohen Schwankungen für Indien<sup>22</sup> erklärt (Bild 43).

### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Die Verbraucherinnen und Verbraucher haben in diesem Themencluster die Möglichkeit, Einfluss auf die Entwicklung zu nehmen. Durch ihr Kaufverhalten können sie nachhaltige Produkte fördern oder z. B. durch den Strombezug bei Ökostromanbietern die Energiewende unterstützen. Dynamische Stromtarife können die Verbraucherinnen und Verbraucher dazu animieren, Strom außerhalb der Verbrauchsspitzen zu verbrauchen. Es gibt auch die Idee, Elektroautosbesitzer in die Abmilderung von Stromverbrauchsspitzen einzubeziehen, und zwar dadurch, dass die Autobatterien dann nicht nur nicht geladen werden, sondern auch Strom bereitstellen.

### Ebene 5 – Technologie

Ein Fokus der Wirtschaft auf Nachhaltigkeit und Umweltschutz kann den in manchen Bereichen vorhandenen Innovationsvorsprung bei der



**Bild 43.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen**

<sup>22</sup> Wie in Bild 43 links zu sehen ist, fiel nur ein einziges indisches Unternehmen im Jahr 2020 in die TOP-2.500-Unternehmen. Dadurch ist die Produktivität auch nur durch

ein Unternehmen bestimmt. Im Zeitverlauf unterliegt der Wert für Indien daher höheren Schwankungen als ein Mittelwert vieler Unternehmen in anderen Ländern.



Entwicklung neuer Technologien (z. B. Wasserstoffhochlauf) halten oder ausbauen. Dies ermöglicht in einem weiteren Schritt dann Technologie-Exporte durch Technologie-Vorsprung. Bemängelt wird in diesem Zusammenhang jedoch, dass die gesellschaftliche Debatte zu Nachhaltigkeitstechnologien nicht themenoffen geführt wird.

Die Stärke des Themenclusters in Deutschland lässt sich anhand der Patentsituation belegen – auch wenn Patente nach Einschätzung der befragten Fachleute in ihrer Wirkung vielfach überschätzt werden. Deutschland steht mit 616 Patenten im Jahr 2020 im Vergleich zu europäischen Nachbarn gut da. Jedoch hat sich die Anzahl der Patente in den letzten Jahren kaum entwickelt. Japan konnte seine Patentaktivität von einem hohen Niveau aus weiter steigern auf 2.341 Patente vor den USA mit 1.190 und China mit 958 Patenten (Bild 44).

### 3.3.4 Digitalisierung und Automation

Die Themen Digitalisierung und Automation sind in den letzten Jahren besonders aktuell geworden (siehe dazu auch Abschnitt 2.2.1). Mit

Digitalisierung und Automation gehen deutliche Produktivitätsfortschritte einher und Deutschland nimmt eine führende Stellung bei der industriellen Digitalisierung und Automatisierung ein. Dennoch sieht die OECD hier großen Handlungsbedarf (OECD 2022), weil im Land zu wenig in digitale Technologien investiert wird.

In Bild 45 und Bild 46 sind die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters<sup>23</sup> – jeweils differenziert nach Digitalisierung und Automation – zusammengestellt.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren (sofern Unterschiede in der Einschätzung zwischen Digitalisierung und Automation bestehen, werden diese kenntlich gemacht):

#### Ebene 1 – Gesellschaft

Digitalisierung: Der bereits thematisierte Rückstand Deutschlands bei der Digitalisierung ist insbesondere auch ein gesellschaftliches Problem, das auf eine technikkritische Haltung in Teilen der Bevölkerung zurückzuführen ist, auch wenn in der Arbeitswelt digitale Technologien

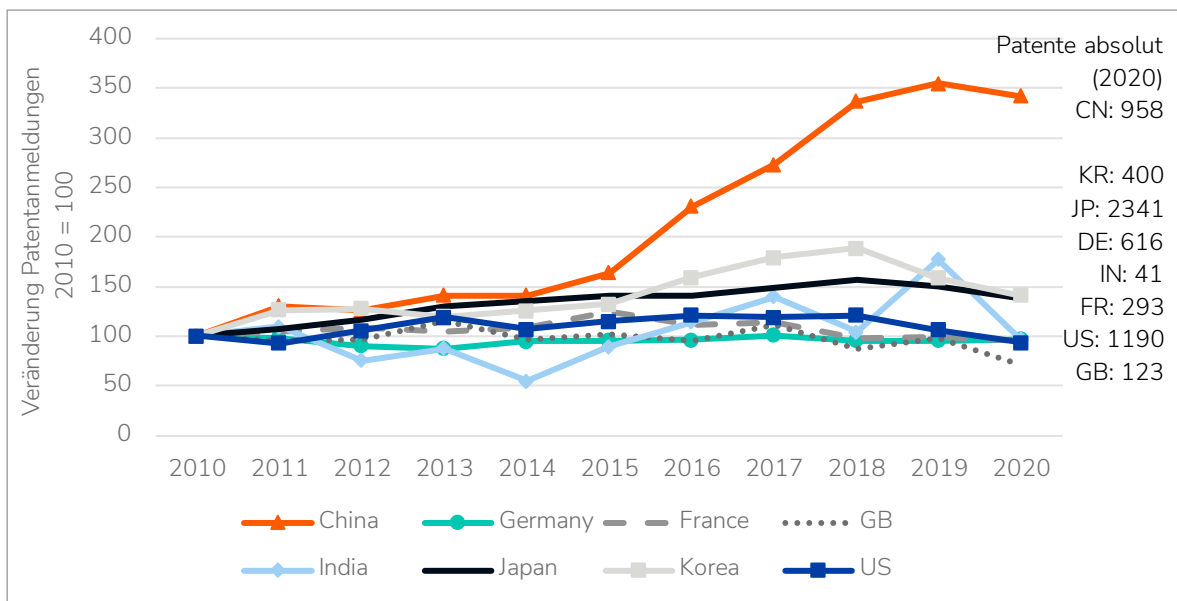


Bild 44. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

<sup>23</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Digitalisierung und Automation findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben,

welche Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

|                  |  |                |  |
|------------------|--|----------------|--|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Führende Stellung Deutschland bei der industriellen Digitalisierung und Automatisierung</li> <li>▪ Große Affinität zu anspruchsvollen technischen Lösungen bei der Digitalisierung in der Industrie</li> <li>▪ Forderungen nach Deutschland als Standort von Servern (Nutzen durch DSGVO)</li> </ul>  | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UX-Design rückt zunehmend in den Fokus; hier gibt es noch Potenzial für Verbesserungen in der Produktentwicklung</li> <li>▪ Digitalisierung häufig der (!) Innovationstreiber in Produkten, Prozessen und Dienstleistungen</li> <li>▪ Plattformstrategien wie CatenaX oder ManufacturingX als Basis für eine kollaborative Datennutzung</li> <li>▪ Umsetzung der DSGVO in Projekten mit „EU only“ – insbesondere bei cloudbasierten Lösungen</li> </ul> |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ D/EU schwach bei der Digitalisierung in der Unterhaltungsindustrie bzw. bei Consumer Electronics</li> <li>▪ Digitalisierung der Verwaltung ist rückständig</li> <li>▪ Fehlende Investitionsbereitschaft in digitale Technologien</li> <li>▪ Technikfeindlichkeit in Teilen der dt. Gesellschaft; Risikoorientierung statt Chancenorientierung</li> <li>▪ Risikoorientierte Interpretation der DSGVO</li> <li>▪ DSGVO hemmt Geschwindigkeit/ Wettbewerbsfähigkeit</li> </ul> | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrie zunehmend abhängig von digitalen Technologien</li> <li>▪ Zunehmende Verlagerung von Softwareentwicklung in andere Weltregionen (Indien) wegen fehlender Fachkräfte</li> <li>▪ Starre Curricula in Studiengängen</li> <li>▪ Andere Weltregionen ohne DSGVO bzw. europäische Nationen mit anderer Auslegung der DSGVO schneller und wettbewerbsfähiger – insbesondere bei der Entwicklung und Anwendung von KI</li> </ul>                       |

**Bild 45. SWOT-Analyse des Bereichs Digitalisierung**

|                  |  |                |   |
|------------------|--|----------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklung qualitativ hochwertiger Produkte</li> <li>▪ Deutschland treibt viele internationale Standards voran, so dass KMUs international erfolgreich agieren können</li> <li>▪ Exzellente berufsbegleitende und akademische Ausbildungssysteme</li> <li>▪ Verantwortungsvoller Umgang mit Daten</li> </ul>   | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Datenschutz als USP</li> <li>▪ Maschinelles Lernen, KI und Cloudanbindung bedeutende Innovationspfade</li> <li>▪ Energie- und Verkehrswende schaffen eine Nachfrage nach innovativen Lösungen</li> <li>▪ Gestaltungsmöglichkeiten der Technik kann die Begeisterung von Schulabsolventinnen und Schulabsolventen fördern</li> </ul>  |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Komplizierter regulatorischer Rahmen (Bund-, Länder-, kommunale Ebene)</li> <li>▪ Rohstoffabhängigkeit und gestörte Logistikketten</li> <li>▪ Skepsis und Widerstand in der Bevölkerung können die Umsetzung von Innovationen behindern</li> <li>▪ Verzögerung von Infrastrukturmaßnahmen durch Bürokratie und Widerstand in der Bevölkerung</li> </ul> | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einzelne Zwischenfälle können eine negative mediale Diskussion auslösen</li> <li>▪ Neue Technologien könnten in Regionen mit geringerem regulatorischem Rahmen entwickelt werden</li> <li>▪ Preisschwankungen und Belastungen für Unternehmen bei Energieversorgung</li> <li>▪ Hohe Kosten, Einschränkungen und Projektlaufzeiten bei Infrastrukturmaßnahmen</li> <li>▪ Time-to-Market zum Teil wichtiger als Reifegrad</li> </ul> |

**Bild 46. SWOT-Analyse des Bereichs Automatisierungstechnik**

längst angekommen sind. Die Diskussion wird hier – wie auch in anderen Themenfeldern – eher risikoorientiert geführt, beispielsweise mit Blick auf mögliche negative Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung (Wegfall von Arbeitsplätzen). Spezifisch für Deutschland ist, dass die Verwaltung deutlichen Nachholbedarf bei der Digitalisierung hat.

Automation: Mit Blick auf die Automation wird die öffentliche Debatte deutlich chancenorientierter geführt. Die Mess- und Automatisierungstechnik wird in der Gesellschaft als wichtiger Baustein zur Sicherung des Industriestandorts Deutschland gesehen. Mittlerweile werden insbesondere auch die Chancen für den Arbeitsmarkt diskutiert, denn mit Automation können die Auswirkungen des Fachkräftemangels abgefedert werden. Sie wird außerdem als

Enabler für die Energie- und Verkehrswende wahrgenommen.

Bei den Fachkräften kommt hinzu, dass die Ingenieurinnen und Ingenieure in Deutschland zukünftig zu einem sehr hohen Anteil einen Migrationshintergrund haben werden. Universitäten sind bereits heute angehalten, ihre Studiengänge zu internationalisieren, indem diese auf Englisch angeboten werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von Integrationsmaßnahmen während und nach dem Studium. Andernfalls sind die Absolventinnen und Absolventen nach zwei bis drei Jahren im Land zwar sehr leistungsbereit, aber weder sprachlich noch kulturell besonders gut integriert.

## Ebene 2 – Regulatorik

Die Datenschutzgrundverordnung der EU wird sowohl aus der Warte der Digitalisierung als auch aus der Perspektive der Automation als Fluch und Segen zugleich wahrgenommen. Für Unternehmen ist die Vielfalt der einzuhaltenden Rechtsvorschriften ausgehend von der europäischen bis hinunter zur kommunalen Ebene eine Herausforderung. Sie fühlen sich durch die Anforderungen der DSGVO oft in ihren Möglichkeiten eingeschränkt und in ihrer Geschwindigkeit gehemmt. Auf der anderen Seite entsteht ein neuer Markt, etwa durch sichere Server und „datensichere“ Produktangebote, insbesondere für den europäischen Binnenmarkt.

Durch Normen und Richtlinien wird die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Herstellern sichergestellt. Viele internationale Standards in der Automatisierungstechnik werden von Stakeholdern aus Deutschland vorgebracht. Das ermöglicht es deutschen Unternehmen, auf internationalen Märkten erfolgreich zu sein.

Bemängelt wird, dass bei neuen datengetriebenen Themen wie der künstlichen Intelligenz in Deutschland und Europa noch der strategische Rahmen fehlt. Dieser Rahmen wäre nach Einschätzung der Befragten aber erforderlich, um strategische Entscheidungen für oder gegen langfristige Investitionen zu treffen, entsprechend zu handeln und nicht im abwartenden Status quo zu verharren.

Es besteht insgesamt die Gefahr, dass neue Technologien in Regionen der Welt entwickelt werden, in denen der regulatorische Rahmen weniger anspruchsvoll und komplex ist und in denen die Richtung, in die eine Entwicklung gehen soll, verbindlicher von der Politik vorgegeben wird.

## Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Im Bereich der industriellen Digitalisierung und Automatisierung ist Deutschland – im Gegensatz zur Unterhaltungsindustrie bzw. bei Consumer Electronics – derzeit führend. Es gibt eine große Affinität zu anspruchsvollen technischen Lösungen bei der Digitalisierung in der Industrie, wobei die Digitalisierung als Innovationstreiber gilt. Das Schlagwort „Industrie 4.0“ fasst die

Aktivitäten von Forschungsinstituten und Unternehmen zur Entwicklung einer flexiblen Fertigung zusammen.

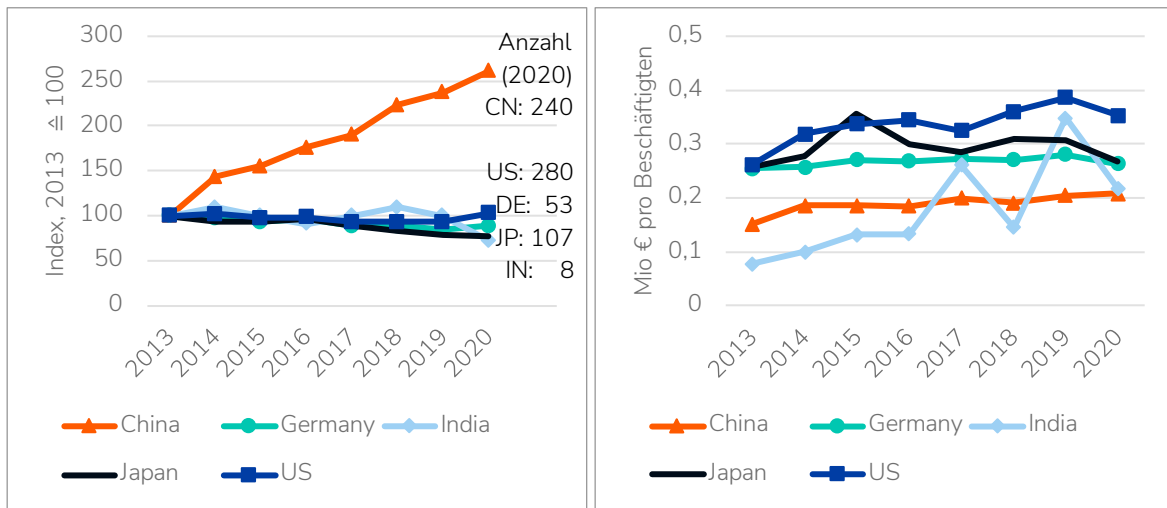
Bei kleineren Unternehmen herrscht jedoch häufiger noch eine geringe Investitionsbereitschaft in digitale Technologien. Aber auch im starken Bereich der industriellen Digitalisierung und Automatisierung besteht die Sorge, dass Wachstum hauptsächlich nicht (mehr) in Deutschland stattfindet, sondern vor allem in Asien. Somit ergibt sich die Herausforderung, in diesem Markt auch aus Europa heraus weiterhin erfolgreich zu sein.

Der Fachkräftemangel führt zudem zu einer zunehmenden Verlagerung von Softwareentwicklung in andere Weltregionen (z. B. Indien). Eine potenzielle Gefahr ist in diesem Themencluster die Abhängigkeit von Rohstoffen. Einige Länder haben sich strategisch den Zugriff auf wichtige Rohstoffe gesichert. Der Mangel an Rohstoffen und gestörte Lieferketten bei Zulieferteilen hemmen die Wertschöpfung in Deutschland. Zudem werden auch in diesem Themencluster die hohen Energiepreise als große Belastung für die Unternehmen und als Hemmnis für die weitere Entwicklung gewertet.

Die Analyse der Firmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard zeigt die Zahlen für die zuvor geschilderte Situation mit einer starken industriellen Digitalisierung und Automatisierung, aber einer schwachen Unterhaltungs- bzw. Consumerelektronik. Es sind – auch im Vergleich zu Japan – relativ wenige deutsche Firmen in dieser Liste der weltweit F&E-aktiven Unternehmen und es sind im Zeitverlauf etwas weniger geworden (Bild 47). Die Produktivität ist auf einem Niveau mit Japan und deutlich über China und Indien. Sie weist insgesamt einen positiven Trend auf.

## Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Auch in diesem Themencluster wurde in den Expertengesprächen thematisiert, dass sich Entwicklungsprinzipien mit der steigenden Bedeutung der User-Experience (UX) derzeit im Wandel befinden und vielfach entwicklungsseitig ein Umdenken erforderlich ist – und zwar sowohl im industriellen Bereich als auch bei Consumerprodukten.



**Bild 47. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Digitalisierung und Automation je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen**

Deutsche Produkte gelten bezogen auf ihre Bedienung als gut durchdacht – insbesondere im industriellen Umfeld im Hinblick auf die Anbindung an den physischen Prozess. Dabei besteht eine Tendenz dazu, Bedienoberflächen mit technischen Details zu überfrachten, was der Ergonomie oftmals nicht zuträglich ist. Daher wird vielfach mehr Einfachheit gewünscht, was unter anderem dazu geführt hat, dass moderne Schnittstellen in den USA entwickelt werden, sodass entsprechende Kompetenz in Deutschland nicht mehr auf- und ausgebaut werden kann.

In diesem Zusammenhang ist auch festzustellen, dass über viele Jahre die UX neben technische Lösungen gestellt wurden. Beide Pfade mussten dann anschließend miteinander verbunden werden. In anderen Weltregionen ist dies anders, das heißt, es wird beginnend von Endnutzenden bzw. vom Geschäftsmodell gedacht.

Ein weiterer Aspekt, der die Lösungen aus Deutschland charakterisiert, ist, dass diese teilweise sehr lange Entwicklungszeiten aufweisen. Die Bedeutung der Time-to-Market nimmt jedoch zu, sodass aus Sicht einiger Befragter ein gewisses Umdenken hin zu mehr „Unperfektheit“ erforderlich ist.

### Ebene 5 – Technologie

Maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz und die Cloudanbindung im Internet der Dinge stellen wichtige Innovationspfade für die Mess- und

Automatisierungstechnik dar. Diese Technologien werden sowohl im B2C- als auch im B2B-Bereich in vielen verschiedenen Technologie- und Geschäftsfeldern genutzt. Die Digitalisierung ist häufig der wichtigste Innovationstreiber in Produkten, Prozessen und Dienstleistungen.

Auch für den Themencluster Digitalisierung und Automation wurde eine Patentanalyse durchgeführt. Auch wenn der Themencluster von vielen Patentanmeldungen geprägt ist, bleibt festzuhalten, dass die Bedeutung von Intellectual Property in verschiedenen Regionen und Technologiebereichen unterschiedlich wahrgenommen wird. Während IP-Schutz weiterhin wichtig ist, kann die Bedeutung interner Wissenssicherung und der Geschwindigkeit der Markteinführung in einigen Fällen die von Patentanmeldungen übertreffen.

Betrachtet man die Patensituation für den Themencluster, so ergibt sich folgendes Bild: Japan und China haben mit je fast 11.000 vor den USA die meisten Patente (Bild 48). Deutschland steht im Vergleich mit den europäischen Nachbarn gut da, konnte die Zahl der Patente in den letzten 10 Jahren jedoch nur um 13 % steigern. Neben China weisen auch Indien, Korea und Japan eine beeindruckende Zunahme an Patentanmeldungen auf.

### 3.3.5 Materials Engineering

Die Werkstofftechnik in Deutschland gehört zu den international führenden Innovatoren dank hoher Kompetenzen, exzellenter Ausbildung

und großer Anwendungsorientierung. Sie ist hervorragend in die Wertschöpfungsketten eingebunden, und zwar sowohl über die Abnehmerseite, z. B. die Automobilindustrie, als auch mit Blick auf die Vorprodukte herstellende Industrie, z. B. die Chemieindustrie oder die Compound-Hersteller für die Kunststoffe. An 37 deutschen Universitäten kann man Materialwissenschaften oder Werkstofftechnik studieren und dieser Bereich ist wie die Digitalisierung mit sehr vielen anderen Branchen verknüpft, weil Werkstoffe die Basis im Produzierenden

Gewerbe sind. Innovationen in der Werkstofftechnik haben insofern eine hohe Hebelwirkung auf fast alle Branchen des Produzierenden Gewerbes und stellen damit einen erheblichen Wettbewerbsvorteil dar.

In Bild 49 sind die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters<sup>24</sup> zusammengestellt.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

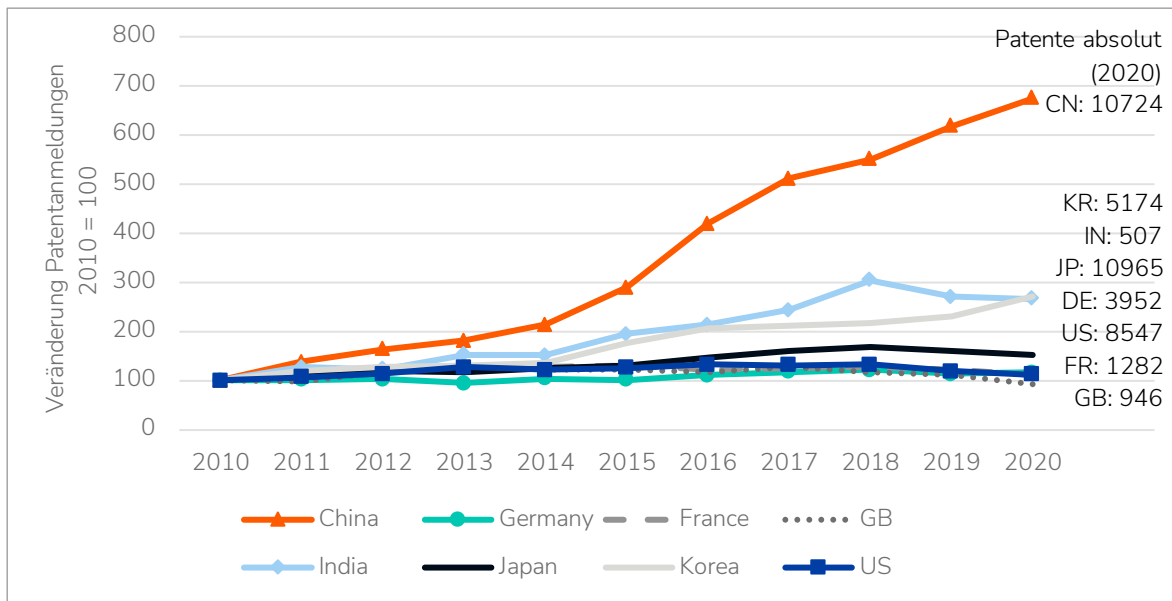


Bild 48. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Digitalisierung und Automation, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

|                  |   |                |   |
|------------------|---|----------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gut aufgestellte Werkstofftechnik in Deutschland mit hohen Kompetenzen</li> <li>Deutschland gehört zu den führenden Werkstoffentwicklern im internationalen Vergleich.</li> <li>Technologie sehr positiv kompetitiv und sehr gut in die Wertschöpfungskette eingebunden</li> <li>Starke anwendungsorientierte Werkstoffforschung ist, ein erheblicher Wettbewerbsvorteil</li> <li>Qualifikationsniveau hervorragend</li> </ul> | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Konsequente Etablierung der Kreislaufwirtschaft reduziert unsere Rohstoffabhängigkeit</li> <li>Halten und Ausbauen der hervorragenden Situation im Bereich der Werkstofftechnik kann technische Innovationen hervorbringen → stärkt die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit</li> <li>Digitalisierung der Materialtechnologien kann Schübe im Bereich Forschung und Entwicklung generieren</li> </ul>  |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zur Rohstoffversorgung bestehen in vielen Fällen starke Abhängigkeiten von ausländischen Märkten</li> <li>In Deutschland wird aktuell eine kritische Debatte zu Kunststoffen geführt, obwohl hier international sehr hohe Standards eingehalten werden</li> </ul>  | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mit der Produktion nahe am Kunden kann auch die Werkstoffentwicklung mit entsprechendem Know-How-Verlust aus Deutschland verschwinden</li> <li>Mehr Begeisterung für ein Studium des Ingenieurwesens bei jungen Leutenerzeugen, sonst fehlt Expertise zur Lösung drängender technischer Probleme</li> <li>Regulierungen müssten international bindend erfolgen, sonst Wettbewerbsverzerrung</li> </ul> |

Bild 49. SWOT-Analyse des Bereichs Werkstofftechnik

<sup>24</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Werkstofftechnik findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche Fach-

gesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

## Ebene 1 – Gesellschaft

Trotz ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung wird die Werkstofftechnik in der Gesellschaft kaum wahrgenommen, denn die Produkte (= Materialien) sind nur der Rohstoff für die Produktion der Dinge, die die Verbraucherinnen und Verbraucher dann sehen. Erst über das Thema Recycling kommen viele mit dem Thema in Berührung. Besonders kritisch wird in der gesellschaftlichen Debatte das Thema „Kunststoffe“ gesehen, wobei aus Sicht der Befragten hier eine differenzierte Betrachtung notwendig ist, da sehr viele Produkte in fast allen Branchen wie Automobil, Lebensmittel oder Medizin ohne den Einsatz von Kunststoffen nicht hergestellt werden könnten. Insgesamt, so die Interviewpartner, stehe Deutschland in Europa und besonders in der Welt verhältnismäßig gut da – etwa mit Blick auf die hohe Abfallerfassungsquote in Verbindung mit großer Recyclingkompetenz.

## Ebene 2 – Regulatorik

Seitens der Befragten werden weniger die bestehenden Rechtsnormen kritisiert, als die Tatsache, dass sie nicht für jene gelten, die andersorts produzieren und nach Deutschland

importieren, was zu einer Wettbewerbsverzerrung führt.

## Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

In der Werkstofftechnik steht Deutschland gut da, auch wenn in jüngster Zeit sinkende Exportanteile beobachtet werden. Eine besondere Herausforderung stellen die hohen Energiepreise dar.

Betrachtet man die Entwicklung im EU Industrial R&D Investment Scoreboard, der die weltweit F&E-aktivsten Unternehmen der Branche listet und damit einen Einblick in die Dynamik des Themenclusters im internationalen Vergleich bietet (Bild 50), so zeigt sich wiederum das Bild einer sich stark entwickelnden chinesischen Unternehmenslandschaft, wobei Deutschland im Vergleich zu anderen etablierten Volkswirtschaften<sup>25</sup> seine Position deutlich besser halten konnte.

## Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Nach Einschätzung der Befragten zeichnet sich die Werkstoffforschung in Deutschland durch eine besonders hohe Anwendungsorientierung aus.

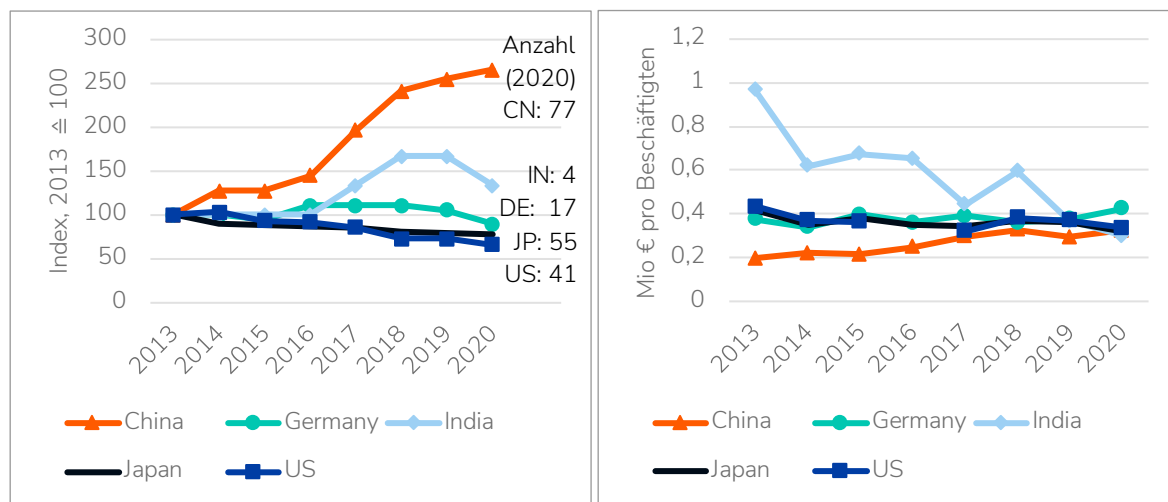


Bild 50. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Materials Engineering je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

<sup>25</sup> Ähnlich wie im Bereich Nachhaltigkeit prägt die geringe absolute Anzahl indischer Unternehmen in den TOP-

2.500-Unternehmen (im Jahr 2020: vier indische Unternehmen) stark die Produktivität.

## Ebene 5 – Technologie

Deutschland ist führend im Bereich der Werkstoffentwicklung – etwa bei Stahlspezialitäten. Dies spiegelt sich auch in den Patenten wider (Bild 51), bei denen Deutschland zu den weltweit führenden Anmelde­ländern zählt. Von der absoluten Anzahl liegt Deutschland mit 1.532 Patenten nur knapp hinter China (1.752), das einen starken Anstieg der Patentanmeldungen hatte. Auch Korea und Indien haben zugelegt, Indien allerdings von einem sehr niedrigen Niveau aus. Insgesamt liegt Japan mit 3.774 Patentanmeldungen deutlich vorn.

Bei der Interpretation dieser Zahlen ist zu beachten, dass in Deutschland Patente nach Einschätzung der befragten Fachleute im Vergleich zum weltweiten Wettbewerb weniger als strategisches wirtschaftliches Instrument eingesetzt werden. In den USA und China z. B. werden Patentstrategien nach Einschätzung der Befragten hingegen sehr viel mehr mit den übergeordneten Strategien der Unternehmen abgestimmt und für erzielbare Gewinne für die durch Patente geschützten Erfindungen genutzt.

## 3.3.6 Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen

Nach Umsatz ist der Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen die drittgrößte Branche in Deutschland und innerhalb Europas gibt es kein Land, in dem dieser Bereich stärker ist. 2022 waren 476.987 Menschen in der chemisch-pharmazeutischen Industrie beschäftigt (VCI 2023). Allerdings ist der Themencluster – der in einem intensiven internationalen Standortwettbewerb steht – seit dem rasanten Anstieg der Rohstoff- und davon insbesondere der Energiepreise stark unter Druck: Die Produktion ging im Jahr 2023 auf den niedrigsten Stand seit 1995 zurück; allein zwischen 2018 und 2023 sank sie um 20 % (Welter 2024). Durch die hohe Investitionstätigkeit in China in den letzten Jahren hat sich China von einer Importnation für Chemieprodukte zu einer Exportnation entwickelt. Dies hat dramatische Auswirkungen auf die Auslastung der Produktionsanlagen im Rest der Welt, wovon die deutsche chemische Industrie aufgrund der hohen Energiekosten in besonderer Weise betroffen ist.

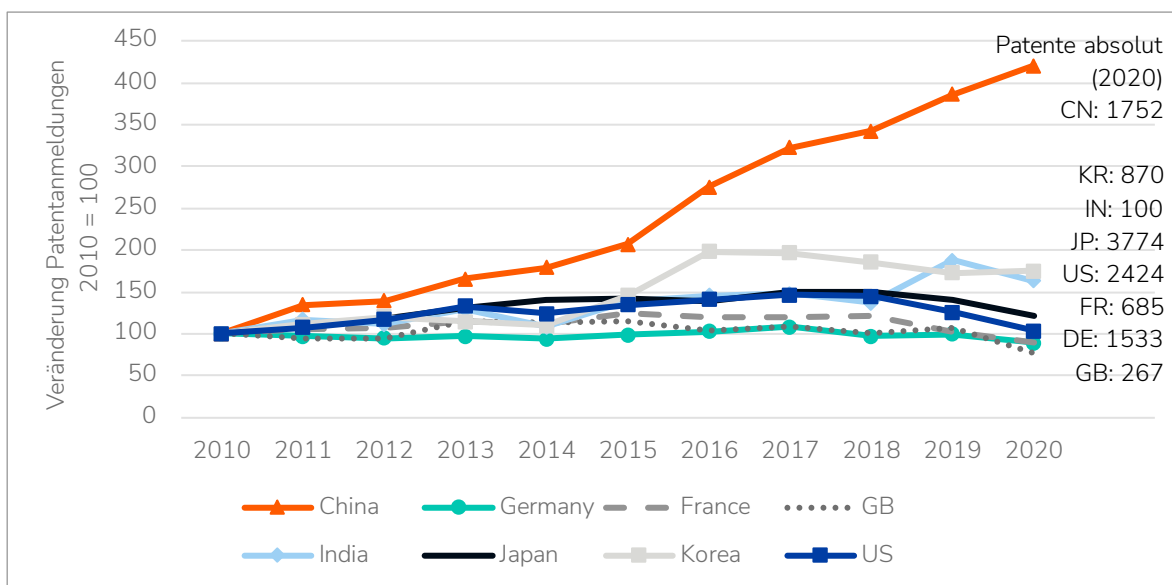


Bild 51. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Materials Engineering, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

In Bild 52 sind die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters<sup>26</sup> zusammengestellt.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

### Ebene 1 – Gesellschaft

Der Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen wird von den Befragten als gut akzeptiert gesehen, trotz der Diskussion einer möglichen Technikfeindlichkeit in der Gesellschaft. Dies ist insbesondere auch darauf zurückzuführen, dass sich durch hohe Umweltauflagen und Investitionen der Unternehmen die Umweltsituation in Deutschland deutlich verbessert hat.

Widerstände gab und gibt es mit Blick auf die Grüne Biotechnologie. Hier unterscheidet sich die Situation deutlich von der z. B. in den USA oder Großbritannien, wo mit Gentechnik offener umgegangen wird. In Schwellenländern z. B. in Südamerika, wird der Beitrag der Chemie zur Ernährungsgrundlage, zur medizinischen Ver-

sorgung und zur wirtschaftlichen Entwicklung nach Einschätzung der Befragten deutlich höher gewertet.

### Ebene 2 – Regulatorik

Gerade im Bereich Chemie wird von den Fachleuten Stillstand, teils sogar Rückschritt bei der Weiterentwicklung des regulatorischen Rahmens festgestellt. Weitere Faktoren wie die noch immer mangelnde Digitalisierung der Verwaltung oder die komplexe föderale Struktur sind weitere hemmende Faktoren.

Die deutschen Umweltstandards sind Vorbild für internationale Standards geworden (CEN und ISO) und haben weltweit positive Effekte für die Umwelt- und Sicherheitssituation nach sich gezogen. Dem stehen die zunehmend als Hemmnis wahrgenommenen Genehmigungsverfahren in Deutschland gegenüber, etwa bei der Genehmigung modularer Anlagen (Richtlinienreihe VDI 2776<sup>27</sup>). Beim Anlagenneubau sind die Abstimmungen zwischen Regierungspräsidium, Land und Bund langwierig und die Zuständigkeiten nicht immer klar.

|                  |  |                |   |
|------------------|--|----------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Starke Verbundstandorte mit hoher Effektivität, Ressourcen- und Energieeffizienz</li> <li>▪ Hohe Kompetenz in Forschung, Produkt- und Verfahrensentwicklung und Produktion</li> <li>▪ Hohe IP-Kompetenz in D als Wiege der Chemie und Verfahrenstechnik, Tech-Ownership</li> <li>▪ Starke F&amp;E-Partnerschaften von Industrie, Hochschulen u.a.</li> <li>▪ Starke Zulieferindustrie, verzahnte Lieferketten, Abbildung der gesamten Wertschöpfungskette</li> <li>▪ Hohe Qualifikation des Personals auf allen Ebenen</li> <li>▪ D als attraktiver Standort – auch für ausländische Studierende</li> </ul> | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energie- und Rohstoffeffizienz forcieren</li> <li>▪ Kreislaufwirtschaft strategisch umsetzen</li> <li>▪ F&amp;E-Partnerschaften aufrecht erhalten und ausbauen</li> <li>▪ Chemie als Basis unseres Lebensstandards kommunizieren</li> <li>▪ Zukunftsthemen setzen und besetzen (Elektrifizierung, CO<sub>2</sub>-Nutzung, H<sub>2</sub>, chem. Recycling von Kunststoffen)</li> <li>▪ (Grundstoff-)Produktion in D bewahren und stärken, um Abhängigkeiten zu vermeiden</li> <li>▪ Chemische Industrie als Innovationstreiber und Problemlöser positionieren</li> </ul>                                      |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Energie- und Rohstoffbedarf</li> <li>▪ Große Produktionskapazitäten im Ausland, z.B. China</li> <li>▪ Fachkräftemangel</li> <li>▪ Hohe bürokratische Hürden und teilweise Unkenntnis, z.B. bei Anlagen-Genehmigung oder Modularität als innovativem Ansatz</li> <li>▪ Geringes Verständnis in der dt. Gesellschaft und der Politik für die Bedeutung der Chemie</li> <li>▪ Bedeutung der Chemie als Innovationstreiber und Problemlöser wird nicht erkannt</li> </ul>   | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abhängigkeit weltweit verzweigter Lieferketten</li> <li>▪ China als staatlich subventionierter Dumping-Exporteur</li> <li>▪ Verfügbarkeit regenerativer Rohstoffe und regenerativer Energie / Energiepreise</li> <li>▪ Verfügbarkeit von Ressourcen und Materialien (z.B. strategische Metalle)</li> <li>▪ Strikte Regulatorik bedroht Entwicklung der (Zukunfts-) Märkte, z.B. PFAS-Verbot für Batterien, Elektrolyseure</li> <li>▪ Verlust der F&amp;E-Stärke bei Produktionsverlagerung</li> <li>▪ Fachkräfte und Nachwuchs-Mangel</li> <li>▪ Medien mit negativer Tonalität, Image der Chemie</li> </ul> |

**Bild 52. SWOT-Analyse des Themenclusters Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesens**

<sup>26</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

<sup>27</sup> Weitere Informationen unter <https://www.vdi.de/richtlinien/vdi-2776>, zuletzt abgerufen am 26.02.2024]



Kritisch wird gesehen, dass im Ausland, z. B. den USA, weniger auf Verbote, sondern auf Anreize für umweltfreundliche Technologien gesetzt wird. Aufgrund der damit verbundenen Förderpolitik sind in den letzten Jahren von der global agierenden Chemieindustrie viele sehr große Investitionen in den USA getätigt worden.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Die Chemieindustrie hat für Deutschland eine immense Bedeutung mit einem Umsatz von 261 Mrd. Euro, davon 60 % im Ausland. Im DAX zählen mindestens elf Unternehmen direkt zur Chemie. Viele weitere Unternehmen, insbesondere KMU, dienen als Zulieferer für die chemische Industrie, während die chemische Industrie wiederum als Zulieferer für weitere

Schlüsselindustrien wie Automobil und Bau dient. Charakteristisch für die chemische Industrie in Deutschland sind Industrieparks als hochintegrierte Verbundstandorte.

Wie bereits eingangs dargelegt, ist die chemische Industrie in besonderer Weise von den hohen Energiepreisen und internationalem Wettbewerb, insbesondere aus China, betroffen, wie Bild 53 zeigt: Insbesondere die chinesische chemische Industrie konnte zwischen 2018 und 2022 ihren Umsatz massiv steigern. Dies belegen auch die Produktionsindizes (Bild 54, 2015 = 100), die insbesondere für China und Indien einen deutlichen Aufwärtstrend aufweisen, während der Wert für Deutschland 2022 mit 98,6 auf dem niedrigsten Wert seit 2015 lag.

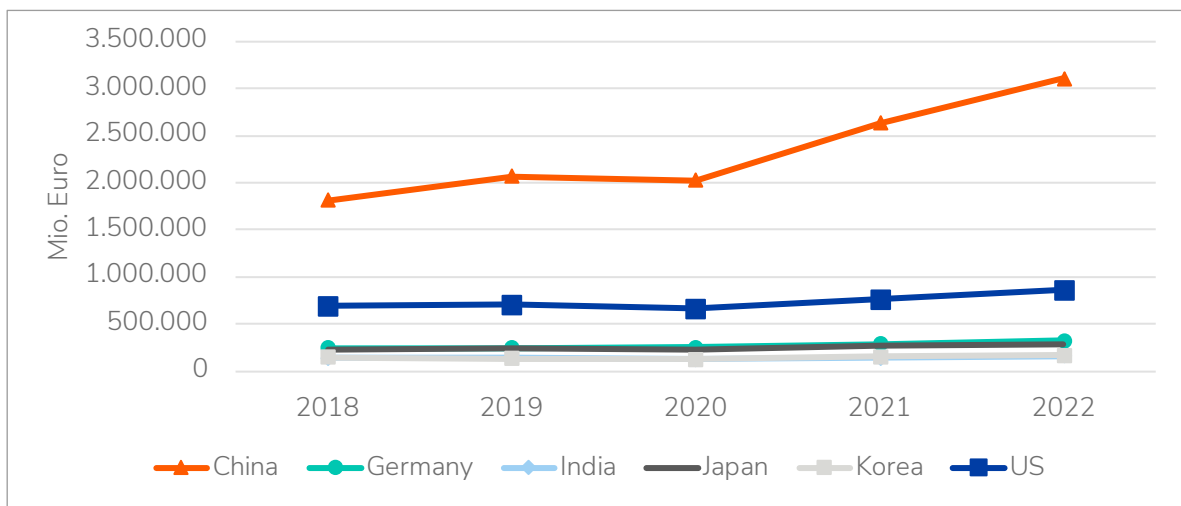


Bild 53. Umsätze in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich, VCI (2023)

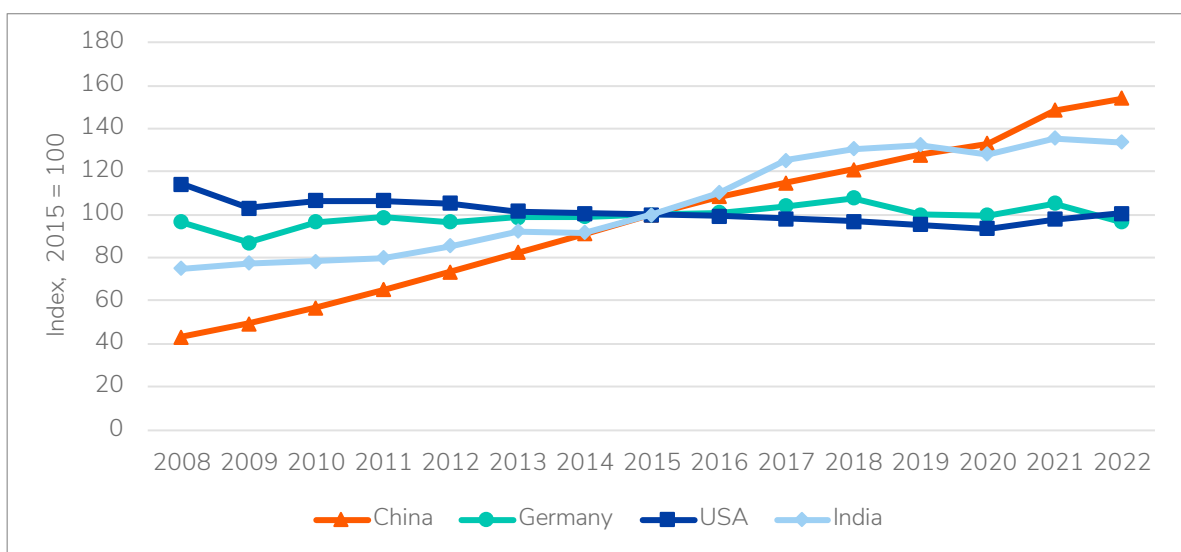
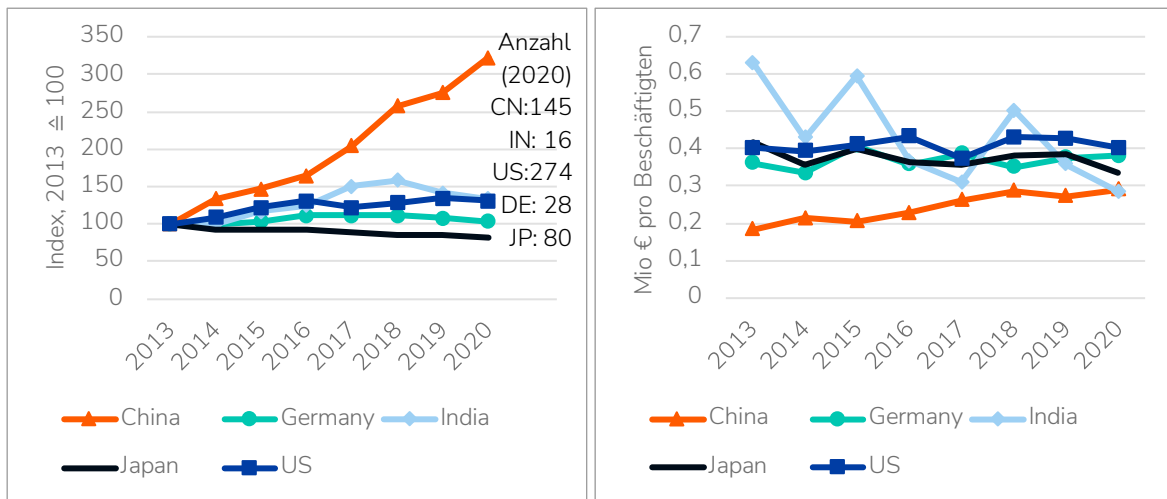


Bild 54. Entwicklung der Produktion in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich (Index), VCI (2023)



**Bild 55.** links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Ein Blick in das EU Industrial R&D Investment Scoreboard, das die Entwicklung der weltweit F&E-aktivsten Unternehmen abbildet, zeigt für den Themencluster ein vergleichbares Bild (Bild 55). China, das bislang einen großen Nachholbedarf bei Wohlstand und der Grundversorgung seiner Bürgerinnen und Bürger hatte, weist eine hohe Dynamik auf, allerdings mit einer geringeren, aber steigenden Produktivität als die der etablierten Industrienationen.

#### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

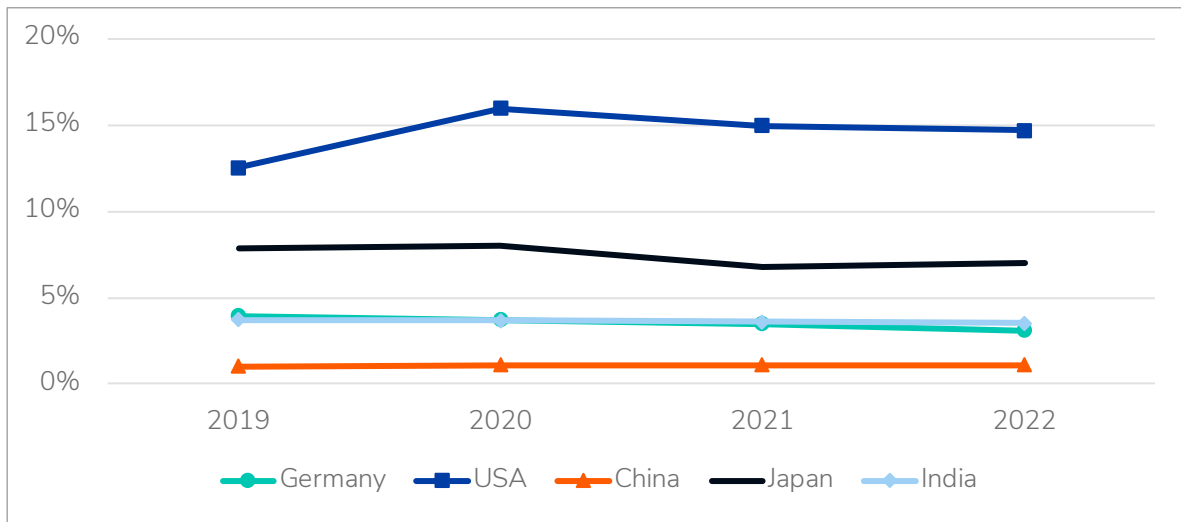
Deutschland profitiert davon, dass auch das benachbarte europäische Ausland, darunter die Niederlande, Österreich, Schweiz, Polen und Großbritannien, hochkarätig ausbildet. Aber auch aus Kolumbien, Ecuador kommen Top-Fachleute nach Deutschland, weil andere europäische Länder (Spanien, Portugal, Osteuropa) zumindest bis vor kurzem eine schwächere wirtschaftliche Situation hatten.

#### Ebene 5 – Technologie

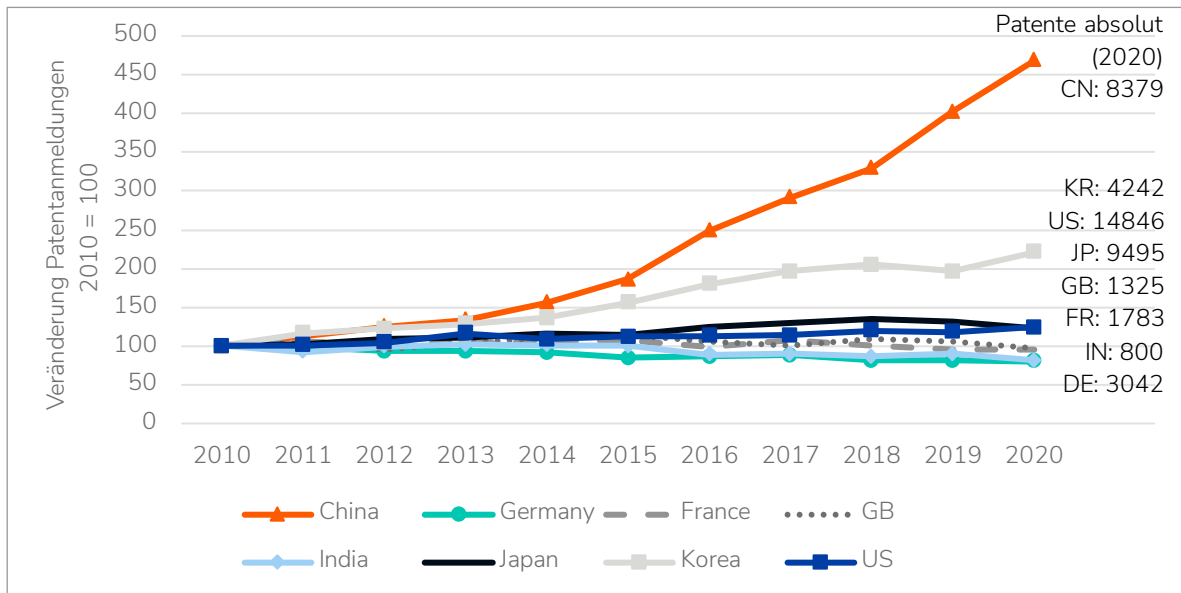
Das Forschungsökosystem und damit die technologische Leistungsfähigkeit sind in

Deutschland (noch) hoch. Dies zeigt sich auch an einer F&E-Quote (Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz) von über 3 %, wobei jedoch in den letzten Jahren ein Rückgang zu verzeichnen gewesen ist. Im Vergleich hierzu weisen die USA und Japan deutlich höhere F&E-Quoten auf. Indien hat Deutschland 2022 erstmalig bezüglich seiner F&E-Quote überholt (Bild 56). Auch vor diesem Hintergrund sehen die Befragten das Risiko, dass Deutschland seine Position als starker Forschungsstandort der Prozessindustrie und ihrer Zulieferer verlieren könnte. Dieser Prozess könnte sich verschärfen, wenn die Produktion den Standort verlässt. Dadurch ginge auch das anwendungstechnische Know-how für die Anwenderindustrien verloren.

Die IP-Situation in Deutschland ist insofern noch als gut zu bewerten, jedoch zeigt die Patentanalyse für den Themencluster (Bild 57), dass zwischen 2010 und 2020 die Anzahl der deutschen Patentanmeldungen um fast 20 % abgenommen hat, sodass China und Korea Deutschland mit Blick auf die absolute Anzahl der Patentanmeldungen überholt haben.



**Bild 56. Ausgaben für F&E in % des Umsatzes in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich, VCI (2023)**



**Bild 57. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)**

### 3.3.7 Mikroelektronik

Die Mikroelektronik<sup>28</sup> ist grundsätzlich aufzuteilen in drei Bereiche:

- Design von mikroelektronischen Schaltungen
- Fertigung von Maschinen zur Herstellung von Chips (Zulieferindustrie)

- Fertigung von Halbleitern und Mikroelektronik in sogenannten Fabs (Semiconductor Fabrication Plant)

Der Status der deutschen bzw. der europäischen Industrie ist in jedem dieser Bereiche anders. Es gibt Bereiche, in denen Europa weltführend ist (z. B. bei MEMS, Sensorik und Leistungselektronik) und andere, in denen Europa abgehängt ist (z. B. Speicher). Der europäische

<sup>28</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Mikroelektronik findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche

Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

Anteil an der weltweiten Chipproduktion beträgt deutlich unter 20 %.

Die Zulieferindustrie für die Mikroelektronik ist in Deutschland und Europa sehr gut aufgestellt, insbesondere in der Spitzentechnologie, wie z. B. der Lithografie.

Anwendungsbranchen in Deutschland sind insbesondere die Automobilindustrie, die Medizintechnik, die Rüstungsindustrie sowie der gesamte Maschinenbau, deren Produkte immer abhängiger von der Mikroelektronik werden.

In Bild 58 sind die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des Themenclusters zusammengestellt.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

### **Ebene 1 – Gesellschaft**

Sehr viele Industriezweige hängen von der Mikroelektronik ab, denn praktisch alle Geräte beinhalten Produkte der Mikroelektronik. Dies ist der Bevölkerung nicht immer bewusst und daher ist auch die Bedeutung der Halbleiterindustrie nicht präsent. Zugleich rückt auf politischer Ebene die Abhängigkeit von globalen Lieferketten in den Blick. Im Sinne technologischer Souveränität wird angestrebt, nicht nur im Chip-Design stark zu sein, sondern auch in der Fertigung wettbewerbsfähig zu werden

### **Ebene 2 – Regulatorik**

Das Europäische Chip-Gesetz („Chips Act“) wird perspektivisch als positiv wahrgenommen, weil damit die strategische Bedeutung dieser Technologie erkannt worden ist. Zudem ist es gelungen, alle Mitgliedstaaten hinter dieser Initiative der Kommission zu vereinen. Allerdings gibt es auch kritische Stimmen. Zum Beispiel ist die Frage offen, ob und wann einzelne Firmen oder auch Universitäten die Möglichkeiten wirklich nutzen können. Der finanzielle Beitrag des Chips Act ist im Vergleich zu dem, was in anderen Regionen in der Welt an Subventionen fließt, nicht groß und genügt nicht, um im internationalen Wettbewerb aufzuholen.

### **Ebene 3 – Ökonomische Aspekte**

Die Wertschöpfungsketten in der Mikroelektronik sind global weit verzweigt. Entwicklungs- und Fertigungsstandorte sind häufig auf der ganzen Welt verteilt. Somit ist eine Bewertung der aktuellen Situation allein für den deutschen Standort oder für Europa nach Einschätzung der Befragten nur schwer möglich.

Eine Möglichkeit der Beurteilung der Niveaus und der Leistungsfähigkeit im internationalen Vergleich bietet eine Auswertung des EU Industrial R&D Investment Scoreboard, das die weltweit F&E-aktivsten Unternehmen des Themenclusters listet (Bild 59). Auch für den Themencluster Mikroelektronik zeigt sich die deutliche Verschiebung hin zu chinesischen Unternehmen. Bemerkenswert ist die taiwanische TSMC, die hier in die Abbildung mit der Produktivität aufgenommen wurde. TSMC hatte im Jahr 2020 fast doppelt so hohe Umsätze pro Mitarbeitenden wie die USA und viermal so viel wie Deutschland, Japan und China. TSMC ist als reiner Auftragsfertiger tätig, weshalb die Fertigung in hoch automatisiert ist – bei entsprechend hohem Investment. In den USA wurde jetzt festgelegt, dass Teile der Wertschöpfungskette im Land vorhanden sein müssen – dies führt vermehrt auch zu Investitionen in der Halbleiterproduktion.

### **Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene**

Das attraktivste Land für ein Studium der Mikroelektronik sind immer noch die USA. Deutschland wird kurz dahinter gesehen. Daher kommen auch viele junge Menschen aus dem Ausland zum Studium nach Deutschland und steigen auch oft im Anschluss hier in das Berufsleben ein.

Ausländische Fachkräfte nach Deutschland zu holen, gelingt hingegen wegen hoher bürokratischer und oft sprachlicher Hürden oft nicht. Selbst für Hochqualifizierte aus dem Ausland, die in der Mikroelektronik benötigt werden, können bestehende Einbürgerungsverfahren nicht vereinfacht werden. Mittlerweile ist das Gehaltsniveau in Deutschland derart gesunken, dass es zunehmend schwerer wird, ausländische Fachkräfte nach Deutschland zu ziehen.

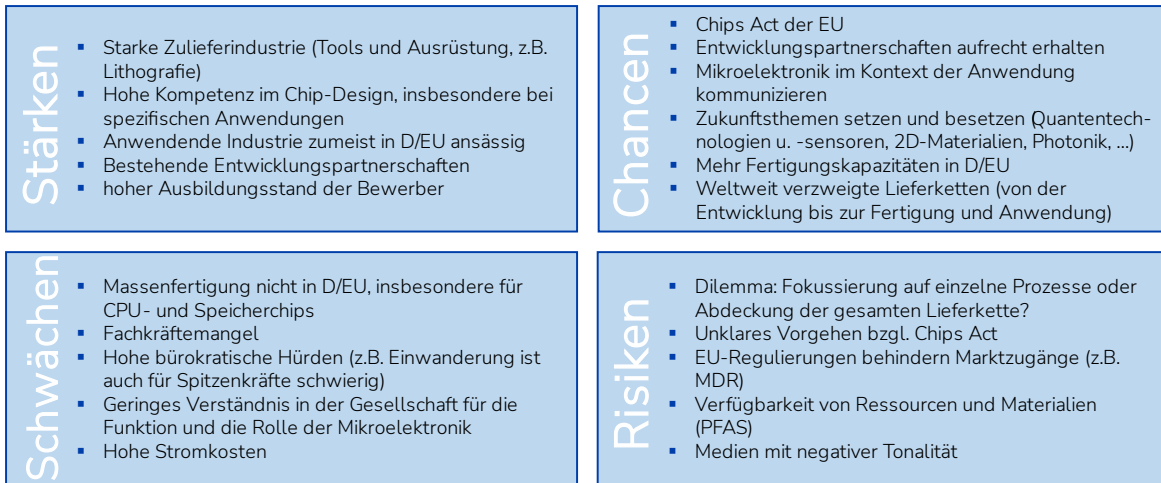


Bild 58. SWOT-Analyse des Themenclusters Mikroelektronik

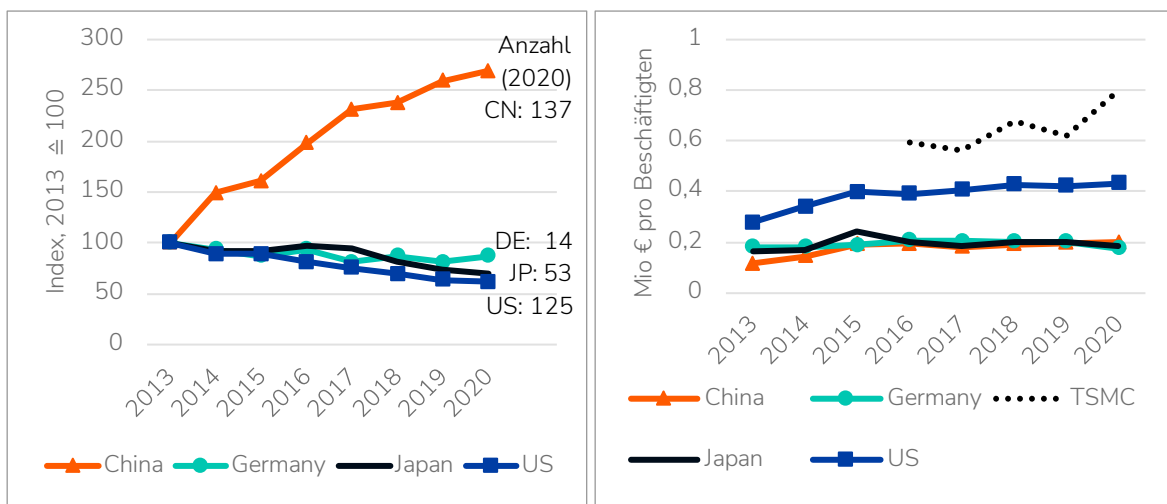


Bild 59. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Mikroelektronik je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

### Ebene 5 – Technologie

Innovationen im Themencluster sind insbesondere auch im Kontext mit den Anwenderbranchen zu sehen. Daher ist die enge Entwicklungspartnerschaft mit den Anwenderunternehmen wichtig für eine positive Entwicklung der Mikroelektronik am Standort. Aktuelle Innovationsthemen sind beispielsweise:

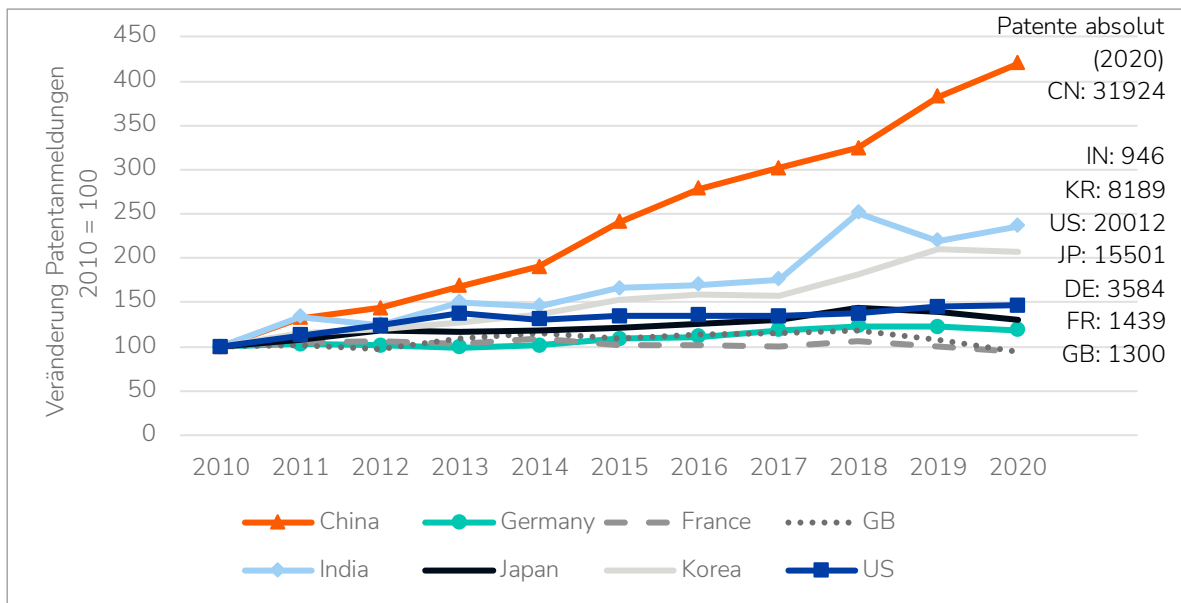
- Quantentechnologien, Quantensensoren
- 2-D-Materialien
- Photonik

Ein Maß für die Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Landes ist die Patentsituation im internationalen Vergleich. Gerade im Mikroelektronik-Bereich ist dabei zu beachten, dass

Patentstrategien sich je nach Weltregion unterscheiden. In Japan erfolgt die Patentanmeldung beispielsweise häufig nur für das eigene Land. Vielfach werden Patente absichtlich nicht mehr angemeldet, um damit kein spezifisches Wissen öffentlich zu machen. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse der Patentanalyse zu berücksichtigen.

Der Druck auf Universitäten im Hinblick auf die wissenschaftliche Verwertung ist in den letzten Jahren gestiegen. Dies führt nicht zu einer intensiveren Zusammenarbeit von Hochschulen und Industrie und daher nicht zu einem Vorteil der lokalen Industrie. Patente müssen sinnvoll genutzt werden können, damit sich tatsächlich der gewünschte Vorteil ergeben kann.

Bild 60 zeigt die Entwicklung der Patentanmeldungen im Themencluster Mikroelektronik.



**Bild 60. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Mikroelektronik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)**

China hat zwischen 2010 und 2020 seinen Anteil an allen Mikroelektronik-Patenten weltweit von 15 % auf ein Drittel gesteigert (absolut sind es fast 32.000). Auch die USA und Japan haben mit 20.000 bzw. 15.000 Patenten relevante Anteile. Indien weist noch sehr wenige Patente auf, legt aber auch zu. Die europäischen Länder kommen nicht einmal gemeinsam auf 10.000 Patente. Deutschland konnte immerhin die absolute Zahl um 20 % in zehn Jahren steigern.

### 3.3.8 Produktion und Logistik

Der Themencluster „Produktion und Logistik“<sup>29</sup> bildet zwei der stärksten Branchen in Deutschland ab. Die Stärke beruht auf hohen Kompetenzen etwa in den Fertigungsverfahren, im Maschinenbau, bei Fabrikplanung und -betrieb und komplexen Logistikanwendungen. Insofern stellt der Themencluster das Rückgrat des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland dar. Hervorzuheben sind jeweils die starke Zulieferindustrie sowie die weltweite Präsenz des Themenclusters.

In Bild 61 und Bild 62 werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für die Teil-

bereiche „Produktion und Fabrikbetrieb“ sowie „(technischen) Logistik“ gesondert dargestellt.

Der Themencluster lässt sich entlang der Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

#### Ebene 1 – Gesellschaft

Produktion und Logistik haben einen eher schlechten Ruf in der Gesellschaft. Neue Gewerbegebiete auszuweisen, stößt regelmäßig auf großen Widerstand der benachbarten Wohngebiete. Vielen Menschen ist nicht bewusst, dass die Auflagen für die Produktion so streng sind, dass Emissionen kaum noch vorkommen. Dass beide Themenfelder für unseren Wohlstand und unseren Konsum essenziell sind, wird dabei seltener bedacht.

#### Ebene 2 – Regulatorik

KMU empfinden nach Einschätzung der befragten Fachleute die Regulierung oft als so wechselhaft und unplanbar, dass größere Projekte nicht verwirklicht werden. Insgesamt nehmen die Interviewten eine Überregulierung in Deutschland wahr, beispielsweise auch bei der Umsetzung der DSGVO.

<sup>29</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Produktion und Fabrikbetrieb findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben,

welche Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

Mit Blick auf den Fachkräftemangel sehen die Befragten hohe administrative Hürden bei der Zuwanderung, auch von Spitzenkräften.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Der Themencluster Produktion und Logistik ist stark mittelständisch geprägt und die Unternehmen leiden nicht nur unter dem Fachkräftemangel, sondern viele inhabergeführte Unternehmen haben auch ein Nachfolgeproblem. Dies

könnte kurz- bis mittelfristig die Unternehmenslandschaft deutlich verändern.

Dazu kommen die hohen Energiekosten und Umweltauflagen, die für manche Produktstandorte inhibitiv hoch werden, wodurch eine Verlagerung ins Ausland wahrscheinlicher wird. Perspektivisch könnte dies bedeuten, dass dann auch die Forschung und Entwicklung ins Ausland verlagert werden.

|                  |   |                |   |
|------------------|---|----------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Kompetenz in den Fertigungsverfahren und im Maschinenbau - insbesondere bei spezifischen Anwendungen</li> <li>Hohe Kompetenz zu Fabrikplanung und -betrieb</li> <li>Anwendende Industrie in D/EU und weltweit ansässig</li> <li>Bestehende Entwicklungspartnerschaften</li> <li>Starke Zulieferindustrie (Tools und Ausrüstung, Rohstoffe und Grundmaterialien)</li> <li>Qualifikation des Personals</li> <li>D als attraktiver Standort für Job nach dem Studium – auch für ausländische Studierende</li> <li>Duales Ausbildungssystem erzeugt hervorragende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter</li> </ul>             | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit für Produktion strategisch angehen (Instandhaltung ist nachhaltig, Recycling ist Basis für geschlossene Wertstoffströme)</li> <li>Zukunftsthemen setzen und besetzen (Energieeffizienz, Rohstoffeffizienz, geschlossene Wertstoff-Kreisläufe, techn. Ausbildung)</li> <li>Ausbildungssystem nutzen, Schule nicht exklusiv Richtung Abitur qualifizieren</li> <li>Aufklärung zu Zusammenhängen zu Technik, Produktion, Wertschöpfungsketten und Wohlstand und den Chancen(!) - schon für Schüler</li> <li>Aufbruchstimmung aus erreichten Zielen der letzten 20 Jahre (Umweltschutz usw.) generieren</li> <li>Die Stimmen aller Techniker müssen laut werden (gemeinsam!) durch Technik</li> </ul> |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gesellschaftliches Ansehen der Produktion sinkt</li> <li>Standorte werden als störend und umweltschädigend angesehen trotz hoher Aufwendungen für Umweltschutz</li> <li>Staatliche und bürokratische Regulierungen sind zunehmend Hemmnisse</li> <li>Technischen Berufen und Studiengängen fehlen zunehmend Absolventen</li> <li>Den politischen Entscheidern fehlt Technik - Knowhow</li> <li>Ostasien und China drängen in den Maschinenbau-Markt - auch mit wahrnehmbarer Innovation</li> <li>Politik kümmert sich um die falschen Themen</li> <li>Deutscher Ansatz zur Perfektion zu langsam für Innovation</li> </ul> | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundstoffindustrie wandert ab (u.a. wg. Energiekosten) und damit Know-How und Arbeitsplätze.</li> <li>Hochspezielle Ausgangsmaterialien müssten im Ausland gekauft werden</li> <li>Medien mit negativer Tonalität zu Fabriken und Standorten</li> <li>Abwanderung „begabter“ Absolventen in D in andere (nicht-technische) Branchen</li> <li>Verbote aus der Politik erzeugen Frust und Widerstand</li> <li>Der deutsche Mittelstand stirbt zuerst, da Wahrnehmung und Perspektive fehlen</li> <li>Gewerkschaftliche und gesellschaftliche Forderungen nach Randbedingungen zu Industriejobs fatal im globalen Wettbewerb</li> </ul>  |

Bild 61. SWOT-Analyse des Bereichs Produktion und Fabrikbetrieb

|                  |   |                |  |
|------------------|---|----------------|--|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Kompetenz in der Logistik, insbesondere bei spezifischen Anwendungen (sowohl Prozesse als auch Technik)</li> <li>Anwendende Industrie (Kunden) weltweit</li> <li>Komplexe Projekte</li> <li>Starke Zulieferindustrie (Stapler, FTS, Lagertechnik, Kräne, Robotik dazu) in D</li> <li>Qualifikation des Personals bei den Herstellern hoch</li> <li>Mannlose Systeme (FTS) in der Logistik „normal“</li> </ul>   | <b>Chancen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kreislaufwirtschaft und Recycling sind Logistik-Themen</li> <li>Zukunftsthemen setzen und besetzen (Digitalisierung, Kreislaufwirtschaft, Automatisierung und Robotik)</li> <li>Mehr Fertigungskapazitäten in D/EU</li> <li>Deutschland ist Technologie-Lieferant und Entwickler für Logistik weltweit</li> <li>E-Commerce weiterhin eine Wachstumsbranche mit zweistelligen Zuwachszahlen</li> </ul>   |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ansehen der Logistikbranche in D nicht hoch</li> <li>Ansehen der technischen Studiengänge und Ausbildungswege zur Logistik weit hinter z.B. Maschinenbau</li> <li>Fachkräftemangel zwingt zu hohen Investitionen in Automatisierung.</li> <li>Hohe bürokratische Hürden, z.B. Einwanderung ist auch für Spitzenkräfte schwierig</li> <li>Geringes Verständnis in der dt. Gesellschaft für die Funktion und die Rolle der Logistik – gilt insbesondere auch für Studien- und Berufswahl dazu</li> </ul> | <b>Risiken</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Weltweit verzweigte Lieferketten (von der Entwicklung bis zur Fertigung und Anwendung)</li> <li>Dilemma: Spezialisierung oder Abdeckung der gesamten Lieferkette?</li> <li>Verfügbarkeit von Ressourcen und Materialien (PFAS)</li> <li>Medien oft mit negativer Tonalität (z.B. Amazon)</li> <li>Amazon kauft gezielt Technologien vom Hersteller-Markt</li> <li>Marode Infrastrukturen bei Bahn, Schiff (Kanäle und Schleusen, Häfen), LKW</li> </ul> |

Bild 62. SWOT-Analyse des Bereichs (technische) Logistik

EaaS (Equipment as a Service) ist unter Umständen ein Geschäftsmodell der deutschen Industrie, das aber nur bei überschaubaren Anlagen sinnvoll ist, für die der Betreiber die Investition scheut.

Für die Großunternehmen liefert das EU Industrial R&D Investment Scoreboard, das einen internationalen Vergleich der Entwicklung der weltweit F&E-aktivsten Unternehmen im Zeitverlauf bietet, entsprechende Zahlen (Bild 63): Wie auch in fast allen anderen Themenclustern stagniert die Entwicklung in den traditionellen Industrienationen, während China ein deutliches Wachstum aufweist. Hinsichtlich der Produktivität liegt China im Themencluster ungefähr gleich auf mit Deutschland, Japan und den USA.<sup>30</sup>

#### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Die befragten Fachleute thematisierten in diesem Zusammenhang insbesondere auch die Frage von Entwicklungsmethoden. Das Mindset in Deutschland ist nach ihrer Einschätzung von Gründlichkeit geprägt, was diametral zu den agilen und schnellen Methoden, die in anderen Regionen der Welt stärkere Verbreitung haben, steht.

#### Ebene 5 – Technologie

Die Stärke der Unternehmen im Themencluster „Produktion und Logistik“ zeigt sich auch in der aktuellen Patentsituation (Bild 64), bei der Deutschland insbesondere im Vergleich zu den europäischen Nachbarn gut abschneidet. Allerdings ist die Anzahl der Patente in den letzten Jahren zurückgegangen: Deutschland hatte im Jahr 2020: 3.814 Patente und weniger als zehn Jahre zuvor, als es noch näher an den USA und Japan lag. Stark zugenommen hat die Patentaktivität in China, Indien und Korea.

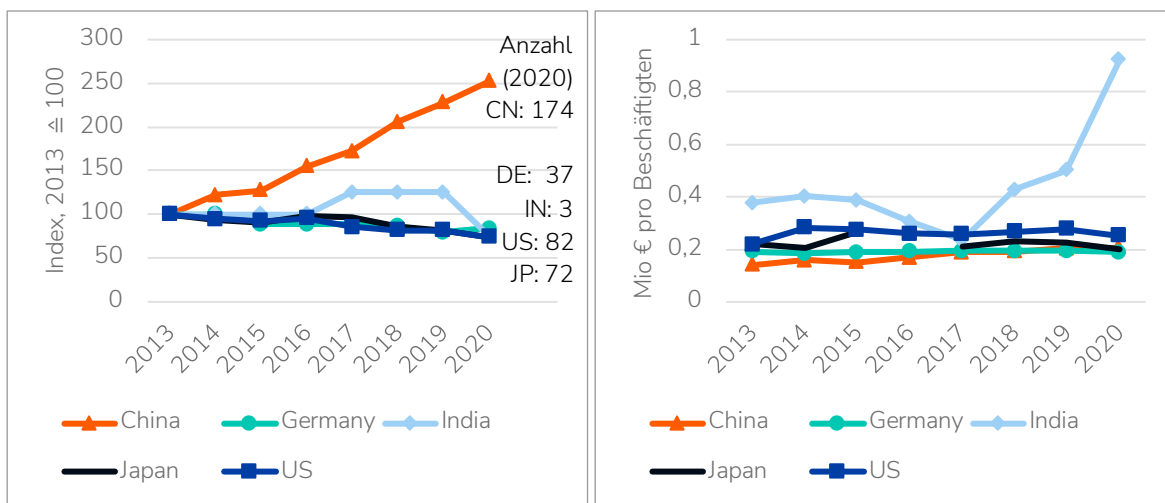


Bild 63.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Produktion und Logistik je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

<sup>30</sup> Die starke Schwankung der Produktivität erklärt sich mit der geringen Anzahl von nur drei indischen Unternehmen im Scoreboard (TOP-2.500-Unternehmen). Fällt ein

unproduktives Unternehmen aus der Liste (oder steigt ein hochproduktives Unternehmen in die Liste auf), kann die durchschnittliche Produktivität stark steigen.



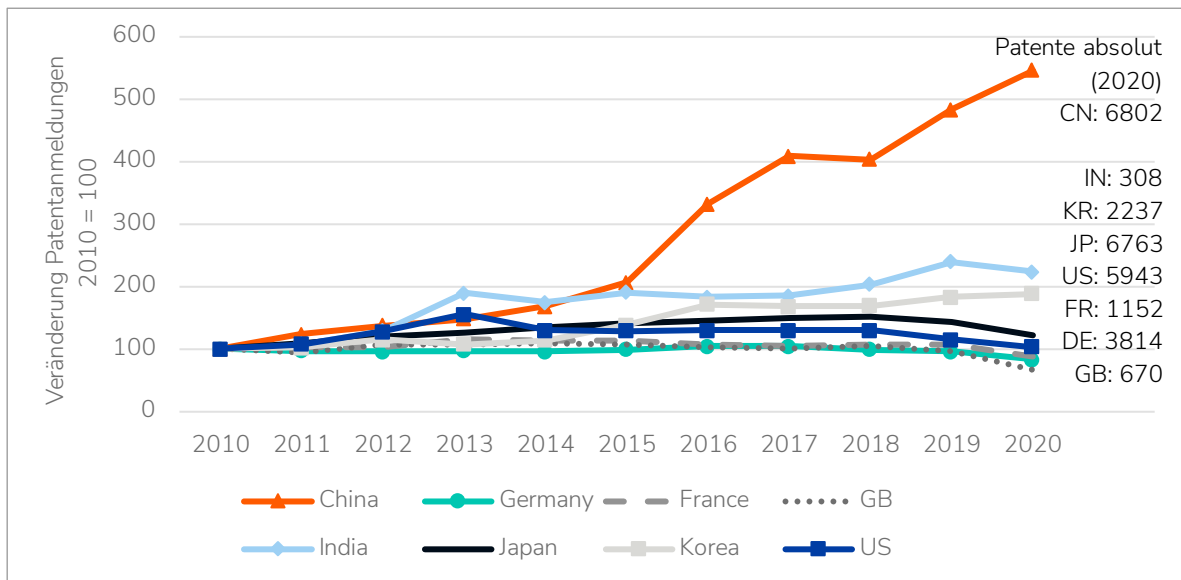


Bild 64. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Produktion und Logistik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

### 3.3.9 Engineering und Methoden

In diesem Themencluster<sup>31</sup> ist eine Kernaufgabe von Ingenieurinnen und Ingenieuren gebündelt. Die Forschung an und Entwicklung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen finden sich im Maschinenbau sowie in allen anderen Branchen wieder. Das Engineering umfasst neben der Neuentwicklung auch die Weiterentwicklung und Optimierung mit Blick auf Qualität, Zeit und Kosten-Nutzen-Verhältnis. Dabei wird eine Vielzahl an Modellen, Methoden, Werkzeugen und Systemen einschließlich der Informationstechnik verwendet.

Deutschland ist nach Einschätzung der Befragten in diesem Themencluster gut aufgestellt. Der Methodenkoffer ist gut gefüllt, das Wissen vorhanden, die Unternehmen agieren professionell. Auch die Forschungslandschaft an Universitäten wie auch in Unternehmen in Deutschland ist sehr stark ausgeprägt.

Einen Überblick über das mit den Fachleuten erarbeitete SWOT-Profil bietet Bild 65.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

### Ebene 1 – Gesellschaft

Die gesellschaftliche Bedeutung und Akzeptanz von Technik und Ingenieurinnen und Ingenieuren scheint zu sinken. Dies spiegelt sich insbesondere auch in den Studierendenzahlen wider. Als Grund wird vermutet, dass junge Menschen kein Vertrauen mehr in die Technologie oder in bestimmte Branchen wie der Automobilindustrie haben. Dabei könnte Technologie Lösungen beispielsweise für die Klimakrise liefern. Dieser Lösungsbeitrag wird jedoch insbesondere unter jungen Menschen und in der öffentlichen Debatte nach Einschätzung der befragten Fachleute nicht hinreichend wahrgenommen. Vielmehr werde gerade durch die sozialen Medien eine Emotionalisierung der Diskussion befördert. Hier sei eine Versachlichung der Diskussion erforderlich.

Hinzu kommt nach Einschätzung der Befragten, dass die Leistungsbereitschaft gerade auch unter jungen Menschen in weiten Teilen abnehme. Es wird eine gewisse Wohlstandssättigung wahrgenommen, die beispielsweise im Streben nach Work-Life-Balance ihren Ausdruck findet. Im Ergebnis lässt auch die Gründungsdynamik nach – Themen wie gute Ideen, Kundennutzen oder auch Lösungen für (globale) Herausforderungen verlieren an Bedeutung.

<sup>31</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Engineering und Methoden findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben,

welche Fachgesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Stärken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wettbewerbsvorteile durch Normung</li> <li>▪ Hochwertige Methoden</li> <li>▪ Hervorragende Ausbildung, breites Wissen</li> <li>▪ Professionell agierende Unternehmen</li> <li>▪ Stark ausgeprägte und breit aufgestellte Forschungslandschaft</li> <li>▪ Hohe Innovationskraft</li> <li>▪ Qualität, Sicherheit und Risikomanagement</li> <li>▪ Deutsches Design</li> </ul>   |
| <b>Chancen</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unternehmertum in Deutschland stärken und Start-Ups unterstützen (inkl. Kapitalbereitstellung)</li> <li>▪ Technologie beurteilen und adressatengerecht kommunizieren</li> <li>▪ Weltweit Engineering-Verbund aufbauen, Stärken einzelner Regionen erkennen und gezielt nutzen</li> <li>▪ Kundenausrichtung verstärken</li> </ul>   |
| <b>Schwächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sinkende Studierendenzahlen verstärken den Fachkräftemangel</li> <li>▪ Geringe Akzeptanz des Ingenieurwesens und fehlendes Vertrauen in Technologie</li> <li>▪ Hoher Lebensstandard =&gt; geringes Engagement</li> <li>▪ Hohe Regulierungen hemmen freien Wettbewerb</li> <li>▪ Hohe Kosten</li> <li>▪ Geringe Geschwindigkeit</li> <li>▪ Defizite in Sprachkenntnissen (insb. Englisch)</li> <li>▪ Historisch gewachsene Infrastruktur</li> </ul> |
| <b>Risiken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abwanderung von Fertigungskapazitäten kann zu sinkendem Wohlstand führen</li> <li>▪ Fehlende Akzeptanz von Ressourcenbedarf</li> <li>▪ Massive Investitionsprogramme von Regierungen im Ausland</li> <li>▪ Verstärktes Engagement aus China und Asien in der internationalen Normung</li> <li>▪ Medien mit populistischer Tonalität</li> <li>▪ Überhöhte Sparmaßnahmen durch Zukunftsängste</li> </ul>   |

**Bild 65. SWOT-Analyse des Themenclusters Engineering und Methoden**

### Ebene 2 – Regulatorik

Mit Blick auf die Regulatorik wurden von den Befragten insbesondere die Aspekte „Normung“, „Regulatorik im internationalen Kontext“ sowie „Forschungsförderung“ thematisiert:

Der aktuell zu beobachtende Rückzug deutscher Unternehmen aus der internationalen Normung führt nach Einschätzung der Fachleute zu einer Verschiebung der Marktsituation. Die deutsche Wirtschaft hatte einen Marktvorteil durch ihre weltweite Tätigkeit auf dem Gebiet der Normung. Allerdings ist in den letzten Jahren ein verstärktes Engagement insbesondere von China und den USA in der internationalen Normung zu erkennen. In deutschen Firmen glaubt man hingegen, durch Ausstieg aus den Normungsgremien Geld sparen zu können. Dadurch entsteht Raum für die Interessen anderer Nationen.

Das CSR-Reporting und seine Auswirkungen auf den Kapitalmarkt sowie das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz wurden gerade im internationalen Kontext als hemmend genannt. Zudem wurde auf die Vereinheitlichung von Grenzwerten und eine technologiebasierte Diskussion über Ländergrenzen hinweg gedrängt. Des Weiteren besteht der Wunsch, nach regulatorischen Ausnahmen, um gerade im Innovationsbereich auch rechtlich experimentieren zu können.

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

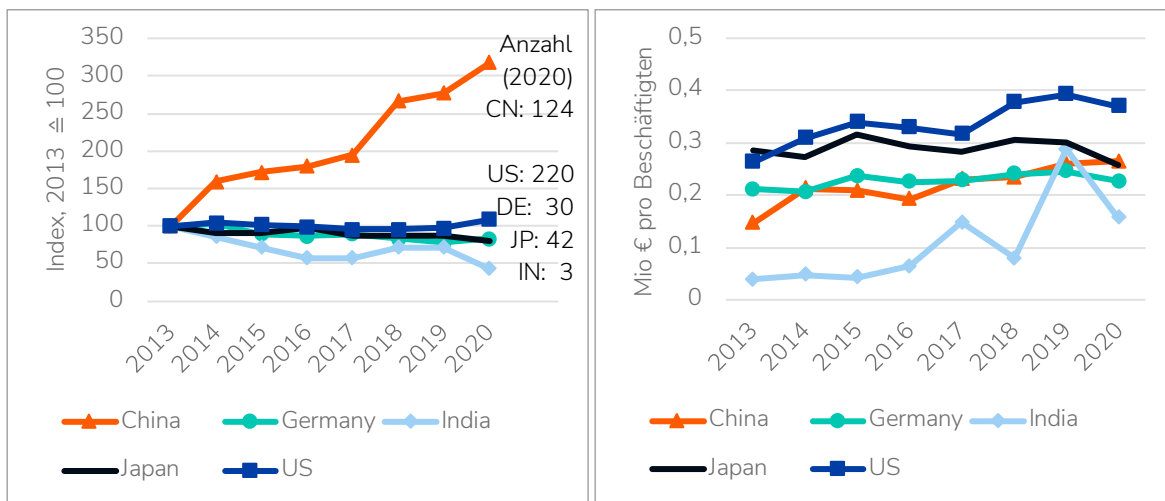
In Bezug auf „Engineering und Methoden“ steht Deutschland insbesondere in der Anwendung

klassischer Methoden sehr gut da. Aber auch Indien wird in diesem Kontext als sehr fortschrittlich genannt. Im Vergleich zu China und den USA besteht ein Rückstand in Bezug auf Digitalisierung, dort befindet sich Deutschland nur im Mittelfeld. Um hier Chancen für Innovationen wahrnehmen zu können, müssen Fähigkeiten und Methoden unbedingt weiterentwickelt werden.

Weil Engineering und Methoden übergreifende Bereiche sind, sind Firmen mit dieser Ausrichtung statistisch schwer zu greifen. Dennoch haben wir eine solche Auswertung gewagt (Bild 66). Dieser zufolge bleibt die Zahl der Firmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard, einer Datenbank der weltweit 2.500 F&E-aktivsten Unternehmen, in Deutschland in den letzten Jahren recht konstant, wie auch in Japan und den USA. Die Produktivität hat sich in den vergangenen Jahren kaum verändert, während die USA und Japan Zuwächse aufweisen. Aufgrund der sehr geringen Zahl indischer Unternehmen im Scoreboard, wobei einzelne Unternehmen am unteren Rand der Liste immer wieder aus dem Scoreboard herausfallen, wenn neue, innovationsstärkere Unternehmen hinzukommen, schwankt deren Produktivität stark.

### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Eine Stärke des Engineerings und der Methoden in Deutschland liegt in traditionellen Bereichen wie Qualität, Sicherheit und Risikomanagement. Risiko wird auch aus Mentalitätsgründen in ver-



**Bild 66. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Engineering und Methoden je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen**

schiedenen Regionen der Welt unterschiedlich beurteilt. Auf der individuellen und ergonomischen Ebene spielen im Engineering und den Methoden Kundenerwartungen eine entscheidende Rolle.

Die Sensibilität für die Erwartungshaltung und die Bedürfnisse der Kundinnen und Kunden muss in Deutschland nach Einschätzung der Befragten gestärkt werden. Entwicklungsarbeit Deutschland gehe oft eher vom Produkt und weniger vom Kundennutzen aus.

### Ebene 5 – Technologie

Deutschland ist an vielen Stellen gut aufgestellt, es gibt aber Verbesserungspotenzial und einen gewissen Nachholbedarf insbesondere in Bezug auf Digitalisierung, Netze und im Verkehr. Bedenklich ist, dass das Thema „Technologieoffenheit“ in der gesellschaftlichen Diskussion eine geringe Rolle spielt. Statt Technologien vorzugeben, so die Befragten, sollte der Lösungsbeitrag einer Technologie stärker im Mittelpunkt der Diskussion stehen.

Dem Themencluster „Engineering und Methoden“ haben wir für unsere Analyse fünf Wirtschaftszweige zugeordnet (siehe Anlage A1 im

Anhang), von denen es nur in einem auch Patente gibt. Daher haben wir in diesem Themencluster auf die Patentanalyse verzichtet.

### 3.3.10 Gesundheit

Im Themencluster Gesundheit<sup>32</sup> wurden für die Analyse die Wirtschaftszweige „Medizintechnik“ und „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“ zusammengefasst. Die großen Bereiche etwa der Gesundheitsversorgung und der medizinischen Dienstleistungen fand bei der Betrachtung des Themenclusters keine Berücksichtigung.

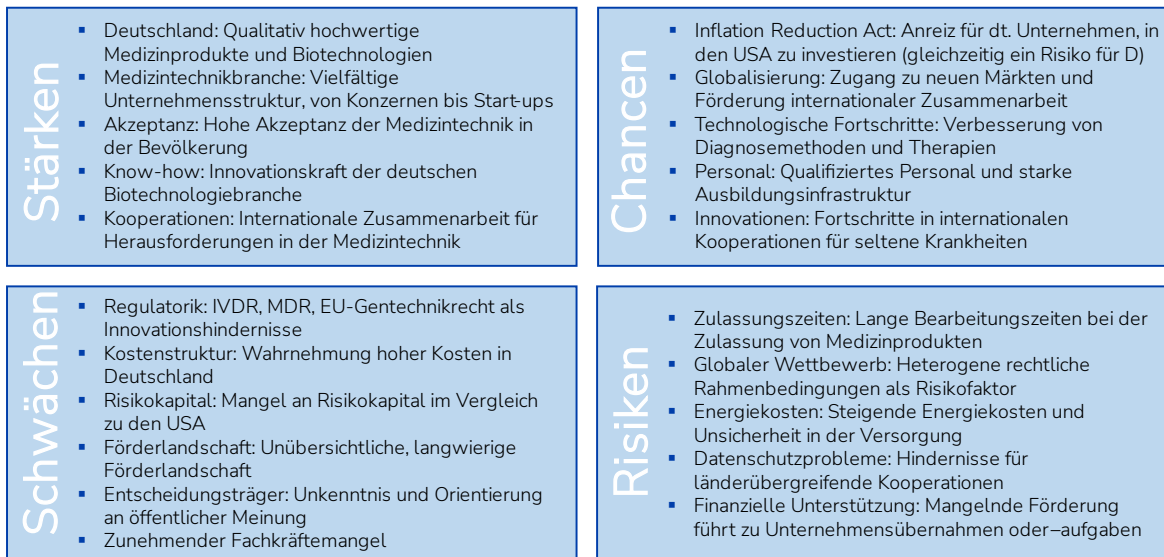
In Deutschland werden qualitativ hochwertige Medizinprodukte und pharmazeutische – insbesondere auch biotechnologische – Erzeugnisse hergestellt. Die Branchenstruktur lässt sich als vielfältig beschreiben und umfasst sowohl große Konzerne als auch Start-ups.

Das Profil des Themenclusters Gesundheit ist in der nachfolgenden SWOT-Analyse (Bild 67) zusammengefasst.

Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

<sup>32</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Gesundheit findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche Fach-

gesellschaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.



**Bild 67. SWOT-Analyse des Themenclusters Gesundheit**

### Ebene 1 – Gesellschaft

Die Medizintechnik hat eine hohe Akzeptanz in der deutschen Bevölkerung und das Risiko-Nutzen-Verhältnis für den Einsatz von Medizintechnik wird weithin positiv bewertet. Problematisch wird es lediglich, wenn Patientinnen oder Patienten angesichts der Vielzahl der Geräte das Gefühl bekommen, sie seien den Geräten ausgeliefert. Die Produktion von Medikamenten und bioaktiven Verbindungen wird ebenfalls generell akzeptiert. Eine kritische gesellschaftliche Auseinandersetzung gibt es insbesondere zu folgenden Punkten:

- Verwendung von bestimmten Materialien in der Medizintechnik, die als nicht unbedenklich eingestuft werden oder zumindest in Diskussion stehen.
- Die Kosten für den Einsatz moderner Medizintechnik im Hinblick auf die Finanzierung des Gesundheitssystems.
- Die Nachhaltigkeit von Medizinprodukten aufgrund des hohen Anteils von Kunststoff, von Einwegprodukten (Disposables) und Verpackungsmaterial.
- Der (zukünftige) Einsatz von KI in der Medizintechnik und daraus resultierende ethische und rechtliche Fragen zur Verantwortungsübernahme.
- Datenschutzfragen durch fortschreitende Digitalisierung.

Im Vergleich zu Deutschland sind nach Einschätzung der Befragten andere Gesellschaften technologieoffener und weniger risikofreudig sowie pragmatischer (insbesondere im Umgang mit Daten), wenn es darum geht, technische Lösungen für Herausforderungen zu finden und anzuwenden.

### Ebene 2 – Regulatorik

Da es im Bereich Gesundheit um Menschenleben geht, ist die Regulierungsdichte einschließlich des Datenschutzes in diesem Themencluster besonders hoch, aber in weiten Teilen auch gut begründet. Dennoch gibt es Rechtsnormen, die von der Gesundheitsbranche als problematisch wahrgenommen werden:

- Die europäische In vitro Diagnostic Medical Device Regulation (IVDR) sowie die Medical Device Regulation (MDR) stellen Unternehmen und die in der Konformitätsbewertung bzw. Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen eingebundenen benannten Stellen in der Umsetzung vor große Herausforderungen mit dem Ergebnis, dass gerade Nischenprodukte mit Ablauf der MDD-Zertifikatsgültigkeit vom Markt genommen werden.
- Das EU-Gentechnikrecht, das als veraltet beschrieben wird.
- Die EU-Novel-Food-Verordnung mit sehr langen Zulassungsprozessen.

Die globalen Anforderungen für die Zulassung von Medizinprodukten gleichen sich jedoch zunehmend an. Zugleich hat sich das Anforderungsniveau in wesentlichen Märkten in der vergangenen Dekade deutlich erhöht, beispielsweise durch die Einführung der MDR für Produkte mit CE-Konformität. Aktuell ist die FDA-Zulassung in den USA einfacher geworden als die MDR-Konformitätsbewertung in Europa, was zu Markverschiebungen führt.

Eine hohe regulatorische Hürde stellen die Anforderungen an klinische Studien dar. Die hohen Kosten und langen Laufzeiten haben einen unmittelbaren Einfluss auf Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Medizinprodukten. Insbesondere die weiterhin nicht vollständig harmonisierten Anforderungen der globalen Zertifizierungsprozesse (z. B. MDR/FDA/NMPA) im Hinblick auf Studiendesign und Patientenpopulation sowie ethische Anforderungen stellen ein Hemmnis für die globale Zulassung von Medizinprodukten dar.

### **Ebene 3 – Ökonomische Aspekte**

Der stete Fortschritt bei den Diagnosemethoden, in der Bekämpfung von Krankheiten und der Versorgung mit technischen Hilfsmitteln führen in Zusammenhang mit der älter werdenden Bevölkerung zu einem hohen Wirtschaftspotenzial des Themenclusters Gesundheit. Es gibt in Deutschland gut qualifiziertes Personal und eine starke Ausbildungsinfrastruktur, die dem Land eine gute Grundlage dafür bietet, auch künftig im Bereich Gesundheitstechnologien auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Struktur der Branche ist aktuell (noch) durch eine Mischung aller Unternehmensgrößen geprägt, darunter auch viele KMU und Start-ups. Dies könnte sich in Zukunft ändern, wenn sich die regulatorischen Anforderungen weiter verschärfen und sich die Vergütungssysteme im Gesundheitswesen immer mehr zu einem „Value-based Care“-Ansatz entwickeln. Dieser weltweit zu beobachtende Trend könnte nach Einschätzung der Befragten sowohl in Deutschland als auch weltweit zu einer Verschiebung in der Unternehmensstruktur führen, tendenziell zum Vorteil von Konzernen und größeren Unternehmen. Dieser Trend wird gerade in Deutschland durch einen – insbesondere im Vergleich

mit den USA – Mangel an Risikokapital weiter forciert. Eine besondere Herausforderung aktuell ist der Inflation Reduction Act in den USA, der auch deutschen Firmen hohe Anreize bietet, in den USA (und damit nicht im Heimatland) zu investieren.

Der Aufstieg Chinas sowie zugleich die Stärke US-amerikanischer Unternehmen zeigt sich auch im EU Industrial R&D Investment Scoreboard, eine Datenbank der weltweit F&E-aktiven Unternehmen (Bild 68). Nicht nur ist die Zahl der Unternehmen in den USA immer noch dreimal so hoch wie in China, sondern die Produktivität dieser Unternehmen ist auch deutlich höher als in allen Vergleichsländern. Deutschland hält seine Position bei Anzahl und Produktivität, kann beides aber auch nicht steigern.

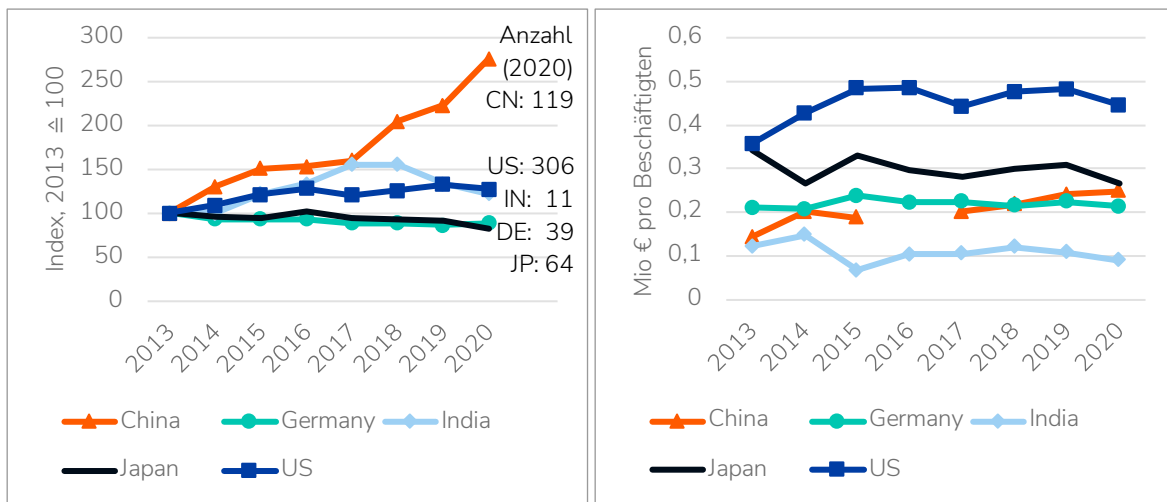
### **Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene**

Auch im Themencluster Gesundheit, insbesondere in der Medizintechnik, rückt die Nutzererwartung immer mehr in den Mittelpunkt von Entwicklungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sehr unterschiedliche Nutzerende (z. B. Ärzteschaft, Pflegepersonal, Patientinnen/Patienten) und Einsatzorte (z. B. Krankenhaus, Praxis, Labor) von Medizinprodukten gibt.

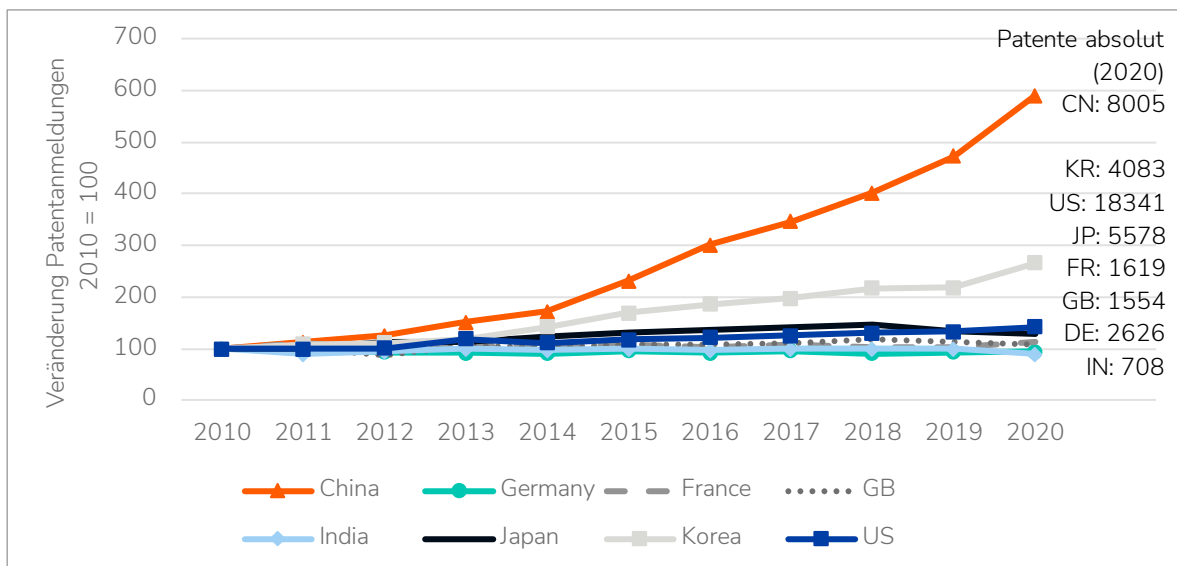
### **Ebene 5 – Technologie**

IP-Schutzrechte sind ein wesentlicher Faktor, um Entwicklungen in der Medizintechnik vor dem Hintergrund der hohen Entwicklungskosten überhaupt wirtschaftlich umsetzen zu können. Im Hinblick auf den globalen Wettbewerb sind die heterogenen rechtlichen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Ländern eine Herausforderung. In der Medizintechnik stören insbesondere lange Bearbeitungszeiten bei der Zulassung. Im Extremfall wird eine Zulassung erteilt, wenn das Patent gerade abläuft. Ursache ist die völlige Überlastung der wenigen MDR akkreditierten Benannten Stellen.

Wie auch bei der Auswertung von Unternehmensanzahl und Produktivität zeigt sich in der Patentanalyse die große Stärke der USA im Themencluster Gesundheit. Diese liegen mit 18.341 Patentanmeldungen mit großem Abstand vorn. Aber auch China und Korea legen



**Bild 68.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Gesundheit je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen**



**Bild 69. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Gesundheit, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)**

stark zu. Die Patentanmeldungen aus Deutschland liegen über denen der europäischen Nachbarn, haben aber absolut und relativ leicht abgenommen (Bild 69).

### 3.3.11 Landtechnik

Die Landtechnikbranche in Deutschland ist größer und wichtiger als die Größe Deutschlands vermuten lässt. Diese ist historisch gewachsen und es ist der Branche weitgehend gelungen, den Anschluss an große Agrarnationen zu

halten. Im VDI ist die Landtechnik mit dem VDI-Fachbereich Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik vertreten.

Die SWOT-Analyse in Bild 70 stellt das Profil des Themenclusters Landtechnik<sup>33</sup> im Überblick dar: Der Themencluster lässt sich anhand der fünf Analyseebenen wie folgt charakterisieren:

<sup>33</sup> Die für die statistische Analyse genutzte Zuordnung von WZ-Klassen zum Themencluster Landtechnik findet sich im Anhang. Dort ist auch angegeben, welche Fachgesell-

schaften an den Interviews zum Themencluster beteiligt waren.

## Ebene 1 – Gesellschaft

Der Einsatz moderner Landtechnik findet in Deutschland tendenziell eine hohe Akzeptanz. Diese Akzeptanz zeigt sich in der breiten Nutzung moderner landwirtschaftlicher Technologien, die von den meisten Landwirtinnen und Landwirten begrüßt werden. Landmaschinen haben auch ein breites gesellschaftliches Interesse geweckt. Die Akzeptanz ist auch deswegen hoch, da viele Technologien sowohl in der konventionellen als auch in der ökologischen Landwirtschaft Anwendung finden. Zugleich erfordert die Landtechnik eine kontinuierliche Anpassung und Integration sozialer und ökologischer Gesichtspunkte, um den Herausforderungen der Landwirtschaft und der Umwelt gerecht zu werden.

Ein gesellschaftlich diskutiertes Thema ist die Verdichtung der Böden durch landwirtschaftliche Maschinen. Trotz vieler technischer und ackerbaulicher Maßnahmen lässt sich bei stetiger Erhöhung der Leistungsfähigkeit und damit in der Regel auch erhöhtem Maschinengewicht eine zunehmende Belastung des Bodens nur begrenzt vermeiden – etwa durch Raupenlaufwerke; die durch eine vergrößerte Aufstandsfläche den Bodendruck senken. Vor diesem Hintergrund wird ein „Technologiebruch“ hin zu mehreren kleineren unbemannten Maschinen für möglich gehalten.

Insgesamt ist, so die Einschätzung der Fachleute, die Akzeptanz moderner Landtechnik in

Deutschland im Vergleich zum Ausland tendenziell etwas höher, aber die globalen Trends – insbesondere Technologien wie GPS-gesteuerte Traktoren, intelligente Erntemaschinen und Präzisionslandwirtschaft – weisen auf eine verstärkte Nutzung und Akzeptanz dieser Technologien auch im Ausland hin, da sie dazu beitragen, die landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit weltweit zu verbessern.

## Ebene 2 – Regulatorik

Die Politik spielt eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft der Landwirtschaft und Landtechnik. Verlässliche strategische Aussagen der Politik zur Zukunft der Tierhaltung in Deutschland und Europa sind von grundlegender Bedeutung. Diese Aussagen bilden die Grundlage für Forschungsbemühungen, den zukünftigen Technologietransfer und Investitionen in diesen Bereichen.

Die Landtechnikindustrie hat sich auf internationale Normen ausgerichtet und arbeitet aktiv in der ISO mit. Diese internationale Ausrichtung trägt zur Harmonisierung und Qualitätssicherung der Produkte bei und ermöglicht es, weltweite Märkte effizienter zu bedienen. Um dem dortigen Protektionismus zu begegnen, ist die Interessenvertretung durch die Politik von entscheidender Bedeutung. Die Landtechnik profitiert vom freien Handel und fairen Wettbewerbsbedingungen.



Bild 70. SWOT-Analyse des Themenclusters Landtechnik

### Ebene 3 – Ökonomische Aspekte

Die Landtechnikindustrie am Standort Deutschland zeigt sich in bester Verfassung dank kontinuierlich hoher Zuwachsraten im Auftragseingang. Die Zahl der Beschäftigten (Wirtschaftszweig 28.3) hat von 33.000 im Jahr 2014 auf 41.000 im Jahr 2022 stetig zugenommen.

Neben wenigen Großunternehmen ist die Branche in Deutschland stark mittelständisch aufgestellt. Diese Unternehmen sind auf vielen Gebieten Hidden Champions. In Deutschland sind nicht nur wichtige Hersteller von Landtechnik angesiedelt, sondern hier sind mit der Agritechnica und der EuroTier die Weltleitmesse auf diesem Gebiet präsent. Mit Claas ist eine deutsche Firma der fünftgrößte Landtechnikhersteller der Welt (Tabelle 3).

Drei wichtige internationale Konzerne (John Deere, Kubota und AGCO) haben Entwicklungszentren und zentrale Produktionsstätten in Deutschland.

Besonders die mittelständischen deutschen Landtechnikhersteller Krone (Umsatz 2023 2,5 Mrd. Euro), Horsch (Umsatz 2023 0,9 Mrd. Euro) und Lemken (Umsatz 2023 0,6 Mrd. Euro) sind in den vergangenen Jahren jährlich zweistellig gewachsen.

### Ebene 4 – Individuelle und ergonomische Ebene

Die Landtechnik orientiert sich stark an den Nutzenden, weil die Kundschaft meist auch dieser Gruppe angehört. Die Entwicklung von einfachen Benutzungskonzepten ist für den Erfolg sehr wichtig. Besonders wenn man daran denkt,

dass die Maschinen immer komplexer geworden sind. Da die Landwirtschaft international betrachtet sehr unterschiedlich ist, müssen die Mensch-Maschine-Schnittstellen entsprechend gestaltet werden und die sich aus der Internationalisierung ergebenden Anforderungen berücksichtigen.

### Ebene 5 – Technologie

Die deutsche Landtechnikbranche ist von einer hohen Innovationsleistung – insbesondere auch im Bereich der Digitalisierung – geprägt. Dies zeigt sich auch an der Patententwicklung. Die Landtechnikbranche ist im Bereich IP sehr aktiv. Patente spielen eine bedeutende Rolle für den technologischen Fortschritt in der Landtechnik. Landtechnikunternehmen setzen auf Patente, um ihre Investitionen in neue Technologien abzusichern. Das schafft Wettbewerbsvorteile und sichert Marktanteile.

Ein Blick in die weltweite Patensituation zeigt, dass Deutschland gerade auch im europäischen Vergleich gut dasteht. Patente aus Deutschland haben zugenommen, aber nicht so stark wie in den außereuropäischen Ländern (Bild 71). In Relation zur landwirtschaftlichen Fläche im eigenen Land steht Deutschland gut da.

Es gibt teilweise Kritik an Patenten in der Landtechnik, insbesondere wenn es um Fragen der Ernährungssicherheit und des Zugangs zu Technologien für kleinere Landwirte in Entwicklungsländern geht. Ein ausgewogener Umgang mit Patenten ist daher von großer Bedeutung, um sicherzustellen, dass der technologische Fortschritt in der Landtechnik sowohl ökonomisch als auch gesellschaftlich nachhaltig ist.

Tabelle 3. Die größten Landtechnikhersteller weltweit (Quelle: Agrarheute 2019)

|                | Land           | Umsatz (Mrd. USD, 2018) |
|----------------|----------------|-------------------------|
| John Deere     | USA            | 37,34                   |
| CNH Industrial | Großbritannien | 29,71                   |
| Kubota         | Japan          | 16,57                   |
| AGCO           | USA            | 9,40                    |
| Claas          | Deutschland    | 3,89                    |



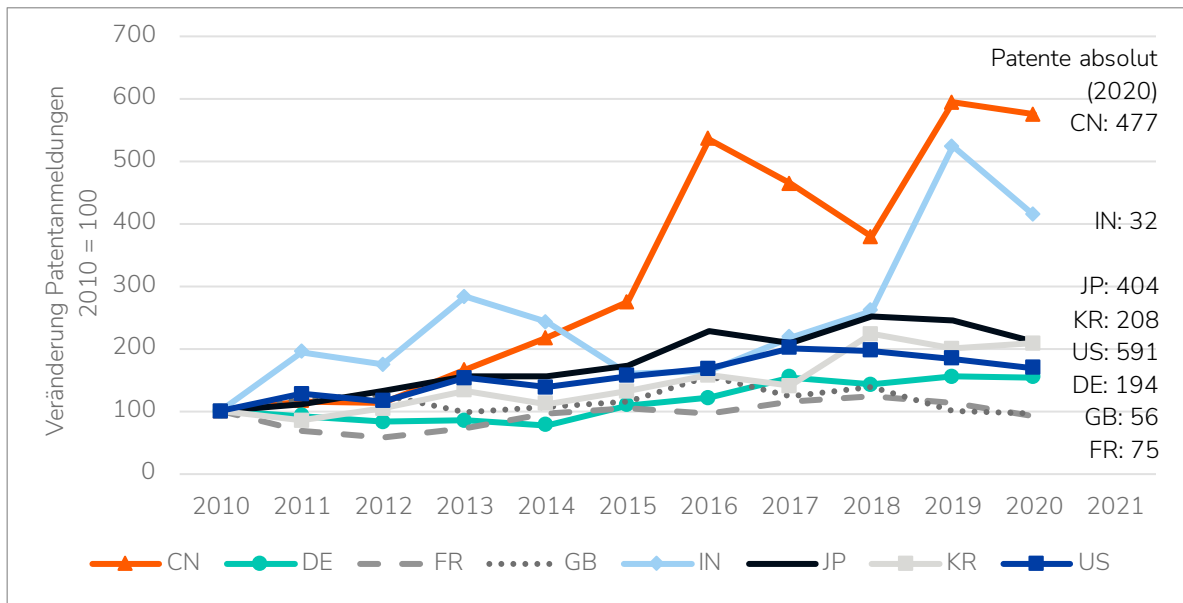


Bild 71. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Landtechnik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

# 4 Die Perspektive der VDI Young Engineers

## 4.1 Ziel, Methodik und Vorgehensweise

Angesichts des Fachkräftemangels in Deutschland und der im Vergleich zu den starken Baby-boomer-Jahrgängen schwächer besetzten jüngeren Jahrgänge spielen die Nachwuchskräfte eine entscheidende Rolle für die zukünftige technologische Stärke Deutschlands. Um in die Betrachtung der Lage Deutschlands auch die Sicht jüngerer Ingenieurinnen und Ingenieure einzubeziehen, wurde ein Online-Fragebogen mit geschlossenen und offenen Fragestellungen (Freitextantworten) entwickelt und ein Aufruf zur Mitwirkung an die Mitglieder des Netzwerks VDI Young Engineers (ca. 18.000 Studierende und Young Professionals) verschickt. 290 Personen haben den Fragebogen vollständig ausgefüllt, davon 122 Studierende und 168 Berufseinsteigende. Der Zeitraum der Befragung war vom 12.10. bis 26.10.2023.

## 4.2 Die wichtigsten Ergebnisse

Wie oben dargestellt, hatten die befragten VDI Young Engineers sowohl die Möglichkeit, auf geschlossene Fragen zu antworten als auch ihre Antworten zu kommentieren. Dabei zeichnen insbesondere die Freitextantworten ein Bild der aktuellen Wahrnehmung des Stärken-Schwächen-Profiles Deutschlands:

Mit Blick auf die Wettbewerbsfähigkeit wurden in erster Linie die Fachkräfte genannt: ihre Anzahl, Erfahrung, die gute Ausbildung, aber auch die Weiterbildungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten. Am zweithäufigsten fanden sich in den Antworten Anmerkungen zu Qualität, Präzision, Sicherheit und Langlebigkeit der Produkte. Die Forschung und Entwicklung, sowohl in Hochschulen als auch in Unternehmen, wird von vielen als Stärke gesehen. Dazu kommt die gute geografische Lage innerhalb Europas, die die Vernetzung über die Landesgrenzen hinaus erleichtert, sowie das Image deutscher Produkte in der Welt, auch wenn von sehr vielen der befragten Fachleute einschränkend angemerkt

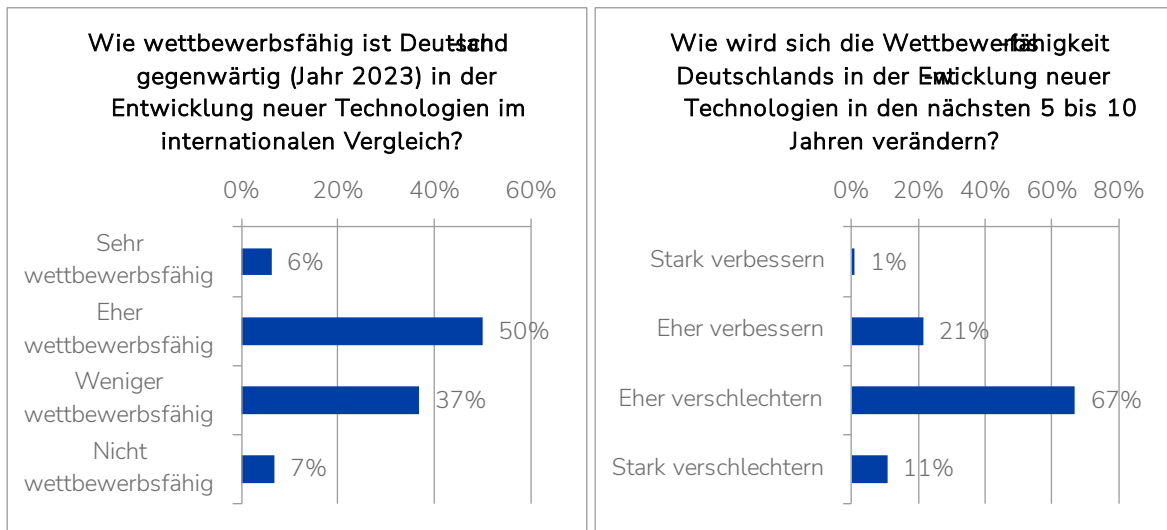
wurde, dass Deutschland in dieser Hinsicht von alter Stärke zehrt.

Darüber hinaus wurden auch der Mittelstand, die Diversität der Wirtschaft, die (noch) recht gute Infrastruktur, die Work-Life-Balance, aber auch die öffentliche Versorgung, die Rechtssicherheit und die Regulierung als Stärke aufgeführt; konkret wurden als Vorteile bei der Regulierung genannt:

- Arbeitnehmerrechte und -absicherung,
- Verbraucherschutz,
- Datenschutz,
- Umweltschutz,
- sowie Patente, Normen und Richtlinien.

Nach Einschätzung der Befragten steht Deutschland auch genau für die Dinge, die sie als Stärke des Landes sehen, also besonders für langlebige, zuverlässige, sichere und vertrauenswürdige technologische Produkte, weniger aber für besonders innovative und besonders nachhaltige Technologien. Dabei ist Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern nicht besonders schnell in der Entwicklung und Vermarktung neuer Technologien.

Der Standort ist jedoch gefährdet, wenn man die Wettbewerbsfähigkeit betrachtet: Nur 6 % schätzen Deutschland bei der Entwicklung neuer Technologien als sehr wettbewerbsfähig ein, 7 % dagegen als „nicht wettbewerbsfähig“, der Rest liegt dazwischen (siehe Bild 72 links). Drei Viertel der Befragten erwarten eine Verschlechterung dieser Situation, während nur 1 % eine deutliche Verbesserung annimmt. Dadurch verortet ein Drittel der Befragten Deutschland in zehn Jahren nicht mehr unter den führenden Innovations- und Industriestandorten. Fast alle Befragten sind der Meinung, dass technische Innovationen für den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg und Wohlstand in Deutschland wichtig bis sehr wichtig sind.



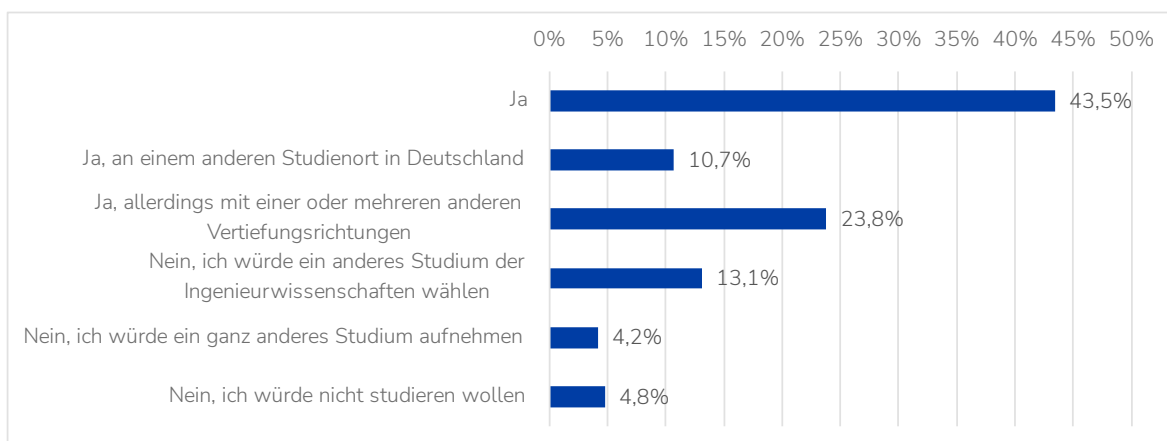
**Bild 72. Einschätzung der derzeitigen und künftigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands**

Die VDI Young Engineers haben auch Vorschläge gemacht, wie der Innovationsstandort Deutschland gestärkt werden kann, vor allem eine bessere Bildung durch mehr Lehrkräfte und eine Stärkung der MINT-Fächer sowie höhere Investitionen in Innovationen, z. B. durch öffentliche Förderung. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Reduktion von Auflagen und Bürokratie, z. B. (aber nicht ausschließlich) für Gründungen. Nicht zuletzt werden mehrfach geringe Energiepreise genannt, zugleich aber auch die Dekarbonisierung der Wirtschaft und der Fokus auf nachhaltige Technologien.

Deutschland wird bisher noch als attraktiv zum Leben und Arbeiten angesehen. Rund ein Viertel gab zwar „weniger attraktiv“ und 4 % „gar nicht attraktiv“ an, jedoch fanden 18 % Deutschland „sehr attraktiv“ und gut die Hälfte „eher attraktiv“. Als Gründe für die Attraktivität wurden das gute Sozialsystem, die gute Bezahlung und Work-Life-Balance sowie der hohe

Lebensstandard genannt, zudem die gute Infrastruktur, die Sicherheit und die angenehmen klimatischen Bedingungen. Als Nachteile wurden die hohe Abgabenlast, hohe Lebenshaltungskosten in Zusammenhang mit sinkender Kaufkraft, sowie eine hohe Regulierungsdichte hervorgehoben.

Die 168 Berufseinsteigenden wurden auch nach der Relevanz der Studieninhalte für ihren Beruf befragt. 38 % waren der Meinung, dass ihr Studium sie ausreichend gut auf ihre heutige berufliche Tätigkeit vorbereitet hat, 54 % fanden, dass dies teilweise der Fall war, aber immerhin 9 % konnten dies nicht behaupten. Die Ingenieurausbildung ist also im Großen und Ganzen gut, jedoch gibt es immer wieder auch Ingenieurinnen und Ingenieure, denen ihr Studium in der Arbeitswelt nicht weiterhilft. Immerhin würden rund 90 % wieder ein Ingenieurstudium wählen (Bild 73).



**Bild 73. Antworten auf die Frage: Würdest Du Dein Studium noch einmal so absolvieren?**

# 5 Die Perspektive der Frauen im Ingenieurberuf

## 5.1 Daten und Fakten

Deutschland hat einen vergleichsweise geringen Frauenanteil (ca. 20 %) an denen, die ICT-Studiengänge absolvieren. Indien sticht hier sehr hervor mit einem fast ausgeglichenen Geschlechterverhältnis. Für China liegen keine Daten vor. Im MINT-Bereich sieht es ähnlich aus (Bild 74), jedoch ist der Frauenanteil in allen Ländern geringfügig höher.

Mit Blick auf Frauen in technischen Berufen liegen im internationalen Vergleich kaum Daten mit entsprechend gutem Detaillierungsgrad vor. In Deutschland betrug der Frauenanteil in Ingenieurberufen 2022 19,6 %, mit einer Schwankungsbreite zwischen 28,2 % in Berlin und 15,9 % im Saarland (Quelle: VDI/IW (2023) Ingenieurmonitor). In den Ostdeutschen Bundesländern ist die Quote traditionell höher als in den westdeutschen, jedoch haben sich die Zahlen der Ingenieurinnen im Westen im Zehnjahresvergleich deutlich erhöht, sodass deutschlandweit heute 69 % mehr Frauen in Ingenieurberufen tätig sind als 2012.

Insgesamt ist auch die Erwerbsbeteiligung von Frauen geringer als die von Männern. In Deutschland liegt sie wie in Großbritannien, den USA, der Schweiz und Frankreich bei rund 85 % des Niveaus der Erwerbsbeteiligung der Männer (Daten: World Bank 2023b). Japan, Korea und Italien liegen bei 70 % bis 75 %, China bei 60 % (www.china-briefing.com, zuletzt abgerufen am 29.02.2024) und Indien bei nur 37 % (alle Daten außer China: World Bank 2023b). Dabei steigen in allen Ländern diese Zahlen langsam, nur in Indien scheint sie zu stagnieren (Datenlage dürftig) und in China ist die Zahl der erwerbstätigen Frauen zurückgegangen.<sup>34</sup>

Die Erwerbstätigkeit von Frauen hängt stark davon ab, welche Regelungen es Frauen nach der Kinderbetreuungsphase leicht machen, wieder in den Beruf zurückzukehren. Deutschland hat im internationalen Vergleich geringe Mutterschutzzeiten, dafür aber eine 100%-Gehaltsübernahme. Das Land weist im internationalen Vergleich durchschnittliche Zeiten für bezahlte Elternzeiten auf (OECD 2023d). Der Anteil an Familien, in denen ein Partner/eine Partnerin nicht oder nur Teilzeit arbeitet, ist hier besonders hoch.

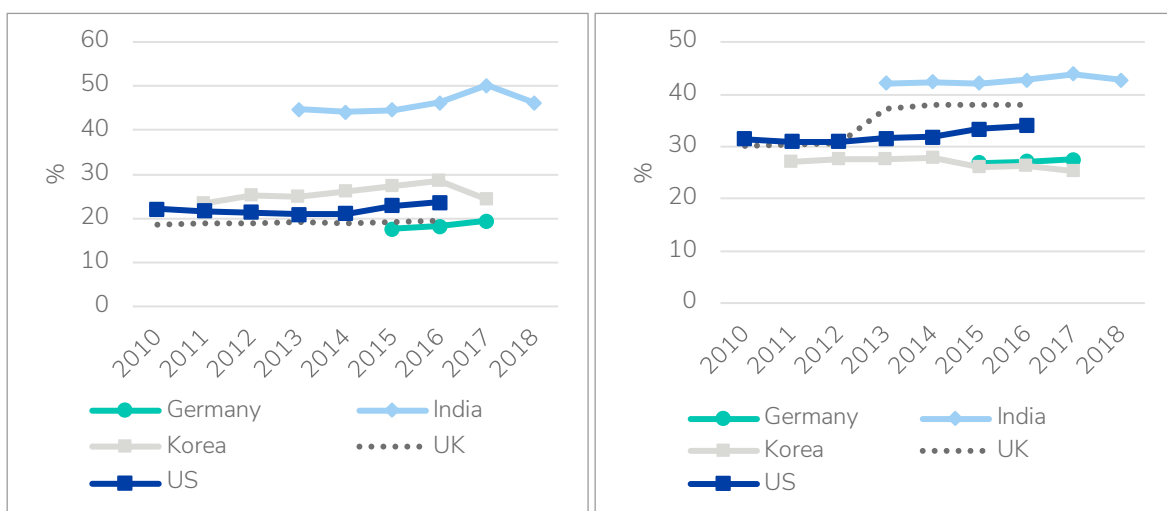


Bild 74. links: Frauenanteil der Personen, die ICT-Studiengänge absolviert haben, rechts: MINT-Studiengängen, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

<sup>34</sup> <https://www.china-briefing.com/news/china-verabschiedet-neues-gesetz-zum-schutz-von-frauen-die-wichtigsten-erkenntnisse-fur-arbeitgeber/>, zuletzt abgerufen am 29.02.2024

wichtigsten-erkenntnisse-fur-arbeitgeber/, zuletzt abgerufen am 29.02.2024

## 5.2 SWOT-Analyse

Ergänzend zu den oben zusammengestellten Daten und Fakten wurde im VDI-Netzwerk „Frauen im Ingenieurberuf“ die aktuelle Situation in Deutschland anhand einer SWOT-Analyse diskutiert, deren Ergebnisse nachstehend zusammengefasst sind.

### Stärken

- Die gesetzlichen Regelungen, die gesellschaftliche Diskussion und der höhere Anteil von Ingenieurinnen unter den Zuwandernden befördern das Ziel, den Frauenanteil in den technischen Berufen zu erhöhen. Beispielsweise sind die häufiger werdenden sogenannten Bindestrich-Ingenieur-Studiengänge (z. B. Umwelt-Verfahrenstechnik) für beide Geschlechter attraktiv und erhöhen die Zahl der Frauen in MINT-Studiengängen.
- Vielfalt hat einen positiven Einfluss auf die Innovationsfähigkeit von Unternehmen: Diverse Teams in Unternehmen und Organisationen mit hohem Frauenanteil bringen andere Perspektiven und Vorgehensweisen in technische Projekte ein, die zu innovativen Entscheidungen und Lösungen führen.
- Es gibt zudem inzwischen einen höheren Anteil von Frauen mit einem technischen Hintergrund, die wieder in den Arbeitsmarkt integriert werden können (NeuStartMINT, Back2Job in Hannover).

### Chancen

- Zunehmend erkennen Unternehmen und Organisationen den Wert von Vielfalt und Inklusion, was zu mehr Chancen für Frauen im Ingenieurberuf führt. Aufgrund des Personal- und Fachkräftemangels ist die Einstellung von Frauen für Unternehmen auch unverzichtbar. Homeoffice/mobiles Arbeiten ermöglicht dabei Frauen mit Kindern, flexibler wieder in den Beruf einzusteigen.
- Zusätzlich gibt es explizite Programme und Initiativen, die darauf abzielen, Frauen für den Ingenieurberuf zu begeistern und im

Beruf zu unterstützen, wie VDI-WoMentoring oder NeuStartMINT, Back2Job in Hannover.

- Durch ihre Präsenz dienen Ingenieurinnen als Vorbilder für Schülerinnen und andere Frauen und können das Interesse an technischen Berufen wecken und fördern (z. B. Ingenieurin der Woche).

### Schwächen

- Es gibt immer noch viele Vorurteile und Stereotypen, die Frauen im Ingenieurberuf behindern. Zudem werden insbesondere Frauen durch nicht ausreichende Kinderbetreuung in Deutschland daran gehindert, flexibel und mit vollem Einsatz kreativ im Berufsleben zu agieren. Dasselbe gilt für die Betreuung älterer Menschen.
- Vielfach fehlt die intrinsische Motivation der Unternehmen für die Steigerung des Frauenanteils auf allen Ebenen, dazu werden zumindest für eine begrenzte Zeit regulatorische Vorgaben benötigt.
- Aus den genannten Gründen sind Frauen in vielen technischen Bereichen unterrepräsentiert, was zu einem Mangel an Vorbildern und Unterstützung führt. Manchmal treten Frauen auch weniger selbstbewusst auf, sodass ihre Ideen nicht gewürdigt werden.

### Risiken

- Geschlechterungleichheit und Vorurteile schränken den Zugang von Frauen zu Karriereöglichkeiten im Ingenieurberuf ein. Kampagnen zur Erhöhung des Interesses von Frauen an den Ingenieurwissenschaften orientieren sich nicht an den Wünschen und Bedürfnissen von jungen Frauen. Zudem besteht die Gefahr, dass Frauen aufgrund von Stereotypen und Vorurteilen nicht ernst genommen oder unterschätzt werden.
- Der Mangel an weiblichen Vorbildern, Unterstützungssystemen und Netzwerken hindert Frauen daran, ihr volles berufliches Potenzial zu entfalten.

# 6 Regionale Perspektiven

## 6.1 Ziele und Methodik

Wenn man den technologischen und wirtschaftlichen Status quo Deutschlands beschreiben will, darf eine regionale Betrachtung nicht fehlen. Zu groß sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern und die daraus abgeleiteten Befunde. Das Ziel ist hier also, die Themencluster bezogene Darstellung durch eine regionale Betrachtung zu ergänzen.

Methodisch wurde – wie auch bei der Untersuchung der Themencluster – die Befragung von Fachleuten aus der Regionalorganisation des VDI durch eine Indikatorenbetrachtung (Lagebild anhand von Lokalisationskoeffizienten) ergänzt. Dabei dienten die Ergebnisse der Indikatorenbetrachtung als Gesprächseinstieg in die Befragung. In den Befragungen herausgearbeitet wurden insbesondere mögliche Gründe für das Lagebild. Es wurden Wirkungszusammenhänge erörtert und Vorschläge für die Stärkung der Region erfragt. Aufgrund der Interviewsituation sind die Ergebnisse stark von den persönlichen Einschätzungen und Erfahrungen der beteiligten Fachleute geprägt.

Als Indikatoren wurde die Zahl der Beschäftigten in den jeweiligen Themenclustern und Bundesländern erhoben (Daten der Bundesagentur für Arbeit 2023). Für die Darstellung der Lage wurde der Lokalisationskoeffizient berechnet. Der Lokalisationskoeffizient beschreibt, wie stark eine Branche (oder in unserem Fall ein Themencluster) in einer Region verglichen mit der Branche in ganz Deutschland ist.<sup>35</sup> Wenn er 1 beträgt, ist der Themencluster in der Region genauso stark, wie er in ganz Deutschland ist. Ist er größer als 1, so ist er stärker als im bundesweiten Durchschnitt, es liegt also eine Spezialisierung vor. Ist er kleiner als 1, ist der Themencluster schwächer vertreten als im bundesweiten Durchschnitt. Dieser Lokalisationskoeffizient (y-Achse) wird in einer Grafik dargestellt, in der auch das Beschäftigungswachstum des Themenclusters über acht Jahre (2014–2022) hinweg (x-Achse) sowie seine absolute Größe

im Jahr 2022 (Größe der Kreise in der Grafik) dargestellt wird. Ein großer Kreis im oberen rechten Quadranten ist demnach eine große Branche mit starkem Wachstum, die in dem betrachteten Bundesland besonders stark ist. In den Grafiken sind der besseren Lesbarkeit wegen die Bezeichnungen der elf Themencluster teilweise verkürzt dargestellt worden. Es ist jedoch immer der vollständige Themencluster wie in Anlage A1 im Anhang dargestellt gemeint.

Folgendes muss bei der Interpretation der Zahlen berücksichtigt werden: Wenn die Anzahl der Unternehmen einer Branche in einer Region so gering ist, dass aus der amtlichen Statistik ein Rückschluss auf die Anzahl der Mitarbeiter möglich wäre, werden die Zahlen in der amtlichen Statistik aus Vertraulichkeitsgründen nicht ausgewiesen. Wir weisen in der Darstellung für die einzelnen Bundesländer jeweils darauf hin, wenn ein solcher Fall vorliegt.

Die Interviews waren leitfadengestützt mit einer Dauer von 60 bis 90 Minuten. Sie wurden protokolliert und den Teilnehmenden zur Abstimmung und Freigabe vorgelegt. Die Teilnehmenden bekamen zuvor die Grafiken, die als Lagebild darstellen, wie das Bundesland in den elf Themenclustern dasteht. Damit verbunden war eine ausführliche Erläuterung, wie die Darstellungen zum Lagebild zu lesen sind. Die Leitfragen lauteten wie folgt:

1. Welche Befunde des Lagebilds (Lokalisationskoeffizienten) haben Sie erwartet, welche sind für Sie überraschend?
2. Welche Faktoren (Standort, Fachkräfte, Wissensbasis, Ressourcen, Rechtsrahmen etc.) erachten Sie als relevant, um das Lagebild zu erklären?
3. Welche Erwartungen haben Sie für die Zukunft?
  - a. In einem optimistischen Szenario?
  - b. In einem pessimistischen Szenario?

<sup>35</sup> Die genaue Berechnung lautet: Anteil der in einer Branche Beschäftigten an allen Beschäftigten *in der Region*

geteilt durch den Anteil der in derselben Branche Beschäftigten an allen Beschäftigten *in ganz Deutschland*.

4. Was müsste in Ihrer Region geschehen, damit sich ein optimistisches Szenario realisieren lässt?
5. Welche Bedingungen würden ein pessimistisches Szenario wahrscheinlicher werden lassen?

Die Auswertung erfolgte sowohl übergreifend (Abschnitt 6.2) als auch auf Ebene der einzelnen Bundesländer (Abschnitt 6.3). Für die übergreifende Auswertung wurden die Kernaussagen aus den Gesprächsprotokollen zusammengefasst und daraus die nachstehenden Themenfelder (Relevante Faktoren, Handlungsfelder, To dos, 2050) mit Kernaussagen abgeleitet. Jedes Thema, das mindestens in drei verschiedenen Interviews genannt wurde, wurde als relevant gewertet.

## 6.2 Übergreifende Auswertung

### Relevante Faktoren

Die technologische Stärke und Zukunftsfähigkeit einer Region werden vom Zusammenspiel von Schlüsselfaktoren geprägt: Weil hochqualifizierte Fachkräfte mobil und knapp sind, werden sie dort arbeiten wollen, wo es für sie attraktiv ist. Demnach sind attraktive Lebensbedingungen, also ausreichender und bezahlbarer Wohnraum sowie eine große Offenheit bzw. gute Willkommenskultur essenziell. Wenn eine Region ein (geförderter) Wissensstandort ist und ausreichend hohe Bildungsinvestitionen hat, entsteht in der Region auch viel neues Wissen, das für eventuelle Innovationen zur Verfügung steht. Wenn dann auch noch die Gründungsförderung ausreichend vorhanden ist (Informationen, Geld, Beratung etc.), dann sind die Chancen hoch, dass auch über die Gründungsdynamik viel Wissen in der Region verbleibt und Innovationen entstehen. Des Weiteren sind für die Unternehmen strukturelle Bedingungen relevant (Fläche, Ressourcen) sowie eine hohe Resilienz, z. B. in Bezug auf Lieferketten und den Strukturwandel.

### Handlungsfelder

Der Umgang mit dem Fachkräfte- und Arbeitskräftemangel sowie die Komplexität des rechtlichen Rahmens sind Handlungsfelder, die politisch Verantwortliche bearbeiten müssen. Desgleichen wird erwartet, dass steigenden Produktionskosten, vor allem bei der Energie, entgegengewirkt wird und die Voraussetzungen für eine sich weiter verstärkende Dynamik bei der Digitalisierung geschaffen werden.

### To dos

Daraus ergeben sich einige konkrete Aufgaben für die Regionen: Infrastrukturinvestitionen, vor allem im Verkehr, müssen getätigt werden, die Bürokratie muss moderner gestaltet werden und eine Planbarkeit der Produktionskosten (vor allem Energie) muss gewährleistet sein. Nachwuchsförderung in den Ingenieurberufen angesichts der sinkenden Studierendenzahlen in den Ingenieurwissenschaften ist ebenso wichtig wie die Beobachtung internationaler Wachstumsmärkte und deren möglicher Einfluss auf die regionale Wirtschaft. Nicht zuletzt gilt es, als Region sichtbar zu sein.

### Perspektive 2050

Im Hinblick auf die Zukunft müssen die Regionen grundlegende Voraussetzungen wie Nachhaltigkeit und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, insbesondere mit Blick auf Überflutung und Wassermangel, managen. Darüber hinaus ist die Identifikation von Zukunftsthemen und -investitionen von zentraler Bedeutung für eine langfristig erfolgreiche Wirtschaft. Die Regionen sehen insbesondere bei Schlüsselindustrien und -technologien der Zukunft Handlungsbedarf.

## 6.3 Ergebnisse nach Bundesländern

Einen Überblick über die wichtigsten Stärken und Herausforderungen, die in den Interviews genannt wurden, bietet Tabelle 3. Diese Ergebnisse werden in den nachfolgenden ausführlichen Betrachtungen (Abschnitt 6.3.1 bis Abschnitt 6.3.15) weiter ausdifferenziert.

Tabelle 4. Stärken und Herausforderungen der Regionen im Überblick

| Bundesland/<br>Region  | Stärken   | Herausforderungen   |
|------------------------|---|---|
| Schleswig-Holstein     | Wachstum im Bereich Energie, Klima und Umwelt sowie im Gesundheitssektor, starke Ortsverbundenheit von Fachkräften  | Gefahr, im Wettbewerb um Fördermittel ins Hintertreffen zu geraten  |
| Hamburg                | attraktiver Wissenschaftsstandort mit intensiver Start-up-Szene, Wachstum im Luftfahrtsektor  | Optimierung der Verkehrsinfrastruktur sowie Lösungen für die knapper werdenden Flächen z. B. für Industrieansiedelungen                         |
| Mecklenburg-Vorpommern | Wachstum in der Medizintechnik und enge Verknüpfung mit Uni Kliniken als Wachstumsfaktor  | Verbleib von Absolventinnen/Absolventen im Bundesland   |
| Bremen                 | Wachstum im Bereich Mobilität und Raumfahrt sowie Energie, Klima und Umwelt   | Tempo bei der Digitalisierung und Komplexität der Richtlinien beim Bauen  |
| Niedersachsen          | Wachstum in den Bereichen Automation/Digitalisierung sowie Robotics   | Ausbau der Verkehrsinfrastruktur  |
| Berlin-Brandenburg     | attraktiver Standort vor allem im Themencluster Gesundheit, Wachstum im Bereich Energie, Klima, großer öffentlicher Sektor  | bezahlbarer Wohnraum, Wassermanagement und Bildungspolitik  |
| Sachsen-Anhalt         | chemische Industrie sowie das Wachstum im Bereich Verfahrens- und Medizintechnik  | schwach ausgeprägte Unternehmerschaft und hoher Anteil energieintensiver Industrien; (noch) geringe regionale Verwurzelung von Neuansiedelungen |
| Nordrhein-Westfalen    | Stärke im Bereich Automation und Wachstumserwartungen in der Mikroelektronik  | unklare Rahmenbedingungen vor allem bei Energie, Klima und Umwelt   |
| Thüringen              | krisensichere Weltmarktführer im Bereich Optik  | Wassermanagement und räumliches Profil  |
| Sachsen                | starke und spezifische KMU-Landschaft sowie Stärken in der Fahrzeugtechnik und der Mikroelektronik;<br><br>im Wettbewerb um Fachkräfte im Bereich der Mikroelektronik dürfte Dresden/Sachsen Standortvorteile haben | starke internationale Abhängigkeit (traditionell insb. von Russland und China), gerade bei kritischen Rohstoffen                                |
| Hessen                 | Stärken in den Themenclustern Produktion und Logistik sowie Automation und Verfahrenstechnik, Wachstum auch im Bereich Gesundheit, Flughafen Frankfurt als internationales Drehkreuz                                | stark rückläufige Studierendenzahlen  |
| Rheinland-Pfalz        | Stärken im Agrar- sowie im Gesundheitssektor, KMU als Weltmarktführer   | Gefahr, im Wettbewerb um Fördermittel ins Hintertreffen zu geraten, Ausbau der Verkehrsinfrastruktur erforderlich                               |



| Bundesland/<br>Region | Stärken  | Herausforderungen  |
|-----------------------|--|--|
| Saarland              | Willkommenskultur (insb. im IT-Bereich), vergleichsweise hohe Resilienz gegen Klimawandel aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten, verfügbare Flächen für Unternehmensansiedlungen aufgrund des stattfindenden Strukturwandels verfügbar. | Abzug von Großunternehmen mit unklarer Nachfolge, schwierige Positionierung im internationalen Umfeld, geringe Diversität und damit hohe Abhängigkeit mit der Folge struktureller Krisen   |
| Baden-Württemberg     | Stärken in den Themenclustern Mobilität und Engineering, Wachstum bei Gesundheit („Medical Valley“) und Automation   | Aufholen bei Automotive- und Batterie-technologien, KI und Robotik mit Blick auf internationale Wettbewerber erforderlich.<br><br>KMU im Land könnten gegenüber Großunternehmen bei der Förderung (vgl. Ansiedelungen von Intel oder Tesla in Ostdeutschland) ins Hintertreffen geraten. |
| Bayern                | Starke Industrie in den Bereichen Mobilität und den vorgelagerten Wertschöpfungsketten. Lokale Energieerzeugung stellt eine Chance dar. Der Mittelstand ist insgesamt stark, auch außerhalb der Wertschöpfungsketten der Großindustrie.  | Rohstoffabhängigkeit, Reparaturstau in der Infrastruktur; Gefahr, dass Bayern im Ansiedlungswettbewerb gegenüber Sachsen oder Sachsen-Anhalt ins Hintertreffen gerät.  |

### 6.3.1 Schleswig-Holstein

#### Lagebild der Themencluster

Betrachtet man die Beschäftigtenzahlen, ist Schleswig-Holstein in zwei technologischen Themenclustern spezialisiert, und zwar in der Gesundheit sowie im Bereich Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt (Bild 75). Letzterer ist dabei auch einer der großen Themencluster im Land (Windenergie). Der Themencluster Bauen und Infrastruktur ist insgesamt der größte und er liegt im Bundesdurchschnitt.

#### SWOT-Analyse

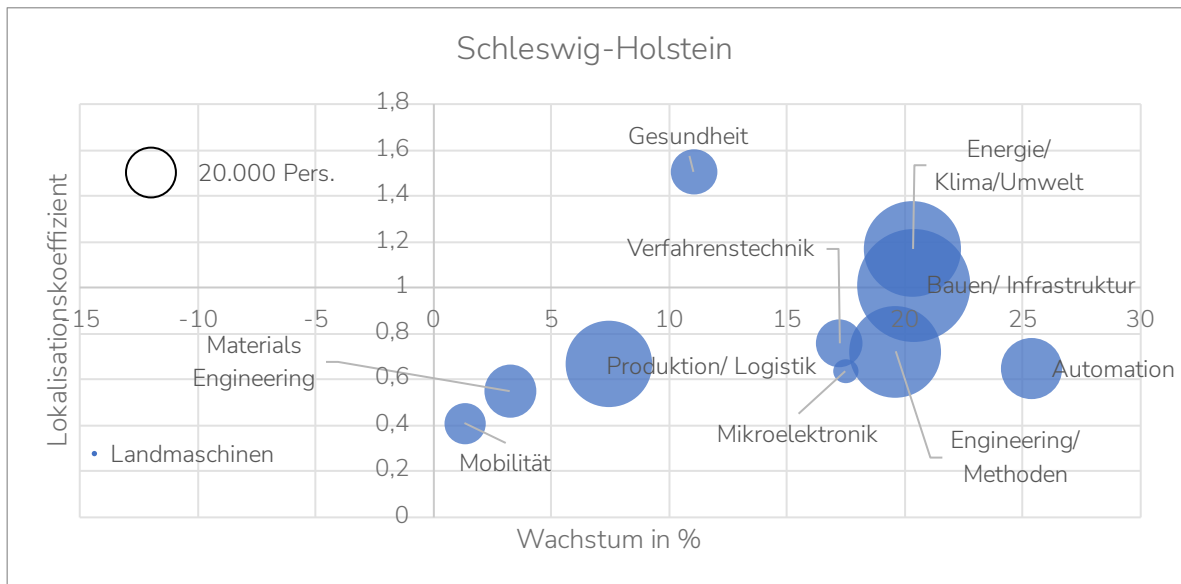
##### Stärken

Schleswig-Holstein hat viele Traditionsunternehmen mit starker regionaler Verwurzelung. Der Innovationsraum Itzehoe mit dem Fraunhofer IZET ist attraktiv für Unternehmen im Bereich F&E. Die überdurchschnittliche Ausprägung des Themenclusters Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt wird den natürlichen Voraussetzungen für z. B. Windenergie zugeschrieben.

##### Chancen

Das Thema Gesundheit wird von der Landesregierung stark vorangetrieben. Es ist zudem ein langfristig wachsender Bereich aufgrund der demografischen Entwicklung.

Ein Wachstumsschub wird durch die Ansiedlung einer Batteriefabrik (Northvolt) erwartet, deren Realisierung zum Zeitpunkt des Inter-



**Bild 75. Lagebild der Themencluster in Schleswig-Holstein nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

views zu 90 % als sicher eingeschätzt wird.<sup>36</sup> Ein Vorteil von Schleswig-Holstein als Batterie-standort dürfte auch in Zukunft die große Verfügbarkeit von grünem Strom sein.

### Schwächen

Der Bereich Mikroelektronik ist zwar wachsend, aber von den Beschäftigungszahlen her nicht so stark ausgeprägt wie im Bundesdurchschnitt. Als Grund hierfür wurde von den Interviewpartnern angeführt, dass die Mikroelektronik in Schleswig-Holstein durch skandinavische Nischenanbieter geprägt sei, während in anderen Bundesländern große US-amerikanische und taiwanische Firmen dominieren, die einen breiteren Markt bedienen.

### Risiken

Die Unterfinanzierung gefährdet aus Sicht der Befragten die Hochschullandschaft in Schleswig-Holstein und damit die Ausbildung benötigter Fachkräfte sowie die Innovationskraft der Region.

Außerdem sei die Bürokratie – wie in Deutschland insgesamt – ein Hemmschuh für Innovationen und unternehmerische Tätigkeiten.

## 6.3.2 Hamburg

### Lagebild der Themencluster

In Hamburg liegt bei Betrachtung der Beschäftigtenzahlen eine Spezialisierung in den Themenclustern Digitalisierung und Automation, Engineering und Methoden sowie Mobilität vor (Bild 76). Digitalisierung und Automation ist dabei ein großer Bereich, der zudem zwischen 2014 und 2022 stark gewachsen ist. Im Bereich Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt sind ebenfalls viele Personen beschäftigt und er ist auch gewachsen, jedoch ist der Lokalisationskoeffizient unterdurchschnittlich. Die Landtechnik ist in Hamburg nicht vertreten.

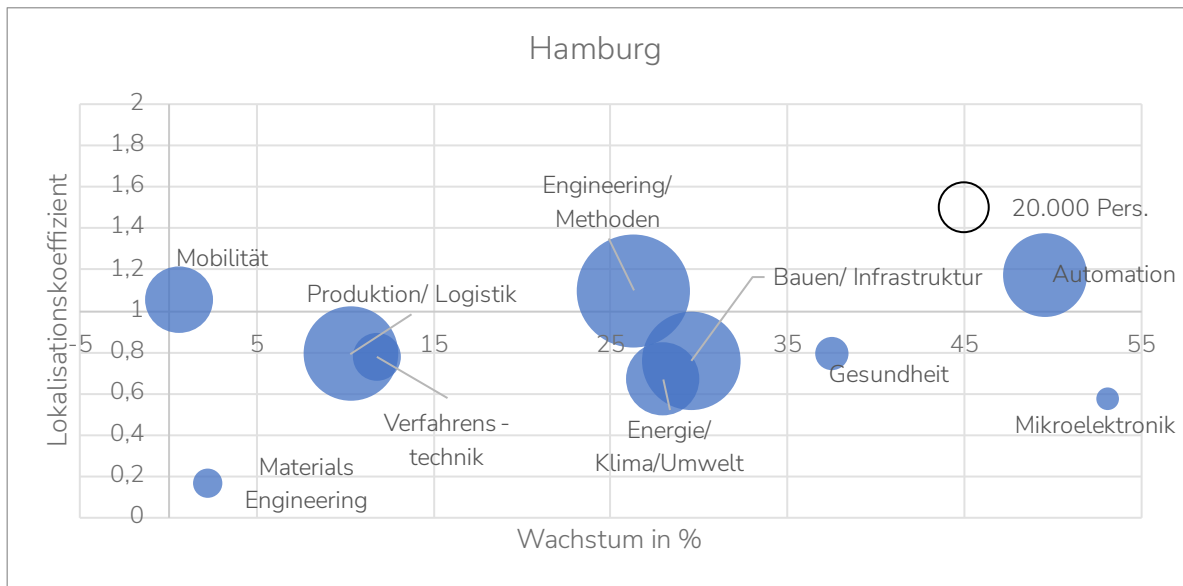
### SWOT-Analyse

#### Stärken

Hamburg ist ein starker Luftfahrtstandort mit gut aufgestellten Wertschöpfungsketten. Die hohe Diversität des Unternehmensbestands leistet einen Beitrag zu Resilienz und beugt Strukturkrisen vor. Die Förderung des Wirtschaftsstandorts führte zu zahlreichen Unternehmensansiedelungen und -gründungen, auch aus dem Wissenschaftsbereich, sowie zur Entwicklung einer VC-Kultur.

<sup>36</sup> Zwischenzeitlich hat Northvolt den Bau einer Fabrik für Elektroauto-Akkus beschlossen. In dieses Vorhaben

sollen in den kommenden Jahren 4,5 Mrd. Euro investiert werden.



**Bild 76. Lagebild der Themencluster in Hamburg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

Hamburg ist ein attraktiver Hochschulstandort, Absolventinnen und Absolventen bleiben in der Hansestadt. Die Beschäftigung steigt seit Jahren deutlich. Es gibt nach wie vor Zuzüge, die durch Faktoren wie eine Willkommenskultur, noch vergleichbar geringe Lebenshaltungskosten und ein gutes Schulangebot begünstigt werden.

### Chancen

Die in Hamburg gelingende Energiewende setzt Wachstumsimpulse.

Es wird weiteres Wachstum des Luftfahrtclusters erwartet, nicht zuletzt, weil sich Markteintrittsbarrieren für Start-ups verringern könnten. Chancen auf Wachstum bestehen laut den Interviewpartnern auch in der Biotechnologie und den Materialwissenschaften.

Die Stärkung der Digitalisierung an den Hochschulen sowie gute Möglichkeiten zur Weiterqualifikation von Fachkräften sind ebenfalls Chancen für die Hansestadt.

### Schwächen

Die geringe Flächenverfügbarkeit sorgt für hohe Flächenkonkurrenz.

Weiterhin gibt es Diskrepanzen zwischen verfügbaren und nachgefragten Fachkräften, insbesondere im IT-Bereich. Hier besteht Bedarf an hochwertiger Weiterbildung.

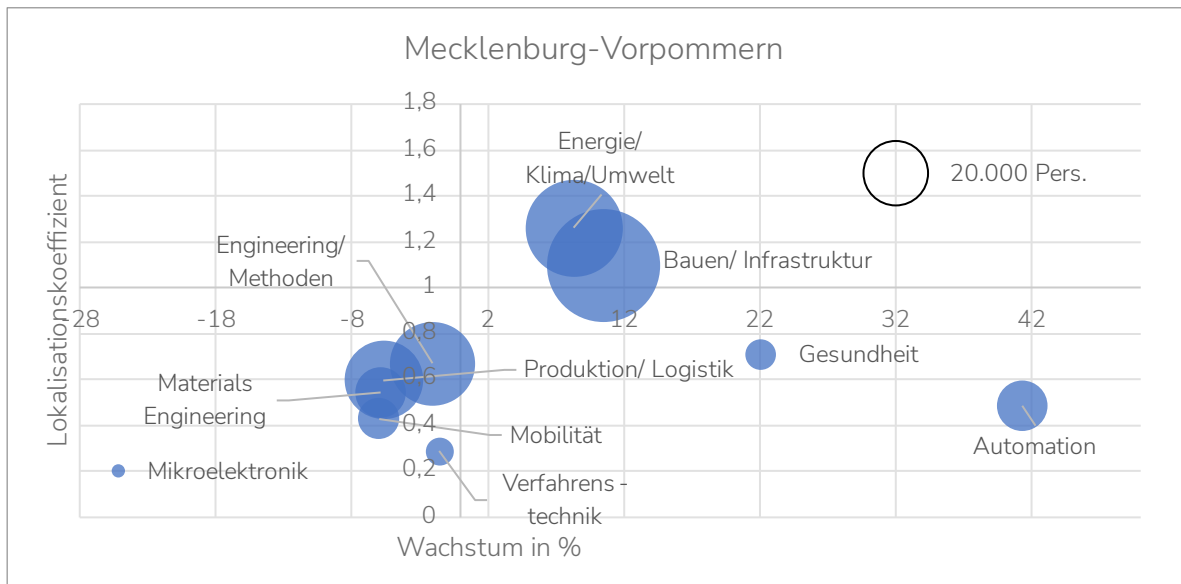
Die abnehmenden Studierendenzahlen in den Ingenieurwissenschaften könnten zukünftig Innovation und Wachstum hemmen. Zudem ist das Hochschulsystem aus Sicht der Befragten unterfinanziert, Professuren in den Ingenieurwissenschaften würden oft nicht nachbesetzt; das Hochschulsystem sei zudem zergliedert.

### Risiken

Die Abwanderung von Unternehmen aufgrund der Flächenrestriktionen birgt Risiken, ebenso wie eine möglicherweise scheiternde Zusammenarbeit bei Zukunftsthemen wie Wasserstoff über Ländergrenzen hinweg. Eine Überforderung der Verkehrsinfrastruktur könnte negative Effekte insbesondere auf die Wirtschaft haben.

Weiterhin birgt das Ausbleiben von Lösungen für die hohen Energiepreise in der Stahl- und Aluminiumindustrie sowie in der Kupferverhüttung Risiken.

Langfristig ist der Klimawandel ein Risiko für die Küstenstadt, ein Ansteigen des Meeresspiegels hätte katastrophale Folgen.



**Bild 77. Lagebild der Themencluster in Mecklenburg-Vorpommern nach Beschäftigtenzahlen; Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

### 6.3.3 Mecklenburg-Vorpommern

#### Lagebild der Themencluster

Wie Schleswig-Holstein hat Mecklenburg-Vorpommern dank der Windenergie (und künftig der grünen Wasserstofftechnologie) einen Schwerpunkt in dem wachsenden Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt, sowie im Bereich Bauen und Infrastruktur (Bild 77). In allen anderen Bereichen liegt der Lokalisationskoeffizient jedoch deutlich unter eins, das Land ist also eher schwach in diesen Themenclustern. Die Landtechnik ist auch in Mecklenburg-Vorpommern nicht vertreten.

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Mecklenburg-Vorpommern hat seine Stärken im Bereich der Maritimen Industrie und der Hafengewirtschaft sowie der Medizintechnik (z. B. Implantate), letzteres durch die Nähe zu Krankenhäusern, insbesondere der Hochschulmedizin in der Region. Die starke Hochschulmedizin wird auch für die Zukunft als Wachstumstreiber wahrgenommen.

##### Chancen

Die maritime Wirtschaft bleibt auch in der Zukunft eine Chance für Wachstum. Dazu kommt

die stark wachsende Branche der Erneuerbaren Energien, in der sich Mecklenburg-Vorpommern als Standort für grüne Wasserstofftechnologie bereits positioniert.

Die Digitalisierung bietet Chancen insb. für den ländlichen Raum. Dieser wird zudem durch die Reaktivierung von Bahnstrecken künftig besser angebunden sein.

Wenn es dem Bildungssystem gelingt, besser als früher für technische Berufe zu begeistern, ist dies ebenfalls eine Chance für den Standort. Studienabbrechende werden zunehmend für technische Ausbildungsberufe gewonnen. Dies mildert den Fachkräftemangel und stärkt die technischen Berufe ganz allgemein.

##### Schwächen

Bislang gibt es in Mecklenburg-Vorpommern wenig produzierendes Gewerbe. Internationale Konzerne haben sich gegen den Standort entschieden u. a. aufgrund des Fach- und Arbeitskräftemangels. Denn bisher gibt es (zu) wenige Absolventinnen/Absolventen sowohl in technischen Studiengängen als auch in technischen Ausbildungsberufen, die zudem nach dem Studium häufig das Land verlassen. Das Lohnniveau ist geringer als in anderen Bundesländern.

## Risiken

Die angekündigte Krankenhausreform könnte zur Schwächung des Medizintechnikclusters führen.

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass Standortentscheidungen für große Unternehmensinvestitionen (vergleichbar Intel in Magdeburg oder TSMC in Dresden) weiterhin nicht für Mecklenburg-Vorpommern fallen.

Die Baubranche durchläuft eine Krise, was die Infrastrukturentwicklung weiter hemmen und zu deutlichen Wachstumsverlusten führen könnte.

### 6.3.4 Bremen

#### Lagebild der Themencluster

Bremen ist in den Themenclustern Digitalisierung und Automation sowie Produktion und Logistik spezialisiert (Bild 78). Letzteres liegt wegen des Hafens und des dazugehörigen Hinterlandverkehrs nahe. Beides sind zudem Bereiche mit wachsenden Beschäftigtenzahlen. In mehreren wachsenden Bereichen ist Bremen nicht weit unter dem bundesdeutschen Durchschnitt spezialisiert, hier wären Ansatzpunkte für künftige Spezialisierungen. Die Landtechnik ist in Bremen nicht vertreten.

Die Spezialisierung im Cluster Mobilität wird in der statistischen Darstellung untererfasst, da aus Datengründen ein großer Arbeitgeber in der amtlichen Statistik nicht ausgewiesen wird (vgl. auch Erläuterung zu Bild 78).

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Bremen wird mit Unternehmen wie Airbus, Ariane, Mercedes und OHB als starker Standort für die Mobilitätsindustrie wahrgenommen (vgl. hierzu die Erläuterung zur statistischen Untererfassung des Themenclusters). Ebenso ist es beim Cluster „Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt“, für den starkes Wachstum sowohl in der Windenergie als auch beim grünen Wasserstoff erwartet wird.

Die Zukunftsthemen sind durch Hochschulstudiengänge gut abgedeckt. Zudem gibt es eine beispielhafte Willkommenskultur und eine gut

aufgestellte Gründerszene.

Die Industrieparks verfügen über gute infrastrukturelle Anbindungen und können daher Firmen für die Region gewinnen.

##### Chancen

Für den Flugzeugbau und in der Raumfahrt wird starkes Wachstum erwartet. Weitere Wachstumsfelder sind die Geothermie, Bionik wie auch Wasserstoff, für den Bremen ein Hub werden könnte.

Eine bessere Vernetzung der Industrieparks untereinander wird angestrebt sowie ein Ausbau der (Schienen-)Infrastruktur, was Chancen eröffnet. Zudem gibt es Veränderungen in den Bebauungsplänen mit Mischformen „Industrie/Wohnbebauung“, die die Flächennutzung flexibilisieren können.

Der Anteil Studierender, die nach Studienabschluss in Bremen bleiben, beginnt zu steigen.

##### Schwächen

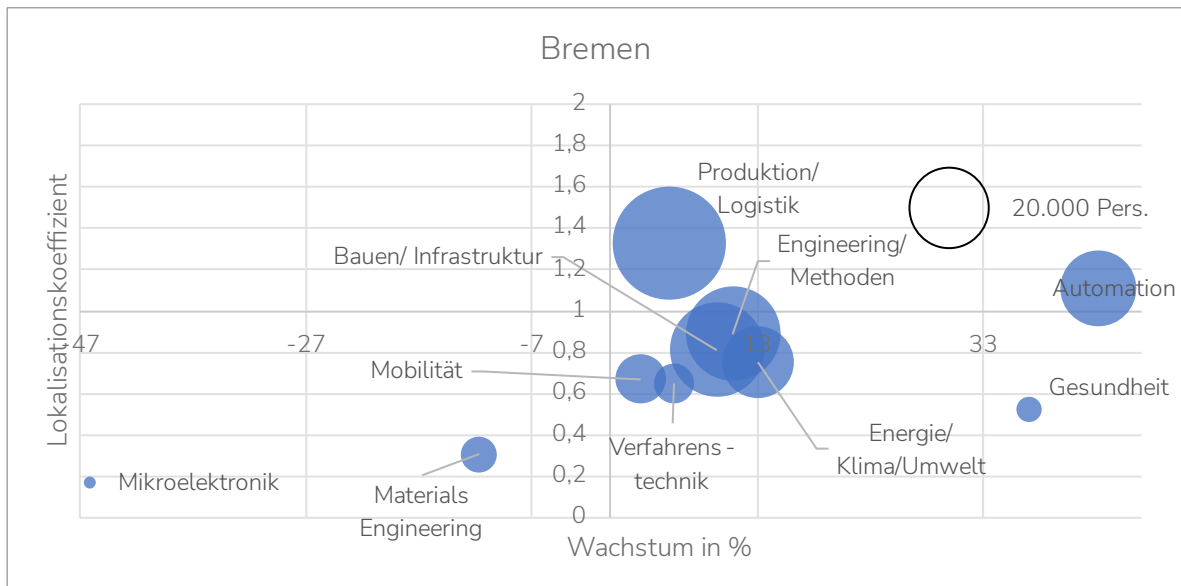
Die Schwächen Bremens sind überwiegend solche, die auch bundesweit eine Schwäche sind: Fach- und Arbeitskräftemangel, schleppende Digitalisierung, hohe Baukosten, und langwierige Genehmigungsverfahren. Dennoch sind sie in Bremen im Vergleich zu den benachbarten Bundesländern stark ausgeprägt. Hervorzuheben sind die schwierigen Genehmigungsverfahren im Baubereich.

Der Mittelstand zieht aufgrund des beschränkten Flächenangebots bereits heute ins Umland, also nach Niedersachsen, wodurch Bremen besonders von seinen wenigen Großunternehmen abhängig ist.

##### Risiken

Die starke Abhängigkeit von Schlüsselunternehmen wie Airbus oder Mercedes ist und bleibt ein Risiko. Gerät eines dieser Unternehmen in die Krise, trifft dies den gesamten Standort.

Zu geringe Flächenverfügbarkeit könnte zudem das Wachstum begrenzen; auch bei den Industrieparks.



**Bild 78. Lagebild der Themencluster in Bremen nach Beschäftigtenzahlen<sup>37</sup>, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

### 6.3.5 Niedersachsen

#### Lagebild der Themencluster

Niedersachsens deutlichste Spezialisierung liegt in der Landtechnik, auch wenn diese absolut gesehen kein sehr großer Themencluster ist (Bild 79). Weitere Spezialisierungen liegen in der Mobilität, der Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt und dem Themencluster Bauen und Infrastruktur vor. Der kleine Themencluster Mikroelektronik ist bezogen auf die Beschäftigten so deutlich kleiner geworden (-22 %), dass der Punkt außerhalb der Grafik liegt.

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Niedersachsen hat eine starke Automobilindustrie mit den dazugehörigen Wertschöpfungsketten (Materials Engineering, Produktion und Logistik) und ist stark in der kleinen, aber international bedeutsamen Landtechnik.

##### Chancen

Neue Technologien in den Bereichen Wasserstoff und künstliche Intelligenz bieten Wachstumschancen wie auch eine weitere Stärkung der Digitalisierung und Automation, beispielsweise durch Robotics.

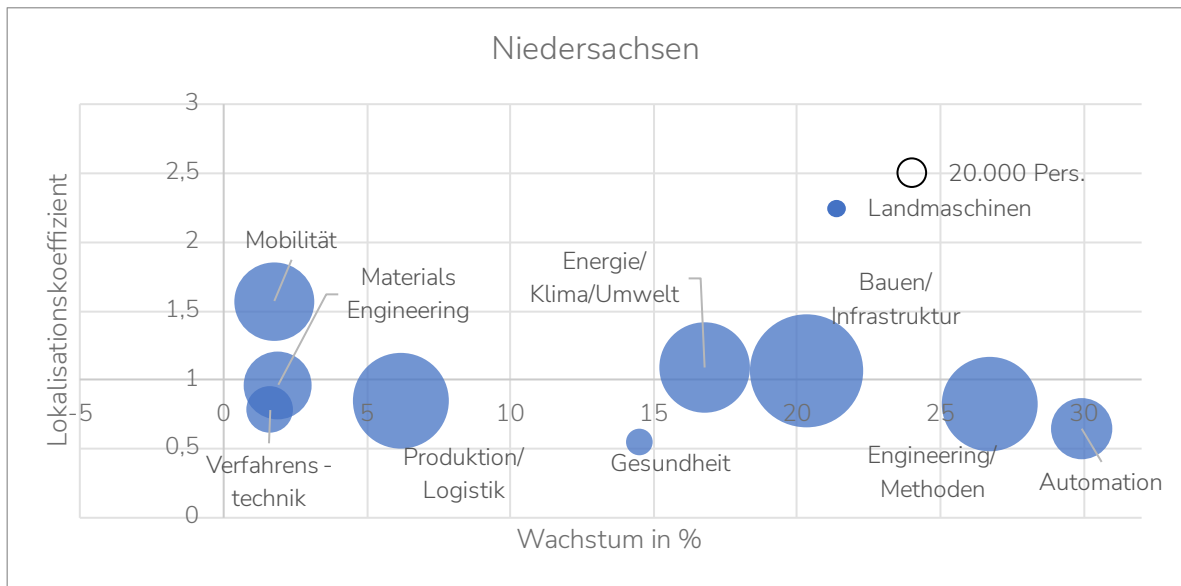
Die Transformation hin zur Elektromobilität und Bioökonomie dürfte diese Bereiche auch künftig stützen. Chancen entstehen zudem aus der guten Förderung der Start-up-Szene.

##### Schwächen

Es gibt Transformationswiderstände in der Bevölkerung, darunter teilweise auch bei den Ingenieurinnen und Ingenieuren.

Niedersachsen hat vor allem in den ländlicheren Regionen einen Fachkräftemangel, insbesondere im Themenfeld Digitalisierung und Automation, aber auch einen allgemeinen Arbeitskräftemangel.

<sup>37</sup> Wenn in einer Region ein Unternehmen eine Branche so dominiert, dass die Beschäftigtenzahlen der amtlichen Statistik quasi eine Angabe der Mitarbeiteranzahl eines einzelnen Unternehmens wären, wird diese Zahl nicht ausgewiesen. So ist es beispielsweise bei Mercedes in Bremen (rund 11.500 Mitarbeitende). Dadurch wirkt der Mobilitätscluster in Bremen deutlich kleiner als er in Wirklichkeit ist.



**Bild 79. Lagebild der Themencluster in Niedersachsen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

### Risiken

Ein Risiko besteht darin, dass die Infrastruktur mit dem steigenden Transportaufkommen nicht mithält. Die Krise in der Bauindustrie dürfte auch Infrastrukturvorhaben betreffen und somit das Problem weiter verschärfen.

Weiter steigende Energiekosten und infolgedessen die Verlagerung der Produktion an Standorte mit günstigeren Kostenstrukturen könnten ebenso ein Risiko für Niedersachsen darstellen. Zudem besteht aufgrund noch nicht umgesetzter EU-Auflagen eine Unsicherheit bei der zukünftigen Flächenverfügbarkeit.

Als weiteres Risiko, das bei Eintritt mit großen strukturellen Verschiebungen einherginge, wurde genannt, dass derzeitige Transformationsprozesse, z. B. in der Automobilindustrie, nicht gelingen.

### 6.3.6 Berlin-Brandenburg

#### Lagebild der Themencluster

Für die Analyse wurden Berlin und Brandenburg als eine zu betrachtende Region zusammengefasst (Bild 80). Als Dienstleistungsregion besitzt Berlin-Brandenburg in den elf (technologischen) Themenclustern nur eine Beschäftigungsspezialisierung, und zwar in der Digitalisierung und Automation. Da dieser Bereich zugleich auch stark wächst und ausreichend groß

ist, liegt hier ein Ansatzpunkt vor, eine technologische Stärke weiter ausbauen zu können. Weitere Themencluster liegen nahe dem Bundesdurchschnitt und könnten zu Spezialisierungen ausgebaut werden.

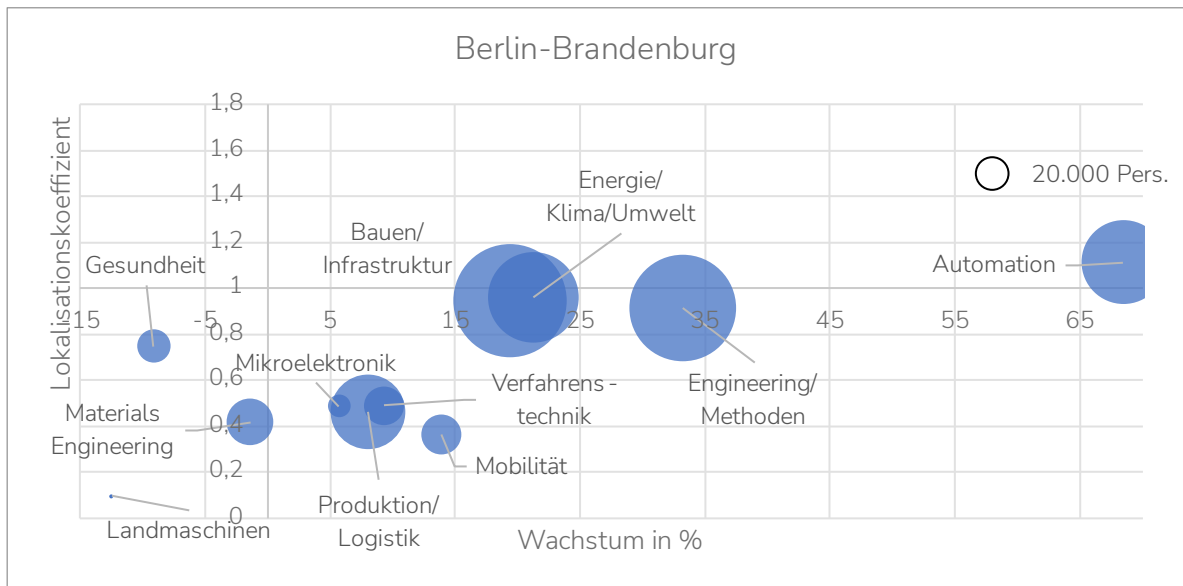
Die recht geringe Bedeutung des Themenclusters Gesundheit ist auf die statistische Abgrenzung des Themenclusters im Rahmen der vorliegenden Studie zurückzuführen – er beinhaltet insbesondere die Medizintechnik. Die in Berlin stark vertretene medizinische Versorgung – auch und insbesondere an den großen Krankenhäusern wie der Charité – ist darin nicht abgebildet.

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Der Bereich Mobilität ist in jüngster Zeit stark gewachsen bzw. wird wachsen (vor allem, weil mit Tesla ein internationaler Player gewonnen wurde) und wäre ein Ansatzpunkt für eine Spezialisierung. In der Digitalisierung und Automation liegt diese bereits vor und kann weiter ausgebaut werden. Die vorhandenen Batteriewerke können vergrößert werden.

Der öffentliche Sektor in der Region ist groß und wichtig, Hinzu kommt das positive Image als Hauptstadtregion.



**Bild 80. Lagebild der Themencluster in Berlin-Brandenburg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

### Chancen

Berlin ist ein attraktiver Standort, der Fachkräfte anzieht. Es gibt viele Hochschulen, eine hohe Zahl an Absolventinnen und Absolventen sowie eine gute Infrastruktur. Diese ist auch zunehmend ins Umland nach Brandenburg hineingewachsen.

Brandenburg erzeugt erhebliche Mengen grünen Stroms (Wind, Fotovoltaik) – dies ist ein Standortfaktor für Firmenansiedlungen.

In Brandenburg können auch durch die Schaffung von (bezahlbarem) Wohnraum mehr Fachkräfte vor Ort gewonnen werden.

### Schwächen

Durch zu viel Bürokratie und aufwendige Genehmigungsverfahren sowie hohe Auflagen könnten Unternehmen und Mitarbeitende abwandern. Ein Beispiel ist die aktuelle Bauvorgabe in Berlin, nur noch energieeffizient zu bauen.

Steigende Strompreise in Berlin können ebenfalls zur Abwanderung von Firmen führen.

### Risiken

Für den Standort zeichnet sich eine Reihe von Risiken ab:

Der Glasfaserausbau ist in Brandenburg noch in der Einbauphase, was vor allem für Firmenansiedlungen ein Hindernis sein kann.

In Berlin ist die Möglichkeit zu bauen räumlich sehr eingeschränkt.

Ein weiteres Risiko für die Region und Industrie ist der bereits bestehende und sich perspektivisch weiter verschärfende Wassermangel, denn die Industrie ist auf ausreichend Wasser angewiesen.

Viele Studierende, insbesondere im Maschinenbau, wandern nach Süddeutschland ab.

## 6.3.7 Sachsen-Anhalt

### Lagebild der Themencluster

Sachsen-Anhalt ist gleich in mehreren Themenclustern spezialisiert, und zwar der Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt, der Verfahrenstechnik, dem Bauen und Infrastruktur sowie dem Materials Engineering (Bild 81). Von diesen Bereichen ist jedoch nur die Nachhaltigkeit, Energie, Klima Umwelt gewachsen, die anderen stagnieren oder sind rückläufig. Die Gesundheitstechnologien sind jedoch, obwohl zahlenmäßig noch klein, stark gewachsen und liegen im Bundesdurchschnitt, hier könnte eine Spezialisierung aufgebaut werden. Die sehr kleine Landtechnik ist in Sachsen-Anhalt im Betrachtungszeitraum stark gewachsen (die Werte



liegen außerhalb des Darstellungsbereichs und sind daher nicht in der Grafik dargestellt), jedoch liegt weiterhin keine Spezialisierung in diesem Themencluster vor.

## SWOT-Analyse

### Stärken

Es gibt in Sachsen-Anhalt Cluster in den Bereichen Medizintechnik (z. B. Biomedizin), Verfahrenstechnik (Biofuels, Nachwachsende Rohstoffe), Wirbelschichttechnik, Pharmazeutische Industrie, IT-Wirtschaft, Energiewirtschaft und Nahrungsmittel

Die Chemieparcs sind mit starker, mittelständisch geprägter Industrie und guter Rohstoffversorgung zukunftsfähig aufgestellt. Zudem ist Sachsen-Anhalt mit seiner chemischen Industrie einer der führenden Standorte für grünen Wasserstoff.

### Chancen

Die aktuellen demografischen Trends und Transformationsprozesse können die in der Region bereits gut verankerte Verfahrenstechnik, Medizintechnik und Automobilzulieferindustrie stärken, weil diese Bereiche besonders für den Umgang mit Herausforderungen einer alternden Gesellschaft benötigt werden.

Die Ansiedelung von Intel könnte die Attraktivität der Region steigern und dazu beitragen, dass abgewanderte Fachkräfte zurückkehren.

### Schwächen

Es gibt eine Ausdünnung des Unternehmensbestands, das heißt, die Anzahl der Unternehmen unter den Top-50-Unternehmen in Deutschland sinkt. Starke Unternehmen am Standort (z. B. IDT Biologica) sind zudem nicht mehr in einheitlichem Besitz. Da es nach Einschätzung der Befragten in der Bevölkerung nur eine schwach ausgeprägte Kultur des Unternehmertums mit eher geringer Gründungs- und Wachstumsbereitschaft gibt, werden nur wenige technologisch orientierte neue Unternehmen gegründet.

Weitere Schwächen sind der energieintensive Industriebestand, der besonders von den hohen Energiepreisen betroffen ist, sowie die geringe Kapitalverfügbarkeit.

### Risiken

Ein Risiko ist, dass es nicht gelingt, die hohen Energiepreise z. B. durch den Umstieg auf nachhaltige Energien und/oder einen Industriestrompreis, zu kompensieren.

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass sich kein Wertschöpfungsnetzwerk oder Innovations-

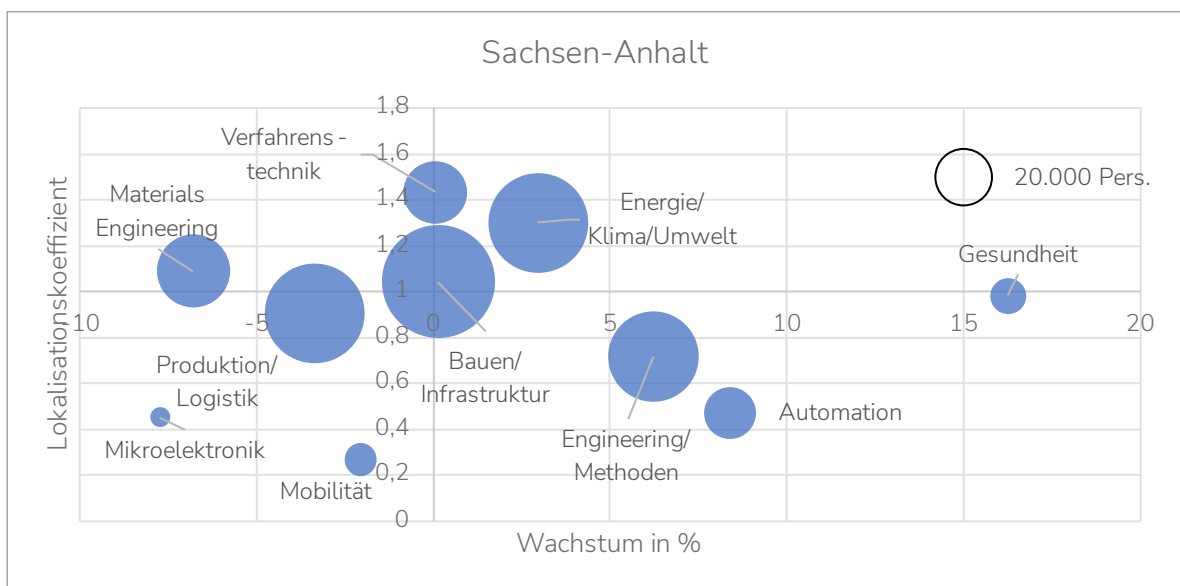


Bild 81. Lagebild der Themencluster in Sachsen-Anhalt nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

ökosystem rund um die Intel-Ansiedlung in Magdeburg entwickelt. Dadurch würden positive Spill-Over-Effekte, etwa auf weitere Unternehmensansiedlungen, ausbleiben.

### 6.3.8 Nordrhein-Westfalen

#### Lagebild der Themencluster

Die Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen, Produktion und Logistik sowie Materials Engineering sind Schwerpunkte in NRW (Bild 82). Diese drei Bereiche zeigen bei der Beschäftigung jedoch kaum Wachstum bzw. sogar leichtes Schrumpfen (Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen). Die Themencluster mit steigenden Beschäftigungszahlen haben jedoch einen Lokalisationskoeffizienten in der Höhe des Bundesdurchschnitts, sodass hier Potenzial für eine Spezialisierung vorliegt. Der Themenbereich Mobilität ist in NRW eher klein und zudem um 12 % geschrumpft, daher liegt der Punkt außerhalb der Darstellung. Es liegt dabei keine Spezialisierung in der Mobilität vor.

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Nordrhein-Westfalen ist ein großes Bundesland mit einer je nach Region sehr unterschiedlichen und zugleich diversen Wirtschaftsstruktur: Es gibt sowohl Gegenden mit Großunternehmen

als auch solche, die durch KMU geprägt sind (Münsterland, Sauerland, OWL). Darunter befinden sich viele Familienunternehmen und Hidden Champions mit hochinnovativen Produkten auf dem Weltmarkt. Diese Vielfalt stärkt die Resilienz. Es gibt viele Unternehmen in den Bereichen Maschinenbau- und Automatisierungstechnik, Grundstoff-/Chemieindustrie, Produktion und Logistik.

##### Chancen

Der Themencluster Digitalisierung und Automation könnte zu einer Spezialisierung Nordrhein-Westfalens werden, da er u. a. dazu beiträgt, durch zunehmende Automatisierung dem Fachkräftemangel zu begegnen. Weiteres Wachstumspotenzial besteht im Bereich der Mikroelektronik, im Gesundheitssektor und bei den Erneuerbaren Energien.

Ganz allgemein bestehen wirtschaftliche Chancen durch ressourceneffizientere Produktion, Umstieg auf nachhaltige(re) Rohstoffe wie grünen Wasserstoff sowie die Stärkung von Wertschöpfungsketten.

Zusätzlich dürften von den Mitteln aus dem Investitionsfördergesetz Kohleregionen – im Idealfall auch über das Rheinische Revier hinaus – Wachstumseffekte ausgehen.

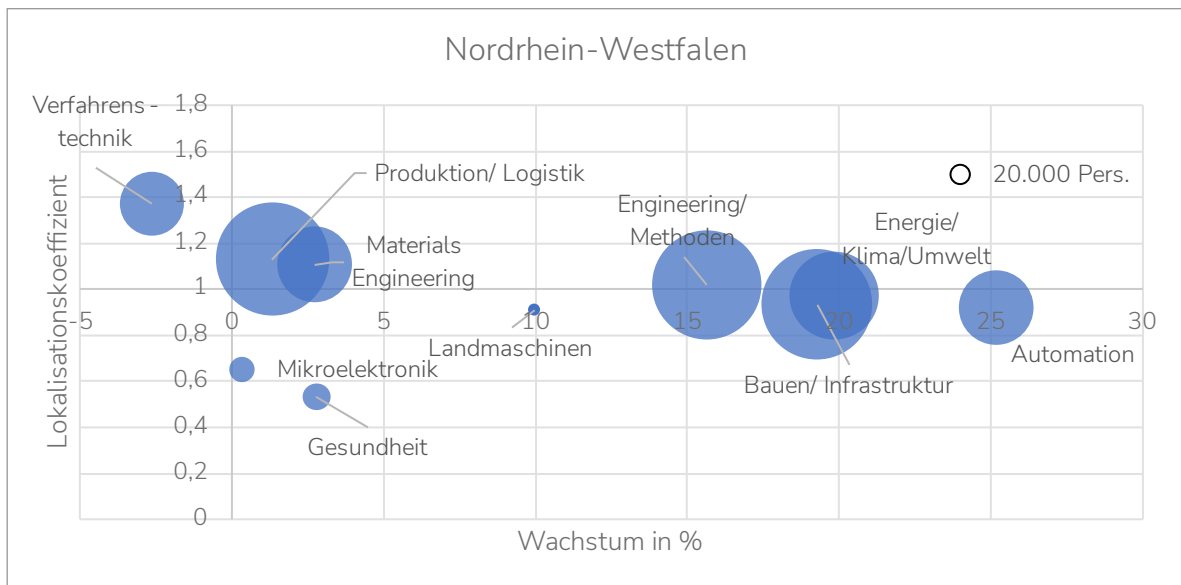


Bild 82. Lagebild der Themencluster in Nordrhein-Westfalen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

## Schwächen

Transformationsprozesse laufen in NRW nach Einschätzung der Befragten oft mit eher geringer Umsetzungsgeschwindigkeit. Die Öffentliche Förderung wird dahingehend wahrgenommen, dass sie insbesondere Großunternehmen zugutekommt, was das Wirtschaften für KMU erschwert.

Eine weitere Schwäche sind die hohen Immobilienpreise.

## Risiken

Die Befragten befürchten ein Auseinanderdriften von an (Hoch-)Schulen vermitteltem und in der Praxis benötigtem Wissen. Die jungen Menschen hätten eine abnehmende Leistungskultur. Zudem wandern Fachkräfte ins Ausland ab.

Die Chemieindustrie verliert an Bedeutung. Das liegt nach Einschätzung der Befragten teilweise an den hohen Energiepreisen und der Transformation vom Energieexport- zum Energieimportland, die auch für andere Branchen ein Risiko darstellt.

Das Risiko steigt weiter, wenn es zugleich nicht gelingt, die Potenziale von Zukunftsbranchen wie der Gesundheitswirtschaft im Land zu nutzen.

Schließlich wurden auch Unsicherheiten bei rechtlichen Rahmenbedingungen als Risiko genannt.

## 6.3.9 Thüringen

### Lagebild der Themencluster

Bild 83 zeigt, dass Thüringen ein Technologie-land mit vielen Spezialisierungen ist. Die Mikroelektronik und der Themencluster Gesundheit sind dabei auch deutlich gewachsene Bereiche, auf die das Land weiterhin setzen sollte, auch wenn die Spezialisierung in der Gesundheit derzeit noch nicht so stark ist wie die in der Mikroelektronik. Die Landtechnik ist in Thüringen nicht vertreten.

### SWOT-Analyse

#### Stärken

Thüringen ist das „Sensorland“ in Deutschland (Temperatur- und Messtechnik/Zeiss und Jenoptik). Aber auch weitere Wirtschaftsbereiche sind sehr stark und können eine Sogwirkung entfachen. Es gibt viele sehr kleine Unternehmen mit Tradition. Diese Diversität – auch im ländlichen Raum – ist eine Stärke der Thüringer Wirtschaft.

Eine weitere Stärke ist, dass es zahlreiche Fraunhofer-Institute in Thüringen gibt, die die Forschungslandschaft deutlich aufwerten.

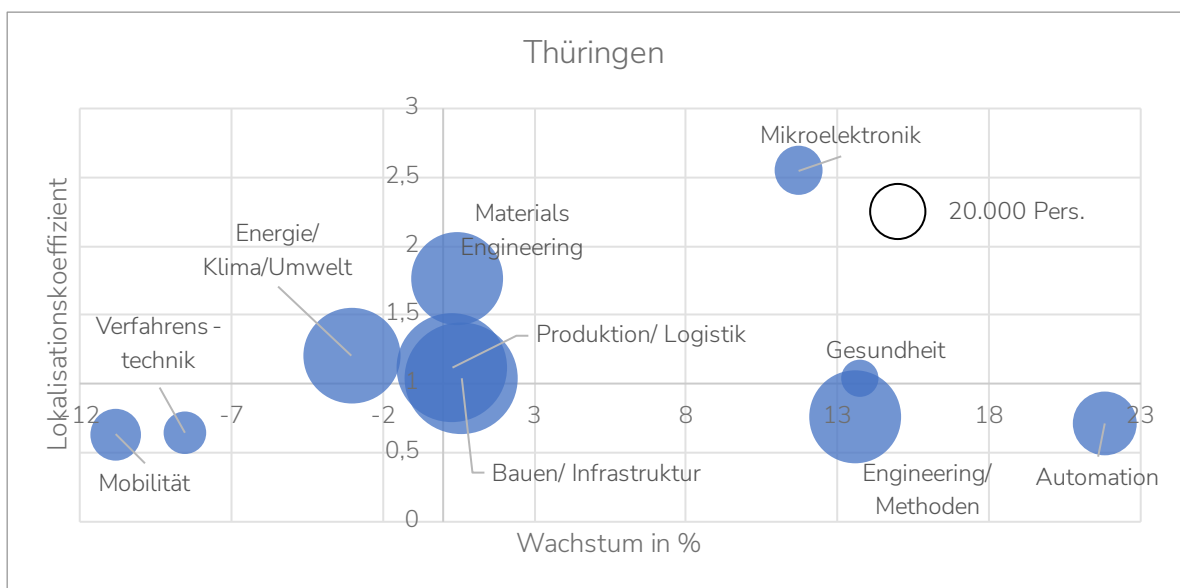


Bild 83. Lagebild der Themencluster in Thüringen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

## Chancen

Die Landesregierung in Thüringen hat gemeinsam mit den relevanten Akteuren im Land eine Innovationsstrategie entwickelt, die sich aktuell in der Umsetzungsphase befindet. Die dort genannten Quantentechnologien könnten beispielsweise eine Chance für Thüringen sein. Es gibt zudem EU-Fördergelder für die Mikroelektronik-Branche.

Eine weitere Chance ist der Bereich zirkuläre Wertschöpfung bzw. der zirkulären Wirtschaft, der sich zu einer Zukunftsbranche entwickeln könnte.

## Schwächen

Das Fehlen von großen Playern wirkt sich auf die Beschäftigtenzahlen und auf den Nachwuchs aus.

Die zirkuläre Wertschöpfung bzw. zirkuläre Wirtschaft steckt in Thüringen derzeit noch in den Kinderschuhen und könnte daher auch wieder an Bedeutung verlieren.

## Risiken

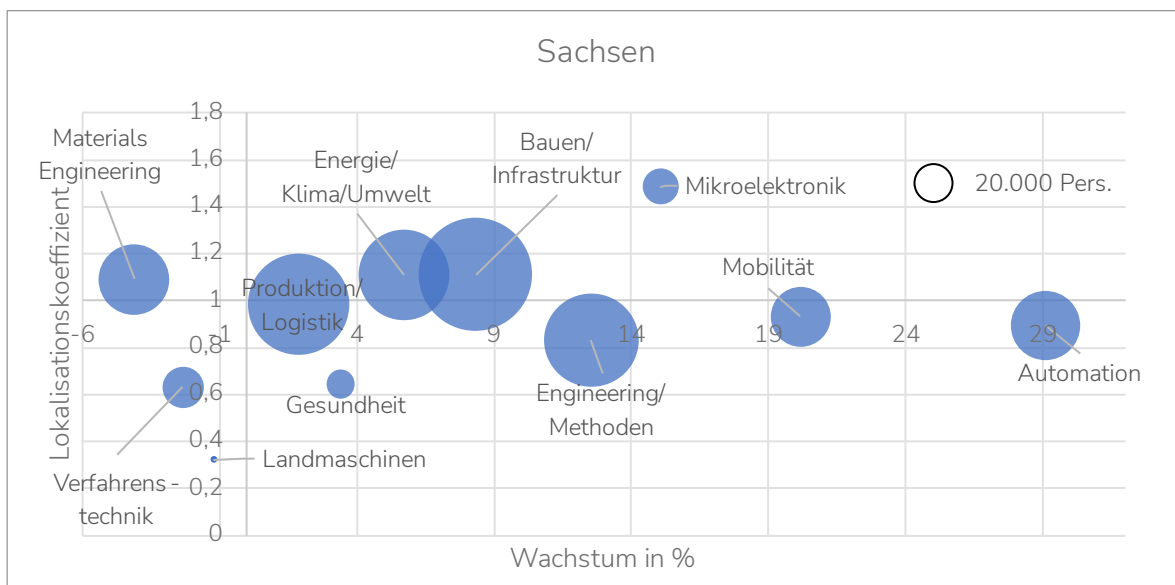
Thüringen ist ein wasserarmes Land. Dadurch fehlt es bspw. an Kühlwasser zur Herstellung von Mikrochips. Der Wassermangel könnte sich zukünftig weiter verschärfen.

Des Weiteren sind viele Automobilzulieferer angeworben worden; wenn die Fördergelder für diesen Industriezweig auslaufen, könnte es nach Einschätzung der Befragten zu Problemen kommen.

## 6.3.10 Sachsen

### Lagebild der Themencluster

Wenn man die Lokalisationskoeffizienten von Sachsen betrachtet, so ist das Land stark diversifiziert und in keinem Bereich sehr schlecht, aber auch in keinem herausragend aufgestellt (Bild 84). Die (noch) relativ kleine Mikroelektronik stellt die stärkste Spezialisierung dar und es ist zugleich auch ein Bereich mit gutem Wachstum.<sup>38</sup> Nur Digitalisierung und Automation sowie Mobilität weisen ein höheres Beschäftigungswachstum auf; in beiden Bereichen liegt Sachsen knapp unter dem Bundesdurchschnitt, sodass hier eine weitere Spezialisierung möglich wäre. Eine leicht überdurchschnittliche



**Bild 84.** Lagebild der Themencluster in Sachsen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

<sup>38</sup> Die geplante TSMC-Ansiedelung ist in dieser Zahl noch nicht enthalten.

Spezialisierung liegt zudem in den Themenclustern Bauen und Infrastruktur, Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt sowie Materials Engineering vor.

## SWOT-Analyse

### Stärken

Die Mikroelektronik ist eine historisch gewachsene, starke Branche. Daher gibt es (noch) eine gute Fachkräfteverfügbarkeit im Bereich Mikroelektronik, mit einem entsprechenden Schwerpunkt an der TU Dresden.

Auch in anderen Themenfeldern ist die Forschungslandschaft stark, u. a. durch eine hohe Zahl an Fraunhofer-Instituten.

Die Unternehmenslandschaft ist ähnlich wie in Thüringen vielfältig und durch zahlreiche KMU geprägt. Durch diese Diversifizierung ist die Unternehmenslandschaft robust.

Es gibt unter allen Akteuren ein hohes Maß an Kooperationsbereitschaft (Cluster, Netzwerke).

### Chancen

Folgende Entwicklungen könnten dazu beitragen, dass sich zukünftig für Sachsen weitere Chancen ergeben:

- Dresden wird zu einem führenden Mikroelektronik-Standort.
- Sachsen schafft mit seinen Automobilstandorten die Transformation hin zur Elektromobilität.
- Der Energiesektor wird gerade in Richtung Erneuerbare Energien transformiert (z. B. Fotovoltaikanlagen in ehemaligen Braunkohletagebauen) und aus den Mitteln des Strukturstärkungsgesetzes für die Kohleregionen können neue Impulse für den Strukturwandel in der Lausitz entstehen.
- Es kann Hebeleffekte durch die Ansiedlung von Großunternehmen (TSMC) geben.

### Schwächen

Es werden in Zukunft mehr Fachkräfte benötigt als die Hochschulen ausgebildet werden. Insbesondere gibt es branchenbezogenen Fachkräftemängel (Chemie, Textilmaschinen).

Das Lohngefälle zwischen Großunternehmen und KMU schwächt die KMU, zudem liegt insgesamt die Bezahlung vielfach unter derjenigen von westdeutschen Großunternehmen.

### Risiken

Risiken liegen in Sachsen in den steigenden Energiepreisen zusammen mit restriktiver Energiegesetzgebung, der Krise in der Bauindustrie und in Rohstoffengpässen.

Der schleppende Ausbau der digitalen Infrastruktur (Glasfaser) macht es Firmen auf dem Land schwierig, wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die hohe internationale Abhängigkeit, insbesondere von Russland und China, ist ein Risiko in der aktuellen geopolitischen Situation.

## 6.3.11 Hessen

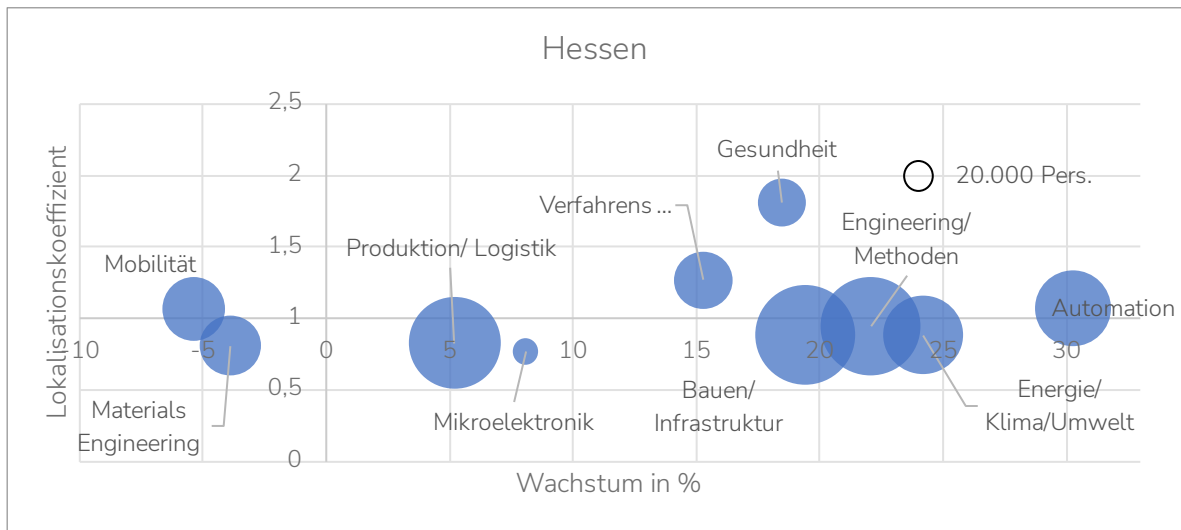
### Lagebild der Themencluster

Hessen hat eine gute Spezialisierung im wachsenden Themencluster Gesundheit, leichtere Spezialisierungen liegen in der Digitalisierung und Automation, der Verfahrenstechnik und der Mobilität vor, alle anderen Themencluster liegen nicht weit unter dem Bundesdurchschnitt (Bild 85). Von daher gibt es gleich mehrere Möglichkeiten, die Wirtschaft des Bundeslandes zu fokussieren. In der Landtechnik gibt es keine Beschäftigte in Hessen.

### SWOT-Analyse

#### Stärken

Das Rhein-Main-Gebiet ist ein Verkehrsknotenpunkt, nicht nur wegen des Flughafens in Frankfurt, sondern auch durch seine zentrale Lage an Autobahnen und Schienenstrecken und dort liegenden Industrieparks. Frankfurt ist zudem gut mit dem Umland verbunden. Frankfurt ist jetzt schon eine sehr internationale Region mit internationalen Schulen etc. In Mittel- und Nord-



**Bild 85. Lagebild der Themencluster in Hessen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

hessen gibt es viele verwurzelte mittelständische Unternehmen. In Darmstadt wird mit der Technischen Universität und den vielen Forschungsinstituten technologisches Wissen auf hohem Niveau generiert.

Dem Themencluster Gesundheit kommt auch aufgrund der Unikliniken in Gießen, Marburg und Frankfurt ein hoher Stellenwert zu

Die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren wird als gut wahrgenommen und als Stärke des Standorts beschrieben.

### Chancen

In Zukunft könnten weitere internationale Zulieferer für den Standort gewonnen werden. Die Chancen hierfür stehen aufgrund des Flughafens Frankfurt gut, da dessen Umfeld attraktiv für die Repräsentanz internationaler Unternehmen ist.

Hessen könnte nach Einschätzung der Befragten stark profitieren, wenn für den Standort relevante Themen wie insbesondere Gesundheit, Verfahrenstechnik oder Digitalisierung und Automation über Förderprogramme stärker unterstützt würden.

Die Start-up-Mentalität könnte weiter gestärkt werden, um aus dem vielen produzierten Wissen Wirtschaftskraft zu schaffen.

### Schwächen

Schwächen sind insbesondere im Bereich Fachkräfte zu suchen: Es gibt beispielsweise an der Technischen Hochschule Mittelhessen einen Rückgang von ca. 3.300 Studierenden im Vergleich 2021 zu 2023/2024, das heißt, die Studierendenzahlen sind um ein Drittel eingebrochen. Es ist außerdem schwer, junge Menschen für Hessen zu gewinnen. Die hessischen Städte gelten nach Einschätzung der Befragten als nicht so „cool“ wie München, Hamburg oder Berlin.

### Risiken

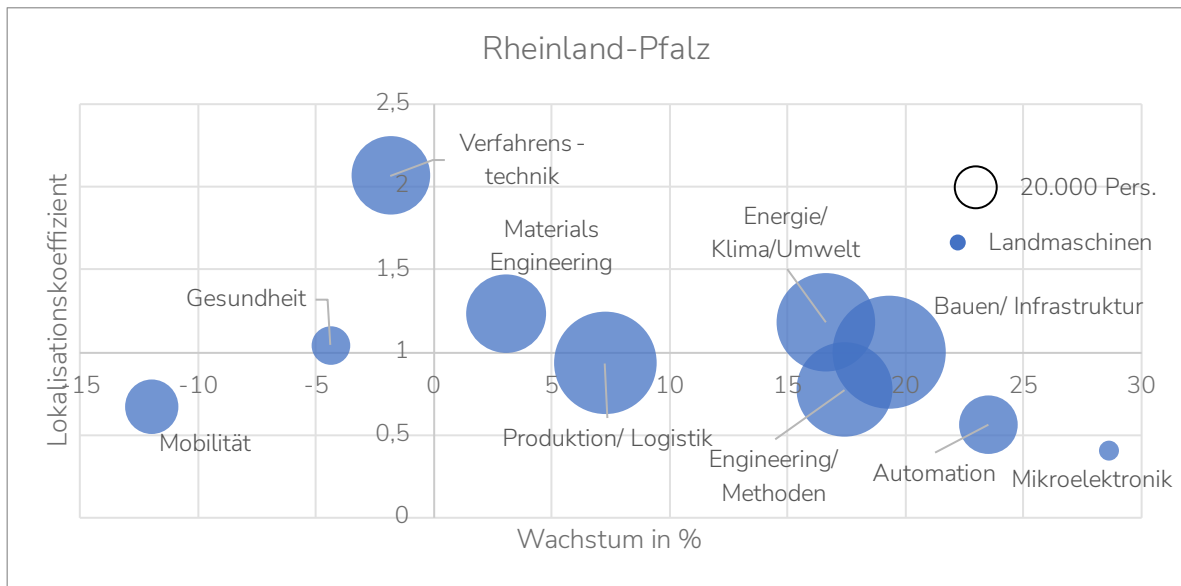
Steigende Energiepreise könnten ein Risiko insbesondere für die Industrie werden.

Im Industriepark Höchst mit den Unternehmen Sanofi, Clariant, Kuraray etc. sind die Unternehmen von Mutterkonzernen in den USA, Japan, Europa etc. abhängig. Dies gilt auch für Infraserv (Höchst) als IPH-Betreiber. Insofern sind diese Standorte von den Standortentscheidungen dieser Konzerne abhängig.

## 6.3.12 Rheinland-Pfalz

### Lagebild der Themencluster

In Rheinland-Pfalz sticht der Themencluster Verfahrenstechnik heraus, der jedoch in den letzten Jahren – wie auch andere Chemiestandorte – Beschäftigte verloren hat (Bild 86). Weitere Schwerpunkte liegen in den Themen-



**Bild 86. Lagebild der Themencluster in Rheinland-Pfalz nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)**

clustern Landmaschinen, Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt, Materials Engineering und Gesundheit. Mit Bauen und Infrastruktur sowie Produktion und Logistik liegen zwei weitere Themencluster genau im Bundesdurchschnitt.

Durch diese Vielfalt ist die Wirtschaft recht gut gegen Krisen gewappnet und es gibt Anknüpfungspunkte für weitere Spezialisierung.

### SWOT-Analyse

#### Stärken

Entlang des Rheins gibt es viele Großunternehmen, dadurch ist der Südwesten des Landes besonders wirtschaftsstarke.

Die gute Lage in der Landtechnik resultiert aus dem Bereich Weinbau und den ländlichen Regionen. Dahinter stecken oft stark spezialisierte KMU.

#### Chancen

In der Gesundheitsbranche gibt es große Bewegung und Potenzial als zukünftiges Wachstumsfeld.

Im Interview wurde hervorgehoben, dass die Universität Mainz Leuchtturmcharakter habe und einen Standortvorteil durch ihre Lage im Rhein-Main-Gebiet und in der Nähe des Frankfurter Flughafens aufweise.

#### Schwächen

Rheinland-Pfalz wird in weiten Teilen eher als Agrarland denn als Industriestandort wahrgenommen. Hinzu kommt, dass Zukunftsthemen und Orientierung Schwächen aufweisen: Das Thema Mikroelektronik wächst zwar, ist jedoch in Hochschulen nicht stark vertreten. Mit Blick auf die Infrastruktur ist festzustellen, dass die Landesregierung den Flughafen Hahn nicht erfolgreich revitalisieren konnte. Des Weiteren zeigt sich der Fachkräftemangel deutlich, es fehlt an Strukturen, z. B., um ausländische Fachkräfte einzubinden.

#### Risiken

Die Transformation zu Erneuerbaren Energien stockt, die Anzahl der Windräder, die gebaut wurden, ist zuletzt auf null gesunken. Der ÖPNV ist nicht genügend ausgebaut, vor allem in den ländlichen Regionen des Bundeslandes. Die Wege von Stadt zu Stadt sollten aus Sicht der Befragten besser sein.

Viele Unternehmen sind eher regional ausgerichtet und haben ein wenig diversifiziertes Produktportfolio. Dies führt zu Abhängigkeiten und Risiken aufgrund eher geringen Resilienz. Diese Abhängigkeit sollte durch Diversifikation und überregionalere Ausrichtung abgebaut werden.

Ein weiteres Risiko kommt hinzu, dass die Kommunen unter Gewerbesteuer einbruch leiden

und dadurch nicht in Infrastruktur investieren können.

### 6.3.13 Saarland

#### Lagebild der Themencluster

Im Saarland gibt es Spezialisierungen in mehreren Themenclustern, jedoch ist die Gesundheit der Einzige davon, der im Betrachtungszeitraum auch Beschäftigte dazugewonnen hat (Bild 87). Die Mobilität, Verfahrenstechnik, Produktion und Logistik sowie Materials Engineering sind kleiner geworden – ein Ausdruck der bereits bestehenden Strukturkrise. Alle weiteren Themencluster mit Ausnahme der hier unbedeutenden Mikroelektronik weisen jedoch eine Spezialisierung nahe des Bundesdurchschnitts auf, sodass neue Spezialisierungen in Wachstumsbereichen, z. B. der Digitalisierung und Automation, angestrebt werden können.

#### SWOT-Analyse

##### Stärken

Das Saarland hat einige Stärken, die vielleicht wieder zu Wachstumsbranchen werden könnten. Zumindest gibt es eine gute Flächenverfügbarkeit durch ehemalige Industrieflächen, die für Nachnutzungen aufbereitet wurden.

Eine weitere Stärke ist der gute Ruf der IT-Ausbildung im Saarland und die Attraktivität des IT-Bereichs unter anderem für ausländische Fachkräfte.

##### Chancen

Eine Chance besteht darin, dass grüner Wasserstoff aus Frankreich dazu beiträgt, die Transformation der Stahlindustrie zu beschleunigen.

Des Weiteren könnten von der angekündigten Investition von Wolfspeed Impulse für die Entwicklung der Mikroelektronik ausgehen.

Ein längerfristiger Vorteil der Region ist, dass sie nach Einschätzung der Befragten voraussichtlich nicht so stark wie andere Regionen vom Klimawandel betroffen sein wird.

##### Schwächen

Die Strukturschwäche des Standorts führt zu besonderen Herausforderungen: Es gab bereits Entscheidungen internationaler Unternehmen gegen den Standort. Der Weggang großer Unternehmen führt zum Verlust der entsprechenden Wertschöpfungsketten. Für die notwendige Transformation der Rohstoffbasis und hin zu Erneuerbaren Energien fehlt am strukturschwachen Standort oftmals das Geld. Dies führt zur Abhängigkeit von öffentlicher Förderung.

Zudem verlassen zu viele Absolventinnen/Absolventen nach dem Studium das Saarland. Daran könnten – auch als Folge der Strukturschwäche – u. a. auch wenig attraktive Kultur- und Freizeitangebote einen Anteil haben.

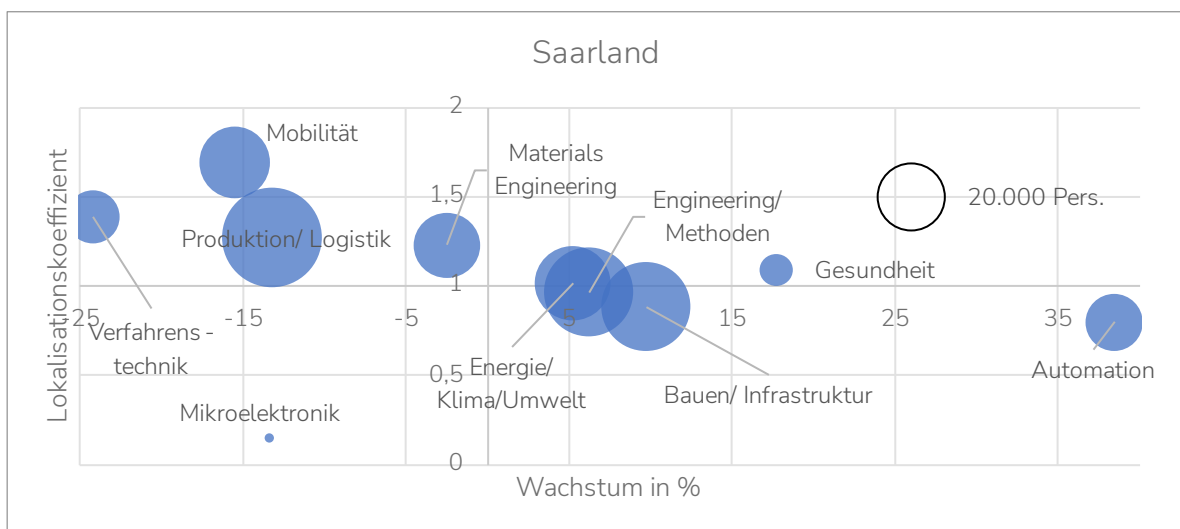


Bild 87. Lagebild der Themencluster im Saarland nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)



## Risiken

Es gibt eine Abhängigkeit von den großen Unternehmen in den aktuellen Stärkefeldern; sollten Unternehmenswegzüge nicht kompensiert werden, droht eine Verstärkung der Strukturkrise.

Die Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit ist extrem von politischen Rahmenbedingungen abhängig. Ein Beispiel ist die Versorgung mit grünem Wasserstoff aus Frankreich. Sollte diese nicht gelingen, würde die Transformation der Stahlindustrie stark beeinträchtigt werden.

Auch der Fachkräftemangel könnte die Transformation der Industrie behindern.

### 6.3.14 Baden-Württemberg

#### Lagebild der Themencluster

Bild 88 zeigt, wie stark das Industrieland Baden-Württemberg ist, denn es ist im bundesdeutschen Vergleich in fast allen Themenclustern spezialisiert (nur die Verfahrenstechnik sowie Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt liegen ganz leicht unter dem Schnitt) und kein einziger Bereich hat sinkende Beschäftigungszahlen im Betrachtungszeitraum zu verzeichnen. Die Diversifizierung ist dabei hoch, das heißt, es gibt keine extreme Spezialisierung. Dieses Bild lässt auf eine sehr robuste Industrie schließen.

## SWOT-Analyse

### Stärken

Es gab ein starkes Beschäftigungswachstum im Bereich Digitalisierung und Automation. Durch die Stärke der Automobilindustrie und auch von der Lebensqualität her ist die Region attraktiv für Zulieferer. Der Mittelstand ist ein wichtiger Innovationsfaktor, der auch ein Alleinstellungsmerkmal für Deutschland darstellt.

### Chancen

Der Bereich Robotik wird das Volumen der Automotive-Industrie in den kommenden Jahren überholen. Dies wird auch mit Wachstumsimpulsen für Baden-Württemberg einhergehen. Für Baden-Württemberg gilt es, die Stärke insbesondere in Querschnittskompetenzen zu halten.

### Schwächen

Einige der Befragten gaben an, dass in Automotive- und Batterietechnologien die Modernisierung und der Ausbau verpasst wurden.

Der Begriff „Ingenieurkunst“ ist aus Sicht einiger Befragter in Deutschland – und auch im Technologieland Baden-Württemberg – nicht (mehr) positiv aufgeladen.

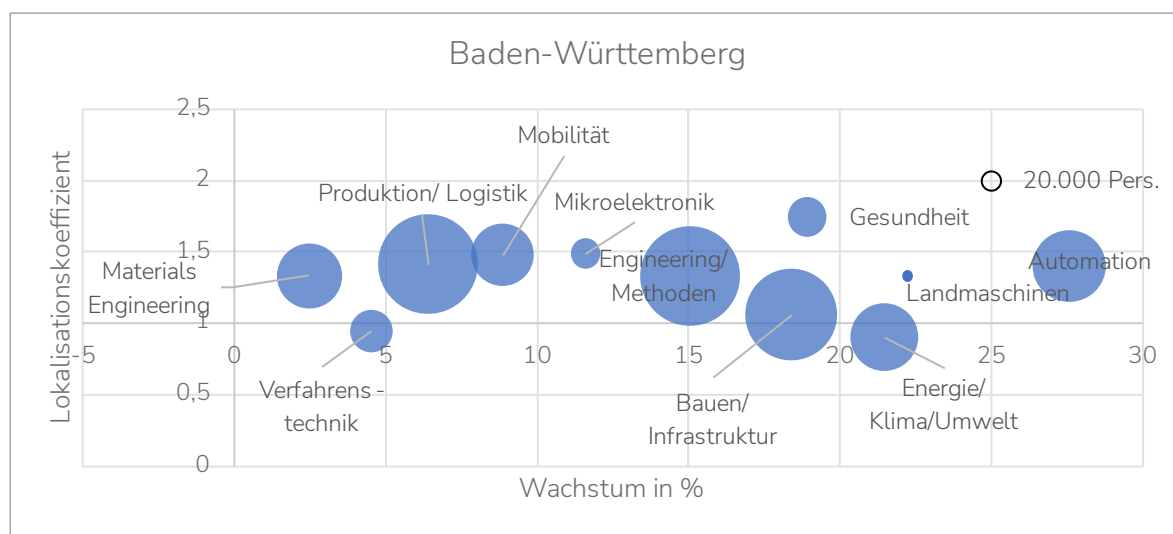


Bild 88. Lagebild der Themencluster in Baden-Württemberg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

## Risiken

Das Fachkräftethema ist eines der größten Risiken: Eine große Welle an Personen, die aus dem Erwerbsleben ausscheiden, wird in den nächsten zehn Jahren erwartet. Dadurch fehlen Fachkräfte und Unternehmensnachfolger. Der Fachkräftemangel könnte die Unternehmen im Wachstum behindern. Ingenieurstudiengänge sind in der Studienwahl derzeit tendenziell eher nicht beliebt und verschärfen diesen Trend.

Die Start-up-Kultur ist noch nicht ausgeprägt, die Fördermittelvergabe zu wenig auf Start-ups ausgerichtet. Dies könnte die Erneuerung des Unternehmensbestands behindern

Nicht zuletzt gehen große Investitionen in der Mikroelektronik heute überwiegend in die neuen Bundesländer.

### 6.3.15 Bayern

#### Lagebild der Themencluster

Bayern steht mit vielen Spezialisierungen und Wachstum in fast allen Themenclustern (Ausnahme: Mikroelektronik) gut da (Bild 89). Die Spezialisierungen sind jedoch nicht sehr ausgeprägt, sondern es liegt eher eine gute Diversifizierung vor. Die Verfahrenstechnik ist der einzige Bereich, in dem Bayern unter dem Bundesdurchschnitt liegt.

## SWOT-Analyse

### Stärken

Es gibt eine starke Industrie in den Bereichen Mobilität (insbesondere Automotive-Industrie sowie Luft- und Raumfahrt) und den vorgelagerten Wertschöpfungsketten.

Der Mittelstand ist insgesamt stark, auch außerhalb der Wertschöpfungsketten der Großindustrie.

### Chancen

Lokale Wertschöpfungsketten erstarben derzeit, auch durch den entsprechenden politischen Rahmen. Der Fokus auf das Lokale zeigt sich auch darin, dass der Trend zur lokalen Energieerzeugung genutzt wird.

Eine weitere Chancen besteht darin, dass es durch den Ausbau der Werkstoffforschung eine größere Unabhängigkeit von Rohstoffimporten geben wird. Die Bedeutung von Automatisierungstechnik wird steigen, was sich positiv auf den Fachkräftemangel auswirken könnte.

Öffentliche Infrastrukturmaßnahmen haben das Potenzial, die aktuelle Krise in der Bauindustrie zu kompensieren.

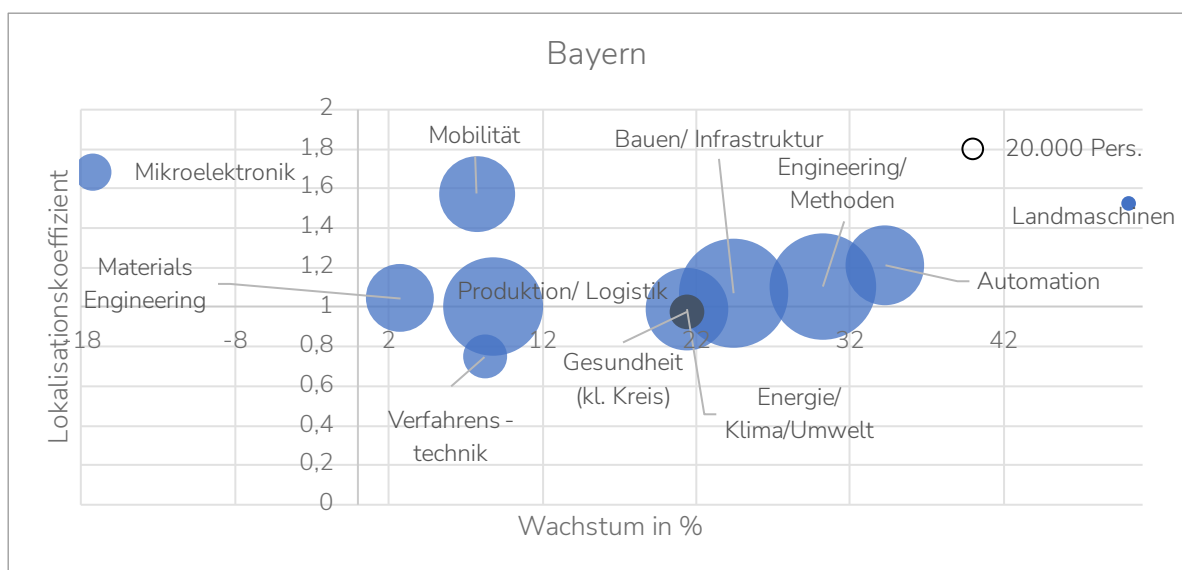


Bild 89. Lagebild der Themencluster in Bayern nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

## Schwächen

Es gibt eine hohe Abhängigkeit von Ankerunternehmen (z. B. BMW). Sollten diese in eine Schieflage geraten, so wirkt sich das auf die Wirtschaft des gesamten Lands aus. Die Halbleiterindustrie hat während der vergangenen Jahre darunter gelitten, dass Neuansiedelungen in Ostdeutschland geschahen, auch aufgrund dort höherer Subventionen.

Zudem ist das Land rohstoffarm und Teile der Bevölkerung haben eine industriefeindliche Mentalität.

Der Fachkräftemangel ist ein großes Risiko, insb. in Zukunftsindustrien (z. B. Wasserstoff) sowie in Ausbildungsberufen.

## Risiken

Ein Risiko ist, dass die aktuell noch gute Ausgangslage nicht dazu genutzt wird, um Veränderungen anzustoßen. Diese sind jedoch nötig, unter anderem auch wegen weiter steigender Energie- und Rohstoffkosten. Gelingt dies nicht, wird der Industrieanteil der Wirtschaft sinken und die Produktion in günstigere Länder verlagert werden, z. B. nach China oder Indien. Dann würden weitere Industriearbeitsplätze verloren gehen.

Ein weiteres Risiko ist, dass es bisher noch nicht gelungen ist, unabhängiger vom Import kritischer Rohstoffe zu werden.

## 7 Zentrale Befunde

Nachstehend werden über alle Informationszugänge hinweg die wichtigsten Ergebnisse der Studie zusammengefasst. Dabei ergibt sich ein Gesamtbild, das – sofern nicht anders angezeigt – aus der Gesamtheit der Informationszugänge entsteht.

Anhand der betrachteten Studien und geführten Interviews lässt sich zeigen, dass Deutschland nach wie vor ein starker Industriestandort ist, der von weltweit agierenden Großunternehmen und einem robusten industriellen Mittelstand geprägt ist.

Allerdings weist der Standort aktuell – insbesondere im internationalen Vergleich – deutliche Wachstumsschwächen auf. Die Analysten des IMF und der OECD führen dies unter anderem auf die Struktur der Industrie mit ihren zahlreichen energieintensiven Unternehmen sowie auf die bisherige starke Abhängigkeit von russischem Gas zurück. Dies wirkt sich stärker als in anderen Ländern auf die Wirtschaftskraft aus. Dieses Bild wird von den Befragten aus den Fachgesellschaften und der Regionalorganisation des VDI geteilt.

Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit ist insbesondere durch die starke Verflechtung in weltweiten Lieferketten sowie durch einen hohen Exportanteil der Wirtschaft geprägt. Vergleicht man die Entwicklung von Schlüsselindikatoren wie Umsatz und Beschäftigung in Deutschland mit Vergleichsländern, so zeigt sich, dass Deutschland sich zwar ähnlich wie andere etablierte Industrienationen (z. B. Japan) entwickelt, die Wachstumsdynamik jedoch in aufstrebenden Volkswirtschaften wie Indien oder China erheblich größer ist. Insbesondere China folgt dabei einer Strategie, die gezielt auf Wachstumsbranchen setzt und weltweit etwa durch Direktinvestitionen Zugang zu Zukunftstechnologien erschließt.

Die starke internationale Ausrichtung der deutschen Wirtschaft sichert zwar weltweit Märkte, jedoch sind gerade in Phasen wie der aktuellen geopolitischen und weltwirtschaftlichen Umwälzungen – zu denken sei an den Aufstieg Chinas als eine weltweit führende Wirtschaftsnation – damit auch Risiken verbunden. Sowohl

die betrachtete Literatur, die erhobenen Daten als auch die geführten Interviews weisen darauf hin, dass sich Krisen der Weltwirtschaft und des internationalen Handels unmittelbar auf die deutsche Wirtschaft und insbesondere die Industrie auswirken. Die Sicherung sowohl von Auslandsmärkten als auch internationaler Lieferketten einschließlich der Rohstoff- und Energieversorgung sind daher zentrale Faktoren bei der Zukunftssicherung. Allerdings entstehen sowohl auf politischer als auch unternehmerischer Ebene gerade erst Konzepte, die die Resilienz von Unternehmen in einer krisengeprägten geopolitischen Situation erhöhen sollen.

Deutschland ist in den klassischen Industriebranchen von einer hohen technologischen Leistungsfähigkeit geprägt und zukunftsfähig aufgestellt. Dies belegen etwa die Ergebnisse der EFI-Kommission (EFI 2022) oder auch die Daten zur Patentaktivität. Die befragten Fachleute aus den Fachgesellschaften und der Regionalorganisation des VDI teilen dieses Bild. Als Zukunftstechnologien nennen sie autonomes Fahren, Elektromobilität und Batterietechnologie, alternative Antriebe, Robotik und Cobotics, 3-D-Druck im Bau, grünen Wasserstoff, Quantentechnologien und -sensoren, 2-D-Materialien, private Raumfahrt und Advanced Air Mobility sowie Geothermie. Diese Technologien haben einen starken Bezug zum bisherigen Branchenmix und weisen eine eher inkrementelle als radikale technologische Entwicklungsdynamik auf. Darüber hinaus werden Medizintechnik bzw. Lebenswissenschaften – auch vor dem Hintergrund des demografischen Wandels – von den Interviewten als aussichtsreiche Zukunftsfelder beschrieben.

Gerade mit Blick auf disruptive Innovationen schneidet Deutschland jedoch unterdurchschnittlich ab. Wie die EFI-Kommission zeigt (EFI 2022), sind China und Korea bei Technologien, die zu disruptiven Innovationen führen könnten, vorn. Dies könnte sich in den kommenden Jahren zu einem Standortnachteil entwickeln, wenn diese Technologien an Bedeutung gewinnen und in Deutschland keine hinreichende eigene Kompetenz vorhanden ist. Die internationale Abhängigkeit würde weiter steigen. Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund

erwarten drei Viertel der befragten VDI Young Engineers, dass sich die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hinsichtlich der Entwicklung neuer Technologien in den nächsten 5 bis 10 Jahren verschlechtern wird.

Insgesamt, so zeigt die aktuelle Literatur, bedarf es Strategien zur Sicherung der technologischen Souveränität, die in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft jedoch erst im Entstehen begriffen sind. Die OECD (2022) empfiehlt die Intensivierung internationaler und insbesondere europäischer Kooperationen. Sie rät zudem zu verstärkten Bemühungen zur Identifikation und Nutzung von Schlüsseltechnologien innerhalb dieser Partnerschaften. Die Förderung von Grundlagenforschung sowie die Erlangung einer Führungsrolle bei Normung und Standardisierung sind für die Stabilisierung der Wirtschaft und deren Zukunftsfähigkeit unerlässlich. Dies erfordert, so die OECD weiter, die Förderung des Innovationsstandorts auf höchster politischer Ebene, etwa über die Einrichtung eines nationalen Innovationslabors.

Eine wichtige Rolle in der Diskussion mit Vertretern der Regionalorganisation des VDI nahm der Standortwettbewerb im nationalen sowie internationalen Kontext ein. Mit Blick auf den internationalen Standortwettbewerb wird ein Abwandern insbesondere energieintensiver Industrien in das Ausland befürchtet. National wird intensiv darüber debattiert, wie die hochsubventionierten Direktinvestitionen aus dem Ausland (z. B. Tesla, TSMC, Intel, Wolfspeed, Northvolt etc.) zu bewerten sind. Es werden Benken geäußert, dass einige diese Investitionen sich nur schwer in die lokalen Innovationsökosysteme einfügen, möglicherweise nicht standorttreu seien und daher lediglich temporäre Wachstumsimpulse von ihnen ausgehen könnten. Zugleich werden mit vielen dieser Investitionen zumindest mittelfristig nicht nur positive Wachstumsimpulse im Zuge der Entstehung von Innovationsökosystemen verbunden, sondern auch ein Schritt in Richtung mehr technologischer Souveränität erwartet.

Gerade aus den Bundesländern, in denen diese hoch subventionierten Direktinvestitionen nicht getätigt werden, wird die Befürchtung geäußert, dass Standortnachteile entstehen könnten – und zwar nicht nur durch abnehmende Förder-

mittel – gerade für den Mittelstand – sondern auch durch den Wegzug von Fachkräften in Richtung der großen Ansiedlungsvorhaben. Eine umfassende gesellschaftliche Diskussion dieser Thematik steht noch aus.

Die Auswertung der Lokalisationskoeffizienten für die Themencluster auf Ebene der Bundesländer sowie die anschließende Diskussion mit Fachleuten der Regionalorganisation legte einen weiteren Aspekt offen: Während einige Länder in mehreren Themenclustern Spezialisierungen aufweisen, die zugleich wachsen, gibt es in anderen Bundesländern eine deutlich weniger diverse Wirtschaftsstruktur. Gerade diese Länder laufen Gefahr, durch das Wegfallen einzelner zentraler Unternehmen in eine Strukturkrise zu geraten, aus der sie aufgrund zu geringer Ressourcen aus eigener Kraft kaum herauskommen. Diverser aufgestellte Bundesländer sind hingegen deutlich krisenresistenter. Neben einer mittelständisch geprägten Wirtschaftsstruktur finden sich an diesen Standorten in der Regel auch mehr Start-ups bzw. aktive Gründerszenen, die Motoren der wirtschaftlichen und technologischen Erneuerung sein können. Daher müsse, insbesondere in Regionen mit geringer Unternehmensdiversität und negativer Beschäftigungsentwicklung, alles darangesetzt werden, eine Erneuerungsdynamik – etwa durch die gezielte Stärkung von Unternehmertum und Gründungskultur, (wieder) in Gang zu setzen.

Die Auswirkungen des Klimawandels sowie deren Bewältigung zogen sich konstant durch die Interviews mit den Fachleuten der Fachgesellschaften und Regionalorganisation. Besonders häufig wurde die Frage der Wasserverfügbarkeit angesprochen. Während steigende Meeresspiegel die küstennahen Regionen bis zum Jahr 2050 vor Herausforderungen stellen werden, wurde insbesondere für Ostdeutschland das Problem zunehmenden Wassermangels thematisiert, was bereits jetzt beginnt, zu Nutzungskonkurrenzen zu führen. Es wurde von den Befragten angemahnt, dass eine strategische Auseinandersetzung mit diesem Thema erforderlich sei, um der möglichen, daraus resultierenden gesellschaftlichen Zerreißprobe entgegenzuwirken.

Inputindikatoren wie die nationalen F&E-Ausgaben auf der einen und Bildungsindikatoren wie

das Lehrer-Schüler-Verhältnis auf der anderen Seite zeigen, dass Deutschland diesbezüglich – gerade im internationalen Vergleich – recht gut aufgestellt ist. Die gute Positionierung bei den Inputfaktoren zieht aber nicht eine entsprechende Positionierung bei den Outputfaktoren nach sich: Innovations- und Wachstumsschwächen existieren trotz hoher finanzieller Aufwendungen in das deutsche Innovationsökosystem. Es bestehen Hemmnisse, die – so die Hypothese – verhindern, dass sich die hohen Investitionen in den Wirtschafts- und Innovationsstandort in seiner (internationalen) Wettbewerbsfähigkeit widerspiegeln. Diese Hemmnisse bzw. Herausforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Arbeitsmarkt:** Der Fachkräftemangel wird durchweg als eine der größten gesellschaftlichen und ökonomischen Herausforderungen genannt. Die in den kommenden Jahren aus dem Erwerbsleben ausscheidende Generation der sogenannten Babyboomer wird allein zahlenmäßig nicht durch Berufseinsteigende ersetzt werden, wie die sinkende Zahl von Absolventinnen und Absolventen in den Ingenieurwissenschaften und die Nachwuchsprobleme im Handwerksbereich zeigen. Es besteht seitens der Befragten vielfach die Sorge, dass Großunternehmen mit ihren Gehaltsstrukturen Fachkräfte anziehen – oft zu Lasten des Mittelstands. Hinzu kommt: Die Ausbildung der Ingenieurinnen und Ingenieure an deutschen Hochschulen wird von den Fachleuten aus den Fachgesellschaften des VDI qualitativ als hoch eingeschätzt. In der Befragung der VDI Young Engineers gibt jedoch nur etwa ein Drittel der Berufseinsteigenden an, durch das Studium ausreichend gut auf die heutige berufliche Tätigkeit vorbereitet worden zu sein.
  - **Lebensqualität und Willkommenskultur:** Dem Fachkräftemangel kann voraussichtlich ohne den Zuzug qualifizierter Fachkräfte bzw. Studierender aus dem Ausland nicht begegnet werden. Außerdem sollte verhindert werden, dass eine Fachkräfteabwanderung aus Deutschland einsetzt. Aktuell sind die Voraussetzungen hierfür jedoch nur bedingt gegeben. Dies belegt etwa der OECD Indicator of Talent Attractiveness.
- Deutschland liegt hinsichtlich seiner Attraktivität für hochqualifizierte Fachkräfte nur auf einem der mittleren Ränge. Aufhorchen lässt in diesem Zusammenhang auch die Online-Befragung der VDI Young Engineers, von denen 26 % den Standort Deutschland im Hinblick auf seine Attraktivität bezüglich Leben und Arbeiten für weniger bzw. gar nicht attraktiv (4 %) halten.
- **Regulatorik:** Die Regulatorik, etwa beim Datenschutz oder zu Nachhaltigkeitsthemen, wird von einem Teil der Befragten als Chance für die Entstehung neuer Produkte und Märkte angesehen. Insgesamt wird die hohe Komplexität der rechtlichen Bestimmungen und Vorgaben jedoch eher als Wettbewerbshemmnis gewertet. Spezifisch an deutsche Regulatorik angepasste Produkte seien für den Export kaum geeignet. Die Auslegung beispielsweise der DSGVO sei in Deutschland besonders streng, auch im europäischen Vergleich. Die Preise für deutsche Produkte lägen daher bisweilen höher als die des europäischen Wettbewerbs. Von den meisten Befragten wird eine Überarbeitung des Rechtsrahmens als notwendig erachtet.
  - **Sich wandelnde Entwicklungsprinzipien und -geschwindigkeiten:** In vielen der geführten Interviews wurde darüber berichtet, dass im internationalen Kontext kurze Entwicklungszeiten, Agilität in Entwicklungsprozessen und Nutzerzentrierung immer wichtiger werden, während Entwicklungsprozesse in Deutschland durchschnittlich länger dauern.
  - **Gesellschaftliche Widerstände:** Ein großes Problem, das in den Befragungen der Fachgesellschaften thematisiert wurde, ist eine eher geringe Innovations- und Veränderungsbereitschaft in Deutschland. Diese Einstellung wirkt aus Sicht der Befragten motivationshemmend. Es wird zwar Veränderungsbedarf wahrgenommen, jedoch mangle es an der Umsetzung von Veränderungen. Skepsis und Widerstand in Teilen der deutschen Gesellschaft können die Realisierung von Innovationen aus Sicht der Befragten behindern. Dies betrifft unter anderem die Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen und die Realisierung von

Investitionsvorhaben der Industrie, was zu einem Standortnachteil führt bzw. führen kann. Das Verständnis der Bevölkerung für bestimmte (Basis-)Technologien ist nach Einschätzung der Befragten ausbaufähig.

Die genannten Punkte belegen, wie wichtig ein gesellschaftlicher Diskurs zur Zukunftsfähigkeit Deutschlands ist. Die Initiative Zukunft Deutschland 2050 wird diese Aspekte aufgreifen und in diversen Formaten Lösungsoptionen erarbeiten.

# Literatur- und Quellenverzeichnis

- Agrarheute.com (2019). *Milliardengeschäfte: Die 5 größten Landtechnikhersteller weltweit*. <https://www.agrarheute.com/technik/milliardengeschaefte-5-groessten-landtechnikhersteller-weltweit-531719>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Bertsch, V., et al. (2016). *Public acceptance and preferences related to renewable energy and grid expansion policy: Empirical insights for Germany*. Energy, 114, 465–477.
- Bolwin, L. et al. (2021). Der ökonomische und ökologische Impact beschleunigter Planungs- und Genehmigungsverfahren in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Verbands der Chemischen Industrie e.V., Köln / Berlin, <https://www.iwkoeln.de/studien/thilo-schaefer-der-oekonomische-und-oekologische-impact-beschleunigter-planungs-und-genehmigungsverfahren-in-deutschland.html>, zuletzt abgerufen am 29.02.2024.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023). *Forschung und Innovation*. <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/index.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023). *Industriepolitik in der Zeitenwende*. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industriepolitik-in-der-zeitenwende.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Bundesagentur für Arbeit (2023). Arbeitsmarktstatistik. [https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche\\_Formular.html?nn=15024&region-type\\_f=Politisch&topic\\_f=zdf-sdi](https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=15024&region-type_f=Politisch&topic_f=zdf-sdi), zuletzt abgerufen am 24.02.2024.
- China-briefing.com (2022). *China verabschiedet neues Gesetz zur Verbesserung der rechtlichen Situation von Frauen: Die wichtigsten Erkenntnisse für Arbeitgeber*. <https://www.china-briefing.com/news/china-verabschiedet-neues-gesetz-zum-schutz-von-frauen-die-wichtigsten-erkenntnisse-fur-arbeitgeber/>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Columbia & Yale University (2023). *Environmental Performance Index*. <https://epi.yale.edu/>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Deutsche Bundesbank (2023). *Direktinvestitionsstatistiken*. <https://www.bundesbank.de/de/statistiken/aussenwirtschaft/direktinvestitionen/direktinvestitionsstatistiken-804078>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Engels, B., Scheufen, M. (2020). *Wettbewerbseffekte der Europäischen Datenschutzgrundverordnung: Eine Analyse basierend auf einer Befragung unter deutschen Unternehmen*, IW-Report, No. 1/2020, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln, <https://www.iwkoeln.de/studien/barbara-engels-marc-scheufen-wettbewerbseffekte-der-europaeischen-datenschutzgrundverordnung.html>, zuletzt abgerufen am 29.02.2024.
- Expertenkommission Forschung und Innovation EFI (2020). *Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020*. [https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/EFI\\_Gutachten\\_2020.pdf](https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/EFI_Gutachten_2020.pdf) zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Index Mundi.com (2023). Country Statistics: Pupil-teacher ratio, primary <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/SE.PRM.ENRL.TC.ZS/rankings>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- Institut der Deutschen Wirtschaft (2021). *Der ökonomische und ökologische Impact beschleunigter Planungs- und Genehmigungsverfahren in Deutschland*. [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user\\_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Gutachten-IW-Planungs-und-Genehmigungsverfahren.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Gutachten-IW-Planungs-und-Genehmigungsverfahren.pdf), zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Internationale Energie Agentur IEA (2022). *World Energy Outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.



- International Monetary Fund, (2024) *World Economic Outlook Update*.  
<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2024/01/30/world-economic-outlook-update-january-2024> abgerufen am 27.02.2024.
- Kroll, H., et al. (2022). Schlüsseltechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem No. 7-2022. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/251361/1/1795366664.pdf>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2022). *OECD-Bericht zur Innovationspolitik Deutschland*.  
<https://www.oecd.org/industry/oecd-berichte-zur-innovationspolitik-deutschland-2022-9d21d68b-de.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2023a). *OECD Data*.  
<https://data.oecd.org/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2023b). *Going Digital Toolkit*.  
<https://www.oecd.org/digital/broadband/broadband-statistics/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2023c). *OECD Main Science and Technology Indicators*.  
<https://www.oecd.org/sti/msti.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2023d). *OECD Family Database*. <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=FAMILY>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- Organization for Economic Development and Co-Operation (2023e). *OECD REGPAT Database, The OECD REGPAT Database : A Presentation | OECD Science, Technology and Industry Working Papers | OECD iLibrary (oecd-ilibrary.org)*, Stand August 2023.
- Schmoch, U. (2008). *Concept of a technology classification for country comparisons. Final report to the world intellectual property organisation (WIPO)*.  
[https://www.wipo.int/edocs/mdocs/classifications/en/ipc\\_ce\\_41/ipc\\_ce\\_41\\_5-annex1.pdf](https://www.wipo.int/edocs/mdocs/classifications/en/ipc_ce_41/ipc_ce_41_5-annex1.pdf), zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Statistisches Bundesamt (2024). *Destatis – die Datenbank des Statistischen Bundesamtes*. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- Umweltbundesamt (2018). *Weltrecyclingtag: Wieviel recyceln wir wirklich?*  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/weltrecyclingtag-wieviel-recyceln-wir-wirklich>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- UNESCO Institute for Statistics (2023). Data browser. <http://data.uis.unesco.org/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- VDI/IW (2023). *Ingenieurmonitor 1. Quartal 2023*. <https://www.vdi.de/uebers/presse/publikationen/details/vdi-iw-ingenieurmonitor-1-quartal-2023>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Verband der Chemischen Industrie VCI (2023). *Chemiewirtschaft in Zahlen*.  
<https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/chiz-historisch/chemiewirtschaft-in-zahlen-2023.pdf>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- Welter, P. (2024). *Verliert Deutschland seine Industrie?* FAZ vom 10.02.2024.  
<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/verliert-deutschland-seine-industrie-teure-energie-und-e-mobilitaet-19509086.html>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- World Bank (2020). Doing business project.  
<https://archive.doingbusiness.org/en/doingbusiness>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.
- World Bank (2023a). World Bank Open Data.  
<https://data.worldbank.org/>, zuletzt abgerufen am 28.02.2024.
- World Bank (2023b). *Ratio of female to male labor force participation rate (%)*.  
<https://genderdata.worldbank.org/indicators/sl-tlf-cact-fm-zs/>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024.

# Bildverzeichnis

Bild 1. Bausteine der Studie „Zukunft Deutschland 2050“

Bild 2. Entwicklung der industriellen Wertschöpfung im internationalen Vergleich, Daten: World Bank (2023a)

Bild 3. Entwicklung des Exports von Gütern und Dienstleistungen in % des BIP, Daten: World Bank (2023a)

Bild 4. Anteil der Hochtechnologie-Güterexporte an allen Güterexporten sowie der digitalen Dienstleistungsexporte an allen Dienstleistungsexporten, Daten: World Bank (2023a)

Bild 5. Struktur ausländischer Direktinvestitionen nach und aus Deutschland in % des BIP, Daten: World Bank (2023a)

Bild 6. Anteil der Haushalte mit Festnetz-Breitband bzw. Anteile der Glasfaser-Anschlüsse unter den Festnetz-Internetanschlüssen, Daten: OECD (2023b)

Bild 7. Anzahl sicherer Internetserver pro 1 Million Einwohner; Daten: World Bank (2023a)

Bild 8. Endenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Daten: IEA World Energy Outlook 2022, Daten für 2030 sind Prognose vor dem Hintergrund strategischer politischer Ziele)

Bild 9. Produktion erneuerbarer Energien (Daten: IEA World Energy Outlook 2022, Daten für 2030 sind Prognose vor dem Hintergrund strategischer politischer Ziele)

Bild 10. CO<sub>2</sub>-Intensität des BIP, Daten: International Energy Agency (2023)

Bild 11. Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Gt, Daten: International Energy Agency (2023)

Bild 12. Bruttostrombezugskosten der Industrie in ausgewählten Ländern (als Beispiel dient ein großes Unternehmen der Chemie-, Stahl- und Metall-verarbeitenden Industrie mit konstantem Lastprofil; Grafik übernommen von: BMWK 2023, S. 16)

Bild 13. Veränderung der Industrieproduktion (2015 = 100, preis-, saison- und kalenderbereinigt, Daten: Statistisches Bundesamt 2024)

Bild 14. Müllproduktion pro Kopf (ohne Industriemüll), Daten: OECD (2023a)

Bild 15. Positionierung Deutschlands im OECD-Vergleich mit Blick auf die Qualität des Regulierungsrahmens, Daten: OECD (2022)

Bild 16. links: Ausgaben für Forschung und Entwicklung in % des BIP, Daten: UNESCO Institute for Statistics (S2023), rechts: wirtschafts- bzw. staatsfinanzierte Ausgaben für F&E, Daten: OECD (2023c)

Bild 17. Anteil der in den Unternehmen durchgeführten F&E (in % des BIP), Daten: OECD (2023c)

Bild 18. Anteil der öffentlich finanzierten Ausgaben für Forschung und Entwicklung in Unternehmen (BERD), Daten: OECD (2023c)

Bild 19. Anteil der vom Ausland finanzierten Ausgaben für F&E in Unternehmen, Daten: OECD (2023c)

Bild 20. Wirtschaftsfinanzierter Anteil der F&E in außeruniversitären öffentlichen Forschungseinrichtungen, Daten: OECD (2023c)

Bild 21. Ausgaben für Hochschulforschung in % des BIP, Daten: OECD (2023c)

Bild 22. Wirtschaftsfinanzierter Anteil der Hochschulforschung, Daten: OECD (2023c)

Bild 23. Mittelwert des offenbarten komparativen Vorteils in den Einzeltechnologien für ausgewählte Länder und Regionen 2016–2018 in Prozent; ein positiver Wert weist auf einen komparativen Vorteil, ein negativer Wert auf einen komparativen Nachteil hin. Quelle: Kroll et al. (2022)/EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022

Bild 24. Entwicklung der Gesamtzahl der Patentanmeldungen (IP5-Anmeldungen), Daten: OECD (2023a)

Bild 25. Anteil von PCT-Patenten mit internationaler Kooperation an allen PCT-Patenten eines Landes, Daten: OECD (2023e)

Bild 26. Altersstruktur der Bevölkerung in ausgewählten Ländern, UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 27. Verhältnis von Schulkindern und Lehrkräften, Daten: Grundschule: index mundi (2023, Zahlen von 2017/2018); Tertiärer Bereich: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 28. Staatliche Ausgaben für Sekundarschulbildung und Hochschulbildung als Anteil des BIP, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 29. Abschlüsse auf Bachelor-/Master-/Meister-Niveau, Quelle: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 30. Entwicklung der Studienanfängerinnen/-anfänger- bzw. Erstabsolventinnen-/absolventenzahlen in den MINT-Fächern; Daten: Statistisches Bundesamt (2024)/BMBF (2023)

Bild 31. Anteil MINT-Absolventinnen/Absolventen an allen Hochschul-Absolventinnen/Absolventen, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 32. Anteil ICT-Absolventinnen/Absolventen an allen Hochschul-Absolventinnen/Absolventen, Daten UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 33. Differenz von incoming zu outgoing internationalen Studierenden in Relation zur Gesamtzahl der Studierenden, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 34. Offene Stellen in Deutschland (ohne Hilfstätigkeiten, Jahresdurchschnitte), Daten: BMWK (2023) S. 17

Bild 35. Engpass-Index der Ingenieur- und Informatikerberufe. Quelle: VDI/IW (2023)

Bild 36. SWOT-Analyse des Themenclusters Mobilität

Bild 37. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im

Themencluster Mobilität je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 38. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Mobilität; Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 39. SWOT-Analyse des Bereichs Bauen und Gebäudetechnik

Bild 40. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Bauen und Infrastruktur je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 41. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Bauen und Infrastruktur, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 42. SWOT-Analyse des Themenclusters Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt

Bild 43. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 44. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Nachhaltigkeit, Energie, Klima, Umwelt, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 45. SWOT-Analyse des Bereichs Digitalisierung

Bild 46. SWOT-Analyse des Bereichs Automatisierungstechnik

Bild 47. links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Digitalisierung und Automation je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 48. Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Digitalisierung und Automation, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 49. SWOT-Analyse des Bereichs Werkstofftechnik

Bild 50.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Materials Engineering je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 51.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Materials Engineering, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 52.SWOT-Analyse des Themenclusters Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesens

Bild 53.Umsätze in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich, VCI (2023)

Bild 54.Entwicklung der Produktion in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich (Index), VCI (2023)

Bild 55.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 56.Ausgaben für F&E in % des Umsatzes in der Chemischen Industrie im weltweiten Vergleich, VCI (2023)

Bild 57.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 58.SWOT-Analyse des Themenclusters Mikroelektronik

Bild 59.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Mikroelektronik je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 60.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Mikroelektronik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 61.SWOT-Analyse des Bereichs Produktion und Fabrikbetrieb

Bild 62.SWOT-Analyse des Bereichs (technische) Logistik

Bild 63.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Produktion und Logistik je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 64.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Produktion und Logistik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 65.SWOT-Analyse des Themenclusters Engineering und Methoden

Bild 66.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Engineering und Methoden je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 67.SWOT-Analyse des Themenclusters Gesundheit

Bild 68.links: Anzahl Unternehmen im EU Industrial R&D Investment Scoreboard im Themencluster Gesundheit je Land, rechts: Produktivität derselben Unternehmen

Bild 69.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Gesundheit, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 70.SWOT-Analyse des Themenclusters Landtechnik

Bild 71.Entwicklung der Patentanmeldungen (2010 = 100) im Themencluster Landtechnik, Daten: OECD (2023e, EPO- und PCT-Patente)

Bild 72.Einschätzung der derzeitigen und künftigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Bild 73.Antworten auf die Frage: Würdest Du Dein Studium noch einmal so absolvieren?

Bild 74.links: Frauenanteil der Personen, die ICT-Studiengänge absolviert haben, rechts: MINT-Studiengängen, Daten: UNESCO Institute for Statistics (2023)

Bild 75.Lagebild der Themencluster in Schleswig-Holstein nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 76.Lagebild der Themencluster in Hamburg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 77.Lagebild der Themencluster in Mecklenburg-Vorpommern nach Beschäftigtenzahlen; Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 78.Lagebild der Themencluster in Bremen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 79.Lagebild der Themencluster in Niedersachsen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 80.Lagebild der Themencluster in Berlin-Brandenburg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 81.Lagebild der Themencluster in Sachsen-Anhalt nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 82.Lagebild der Themencluster in Nordrhein-Westfalen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 83.Lagebild der Themencluster in Thüringen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 84.Lagebild der Themencluster in Sachsen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 85.Lagebild der Themencluster in Hessen nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 86.Lagebild der Themencluster in Rheinland-Pfalz nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 87.Lagebild der Themencluster im Saarland nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 88.Lagebild der Themencluster in Baden-Württemberg nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

Bild 89.Lagebild der Themencluster in Bayern nach Beschäftigtenzahlen, Daten: Bundesagentur für Arbeit (2023)

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgaben für F&E nach Ländern

Tabelle 2: Absolute Zahl international mobiler Studierender

Tabelle 3: Internationale Positionierung und Beschäftigungsentwicklung der deutschen Landtechnik

Tabelle 4: Stärken und Herausforderungen der Regionen im Überblick

# Anhang

## Anlage A1

| VDI-Themencluster   | Wirtschaftszweige <sup>39</sup>  | Industry Classification Benchmark Klassen (ICB)  |
|---|--|--|
| Mobilität<br>entspricht der Fachgesellschaft FVT (Fahrzeug- und Verkehrstechnik)  | Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, 29<br>Sonstiger Fahrzeugbau, 30<br>Schifffahrt, 50<br>Luftfahrt, 51   | Aerospace & Defence, Automobiles & Parts,<br>Electronic & Electrical Equipment,<br>General Industrials,<br>Industrial Engineering,<br>Industrial Transportation,<br>Travel & Leisure   |
| Bauen und Infrastruktur<br>entspricht der Fachgesellschaft GBG (Bauen und Gebäudetechnik)   | Herstellung von elektrischen Ausrüstungen, 27<br>Hochbau, 41<br>Tiefbau, 42<br>Bauinstallation (z. B. Heizung, Dämmung, Elektroinstallation), 43<br>Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung, 71<br>Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen, 33<br>Energieversorgung, 35<br>Wasserversorgung, 36                  | Construction & Materials,<br>Electronic & Electrical Equipment,<br>Fixed Line Telecommunications,<br>Gas, Water & Multiutilities,<br>General Industrials,<br>Household Goods & Home Construction,<br>Industrial Engineering,<br>Telecommunications |
| Energie, Klima, Umwelt, Nachhaltigkeit<br>entspricht der Fachgesellschaft GEU (Energie und Umwelt) sowie einem Bereich aus GBG (Bauen und Gebäudetechnik) | Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden, 23<br>Energieversorgung, 35<br>Wasserversorgung, 36<br>Abwasserentsorgung, 37<br>Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung, 38<br>Beseitigung von Umweltverschmutzungen und sonstige Entsorgung, 39<br>Bauinstallation (z. B. Heizung, Dämmung, Elektroinstallation), 43 | Alternative Energy,<br>Construction & Materials,<br>Electricity,<br>Food Producers,<br>Forestry & Paper,<br>Gas, Water & Multiutilities,<br>Oil & Gas Producers  |

<sup>39</sup> Bezeichnung und Nummer nach WZ-Klassifikation 2008, Statistisches Bundesamt

| VDI-Themencluster   | Wirtschaftszweige <sup>39</sup>   | Industry Classification Benchmark Klassen (ICB)   |
|---|---|---|
| <p>Digitalisierung und Automation</p> <p>entspricht der Fachgesellschaft GMA (Mess- und Automatisierungstechnik)</p>                      | <p>Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten, 26.5</p> <p>Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie, 62</p> <p>Herstellung von elektrischen Ausrüstungen, 27</p> <p>Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen, 33</p>   | <p>Automobiles &amp; Parts,</p> <p>Electronic &amp; Electrical Equipment,</p> <p>Fixed Line Telecommunications,</p> <p>Industrial Engineering,</p> <p>Industrial Transportation,</p> <p>Software &amp; Computer Services,</p> <p>Technology Hardware &amp; Equipment,</p> <p>Telecommunications</p> |
| <p>Produktion und Logistik</p> <p>entspricht der Fachgesellschaft GPL (Produktion und Logistik)</p>                                       | <p>Metallerzeugung und -bearbeitung, 24</p> <p>Herstellung von Metallerzeugnissen, 25</p> <p>Maschinenbau, 28</p> <p>Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen, 33</p> <p>Lagerei, 52</p>   | <p>Electronic &amp; Electrical Equipment,</p> <p>General Industrials,</p> <p>Industrial Engineering,</p> <p>Industrial Metals &amp; Mining,</p> <p>Industrial Transportation,</p> <p>Oil Equipment, Services &amp; Distribution,</p> <p>Support Services</p>  |
| <p>Engineering und Methoden</p> <p>entspricht der Fachgesellschaft GPP (Produkt- und Prozessgestaltung)</p>                               | <p>Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben; Unternehmensberatung, 70</p> <p>Forschung und Entwicklung, 72</p> <p>Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen für Unternehmen und Privatpersonen a. n. g., 82</p> <p>Maschinenbau, 28</p> <p>Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung, 71</p> | <p>Industrial Engineering,</p> <p>Software &amp; Computer Services,</p> <p>Support Services</p>   |
| <p>Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen</p> <p>entspricht der Fachgesellschaft GVC (Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen)</p> | <p>Kokerei und Mineralölverarbeitung, 19</p> <p>Herstellung von chemischen Erzeugnissen, 20</p> <p>Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, 21</p> <p>Metallerzeugung und -bearbeitung, 24</p>  | <p>Chemicals,</p> <p>General Industrials,</p> <p>Industrial Metals &amp; Mining,</p> <p>Oil Equipment, Services &amp; Distribution,</p> <p>Pharmaceuticals &amp; Biotechnology</p>  |
| <p>Materials Engineering</p> <p>entspricht der Fachgesellschaft GME (Materials Engineering)</p>   | <p>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, 22</p> <p>Herstellung von Metallerzeugnissen (inkl. Oberflächenveredelung), 25</p> <p>Herstellung von Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden, 23</p>  | <p>Chemicals,</p> <p>General Industrials,</p> <p>Industrial Metals &amp; Mining</p>   |



| VDI-Themencluster  | Wirtschaftszweige <sup>39</sup>   | Industry Classification Benchmark Klassen (ICB)  |
|--|---|--|
| Mikroelektronik<br>entspricht der Fachgesellschaft GMM (Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik) | Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen, 26.1-26.4 und 26.7-26.8 | Electronic & Electrical Equipment,<br>Mobile Telecommunications,<br>Technology Hardware & Equipment                |
| Gesundheit<br>entspricht einem Teil der Fachgesellschaft TLS (Technologies of Life Sciences)               | Medizintechnik, 32.5 und 26.6<br>Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, 21                            | Health Care Equipment & Services,<br>Industrial Engineering,<br>Life Insurance,<br>Pharmaceuticals & Biotechnology |
| Landtechnik<br>entspricht einem Teil der Fachgesellschaft TLS (Technologies of Life Sciences)              | Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen, 28.3.  | /  |

#### Anlage A2: Engpasskennziffer aus dem VDI/IW-Ingenieurmonitor (2023)

|   | Offene Stellen je 100 Arbeitslose<br>(1. Quartal 2023, arithmetisches Monatsmittel) |
|---|---|
| Ingenieurberufe Rohstoffherzeugung und -gewinnung             | 271   |
| Ingenieurberufe Kunststoffherstellung und Chemische Industrie | 253   |
| Ingenieurberufe Metallverarbeitung                            | 205   |
| Ingenieurberufe Maschinen- und Fahrzeugtechnik                | 435   |
| Ingenieurberufe Energie- und Elektrotechnik                   | 806   |
| Ingenieurberufe Technische Forschung und Produktionssteuerung | 220   |
| Ingenieurberufe Bau/Vermessung/Gebäudetechnik, Architektur    | 568   |
| sonstige Ingenieurberufe                                      | 143   |
| Informatikerberufe  | 508   |
| Ingenieur- und Informatikerberufe insgesamt                   | 456   |

#### Anlage A3: Auswertung der Crunchbase-Datenbank

Zur Ergänzung der bisherigen quantitativen und qualitativen Erhebungen wurde eine Analyse der Unternehmen in der **Crunchbase-Datenbank**

durchgeführt. Das Ziel der Analyse ist der Vergleich von Unternehmen relevanter Technologien in Deutschland mit Großbritannien, den

USA, China, Indien und Japan. Die Datenbank enthält Daten zu mehr als drei Millionen Unternehmen weltweit und fokussiert nach eigenen Angaben **auf innovative** Unternehmen. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Datenbank keine historischen Daten, sondern ausschließlich tagesaktuelle Informationen enthält.

Daten in der Datenbank werden dabei auf unterschiedliche Wege<sup>40</sup> erhoben und ergänzen sich gegenseitig:

- Erhalt von Unternehmensdaten und Informationen durch Investoren
- Machine Learning-Ansätze
- Ein Team von Data Analysts
- Selbstauskünfte der Unternehmen

Unternehmen in der Datenbank werden einzelnen Branchen/Technologien zugeordnet, die wiederum in übergeordneten Gruppen (Industries) geclustert werden<sup>41</sup>. Weiterhin gibt es Beschreibungen zu den jeweiligen Unternehmen, in denen die Tätigkeiten der einzelnen Unternehmen beschrieben werden.

### Methodisches Vorgehen

Zur **Identifikation relevanter Unternehmen** werden über eine Auswahl in der Datenbank Filter angewendet, die relevante Branchen identifizieren. Technologien, die nicht eindeutig Branchenzuordnungen zugeordnet werden konnten, wurden – entweder zusätzlich oder exklusiv – über Schlagwortsuchen in den Beschreibungen der Unternehmen zugeordnet.<sup>42</sup>

Die Suchstrategie für Unternehmen im Bereich der **Schlüsseltechnologien** ist angelegt an die Operationalisierung der 13 Schlüsseltechnologien der Studie von Kroll et. Al (2022)<sup>43</sup>, S. 110.

Im Rahmen der Studie im Auftrag der EFI wurden die Schlüsseltechnologien untergliedert in weitere relevante Technologien, die zur Identifikation der Unternehmen herangezogen wurden.

Die Identifikation von Unternehmen im Bereich **weiterer relevanter Technologien** erfolgte auf der Basis der Interviews mit den Fachgesellschaften, die im früheren Projektverlauf durchgeführt worden sind.

### Analyse und Ergebnisse

Die Unternehmensdaten wurden zwischen dem 25.01. und 29.01.2024 erhoben.

Untersucht wurden die Anzahl und regionale Verteilung aller in der Datenbank enthaltenen und über die Suchstrategie identifizierten Unternehmen.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass auch jene Unternehmen in den Auswertungen enthalten sind, die zum Stand des Downloads der Daten inaktiv sind. Der Grund hierfür besteht darin, dass diese Unternehmen teilweise durch andere Unternehmen aufgekauft worden sind und eine Nichtbetrachtung dieser Unternehmen in der Regionalanalyse zu einem Bias führen würde.

Weiterhin wurde die absolute Höhe der erhaltenen Finanzmittel in den betrachteten Regionen untersucht. Es ist jedoch anzumerken, dass für einzelne in der Datenbank enthaltene Unternehmen keine erhaltenen Finanzmittel ausgewiesen sind. Ein Beispiel hierfür stellt die Technologie Autonomes Fliegen dar. Zwar sind in der Datenbank sieben Unternehmen in Deutschland gelistet, die im Bereich autonomes Fliegen tätig sind, jedoch wurde für keines der Unternehmen eine Finanzierungssumme angegeben, sodass in diesem und ähnlichen Fällen keine Gesamtfinanzierung angegeben wurde.

---

<sup>40</sup> Weitere Informationen zum Erhalt von Daten sind hier einsehbar: <https://support.crunchbase.com/hc/en-us/articles/360009616013-Where-does-Crunchbase-get-their-data>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024

<sup>41</sup> Eine Übersicht über die Branchengruppen ist hier aufgeführt: <https://support.crunchbase.com/hc/en-us/articles/360043146954-What-Industries-are-included-in-Crunchbase>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024

<sup>42</sup> Eine Auflistung der verwendeten Suchstrategien ist auf Anfrage beim Auftragnehmer erhältlich.

<sup>43</sup> Kroll, Henning, et al (2022): Schlüsseltechnologien. No. 7-2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Online verfügbar unter: <https://www.econs-tor.eu/bitstream/10419/251361/1/1795366664.pdf>, zuletzt abgerufen am 27.02.2024

Anlage A3.1: Schlüsseltechnologien lt. EFI-Bericht 2022

| Technologie                     | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|---------------------------------|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Mikro-/Nanoelektronik           | US      | 5249               | 40,72                | 263.568,60                    |
|                                 | UK      | 720                | 5,59                 | 5.978,97                      |
|                                 | China   | 1086               | 8,43                 | 26.814,80                     |
|                                 | Germany | 645                | 5,00                 | 2.796,50                      |
|                                 | India   | 508                | 3,94                 | 3.293,37                      |
|                                 | Japan   | 306                | 2,37                 | 8.032,56                      |
| Künstliche Intelligenz          | US      | 670                | 34,34                | 8.525,77                      |
|                                 | UK      | 128                | 6,56                 | 1.002,43                      |
|                                 | China   | 128                | 6,56                 | 29.207,00                     |
|                                 | Germany | 66                 | 3,38                 | 227,72                        |
|                                 | India   | 141                | 7,23                 | 208,54                        |
|                                 | Japan   | 56                 | 2,87                 | 487,35                        |
| Internet of Things              | US      | 711                | 36,65                | 5.928,11                      |
|                                 | UK      | 110                | 5,67                 | 821,17                        |
|                                 | China   | 119                | 6,13                 | 2.231,48                      |
|                                 | Germany | 76                 | 3,92                 | 329,63                        |
|                                 | India   | 119                | 6,13                 | 75,14                         |
|                                 | Japan   | 38                 | 1,96                 | 459,69                        |
| Digitale Mobilitätstechnologien | US      | 558                | 35,82                | 21.030,92                     |
|                                 | UK      | 148                | 9,50                 | 8.656,84                      |
|                                 | China   | 80                 | 5,13                 | 813,30                        |
|                                 | Germany | 63                 | 4,04                 | 382,55                        |
|                                 | India   | 44                 | 2,82                 | 41,19                         |
|                                 | Japan   | 34                 | 2,18                 | 105,48                        |
| Big Data                        | US      | 1949               | 39,14                | 40.829,13                     |
|                                 | UK      | 355                | 7,13                 | 3.965,96                      |
|                                 | China   | 164                | 3,29                 | 2.602,53                      |
|                                 | Germany | 181                | 3,64                 | 1.398,30                      |
|                                 | India   | 307                | 6,17                 | 546,86                        |
|                                 | Japan   | 55                 | 1,10                 | 224,69                        |
|                                 |         |                    |                      |                               |

| Technologie                      | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|----------------------------------|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Digitale Sicherheitstechnologien | US      | 6476               | 44,83                | 40.398,28                     |
|                                  | UK      | 926                | 6,41                 | 6.132,33                      |
|                                  | China   | 210                | 1,45                 | 3.424,18                      |
|                                  | Germany | 737                | 5,10                 | 336,14                        |
|                                  | India   | 631                | 4,37                 | 102,45                        |
|                                  | Japan   | 240                | 1,66                 | 650,72                        |
| Neue Werkstoffe                  | US      | 876                | 39,91                | 27.975,71                     |
|                                  | UK      | 114                | 5,19                 | 1.405,93                      |
|                                  | China   | 417                | 19,00                | 5.941,18                      |
|                                  | Germany | 95                 | 4,33                 | 1.459,68                      |
|                                  | India   | 37                 | 1,69                 | 43,98                         |
|                                  | Japan   | 67                 | 3,05                 | 1.165,47                      |
| Nanotechnologie                  | US      | 775                | 39,80                | 10.023,14                     |
|                                  | UK      | 136                | 6,99                 | 2.268,78                      |
|                                  | China   | 47                 | 2,41                 | 133,68                        |
|                                  | Germany | 91                 | 4,67                 | 124,98                        |
|                                  | India   | 45                 | 2,31                 | 91,41                         |
|                                  | Japan   | 36                 | 1,85                 | 79,11                         |
| Advanced Manufacturing           | US      | 2840               | 40,59                | 19.875,39                     |
|                                  | UK      | 397                | 5,67                 | 1.508,42                      |
|                                  | China   | 685                | 9,79                 | 9.007,04                      |
|                                  | Germany | 421                | 6,02                 | 1.577,17                      |
|                                  | India   | 310                | 4,43                 | 211,18                        |
|                                  | Japan   | 178                | 2,54                 | 1.373,09                      |
| Photonik                         | US      | 186                | 44,60                | 6.048,14                      |
|                                  | UK      | 26                 | 6,24                 | 115,90                        |
|                                  | China   | 26                 | 6,24                 | 234,27                        |
|                                  | Germany | 29                 | 6,24                 | 23,60                         |
|                                  | India   | 4                  | 0,96                 | NA                            |
|                                  | Japan   | 9                  | 2,16                 | 9,51                          |
| Robotik                          | US      | 107                | 24,94                | 820,58                        |
|                                  | UK      | 18                 | 4,20                 | 22,58                         |

| Technologie                      | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|----------------------------------|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Robotik                          | China   | 40                 | 9,32                 | 627,58                        |
|                                  | Germany | 19                 | 4,43                 | 15,66                         |
|                                  | India   | 29                 | 6,76                 | 7,21                          |
|                                  | Japan   | 4                  | 0,93                 | 16,96                         |
| Biotechnologie                   | US      | 3601               | 47,16                | 131.284,11                    |
|                                  | UK      | 484                | 6,34                 | 5.383,65                      |
|                                  | China   | 334                | 4,37                 | 10.169,91                     |
|                                  | Germany | 329                | 4,31                 | 2.538,42                      |
|                                  | India   | 252                | 3,30                 | 3.181,68                      |
|                                  | Japan   | 151                | 1,98                 | 1.395,09                      |
| Technologien für die Bioökonomie | US      | 111                | 27,07                | 1.929,37                      |
|                                  | UK      | 22                 | 5,37                 | 90,96                         |
|                                  | China   | 41                 | 10,00                | 719,02                        |
|                                  | Germany | 21                 | 5,12                 | 3,19                          |
|                                  | India   | 25                 | 6,10                 | 37,60                         |
|                                  | Japan   | 3                  | 0,73                 | 0,70                          |

#### Anlage A3.2: In den Interviews mit den Fachgesellschaften genannte Technologien

| Technologie      | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|------------------|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Autonomes Fahren | US      | 1.490              | 43,25                | 81.249,57                     |
|                  | UK      | 256                | 7,43                 | 2.705,35                      |
|                  | China   | 202                | 5,86                 | 39.840,00                     |
|                  | Germany | 178                | 5,17                 | 1.749,30                      |
|                  | India   | 97                 | 2,82                 | 245,74                        |
|                  | Japan   | 65                 | 1,89                 | 689,54                        |
| Elektromobilität | US      | 1.588              | 26,30                | 116.074,01                    |
|                  | UK      | 511                | 8,46                 | 7.677,72                      |
|                  | China   | 417                | 6,91                 | 62.929,79                     |
|                  | Germany | 342                | 5,66                 | 5.527,73                      |
|                  | India   | 543                | 8,99                 | 6.542,11                      |
|                  | Japan   | 104                | 1,72                 | 4.319,66                      |

| Technologie                      | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|----------------------------------|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Alternative Antriebe             | US      | 854                | 34,73                | 48.819,12                     |
|                                  | UK      | 145                | 5,90                 | 1.369,24                      |
|                                  | China   | 95                 | 3,86                 | 4.587,71                      |
|                                  | Germany | 106                | 4,31                 | 1.741,16                      |
|                                  | India   | 91                 | 3,70                 | 7.156,89                      |
|                                  | Japan   | 45                 | 1,83                 | 133,09                        |
| Robotik/Cobotik                  | US      | 4.938              | 37,15                | 58.056,34                     |
|                                  | UK      | 707                | 5,32                 | 2.204,61                      |
|                                  | China   | 913                | 6,87                 | 19.973,35                     |
|                                  | Germany | 574                | 4,32                 | 1.977,55                      |
|                                  | India   | 830                | 6,24                 | 439,34                        |
|                                  | Japan   | 407                | 3,06                 | 2.553,90                      |
| 3-D-Druck im Bau                 | US      | 287                | 41,84                | 1.149,32                      |
|                                  | UK      | 57                 | 8,31                 | 1,12                          |
|                                  | China   | 7                  | 1,02                 | NA                            |
|                                  | Germany | 43                 | 6,27                 | 39,04                         |
|                                  | India   | 42                 | 6,12                 | 3,11                          |
|                                  | Japan   | 7                  | 1,02                 | 0,74                          |
| Grüner Wasserstoff               | US      | 46                 | 23,47                | 1.481,15                      |
|                                  | UK      | 22                 | 11,22                | 521,74                        |
|                                  | China   | 2                  | 1,02                 | 34,78                         |
|                                  | Germany | 14                 | 7,14                 | 373,54                        |
|                                  | India   | 9                  | 4,59                 | 12.925,10                     |
|                                  | Japan   | 1                  | 0,51                 | NA                            |
| Quantentechnologie und -sensoren | US      | 242                | 37,58                | 3.576,52                      |
|                                  | UK      | 55                 | 8,54                 | 644,52                        |
|                                  | China   | 14                 | 2,17                 | 295,50                        |
|                                  | Germany | 31                 | 4,81                 | 76,86                         |
|                                  | India   | 29                 | 4,50                 | 11,26                         |
|                                  | Japan   | 17                 | 2,64                 | 38,80                         |
| 2-D-Materialien                  | US      | 85                 | 28,24                | 310,00                        |
|                                  | UK      | 40                 | 13,29                | 144,02                        |

| Technologie  | Region  | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|--|---------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| 2-D-Materialien  | China   | 27                 | 8,97                 | 81,53                         |
|  | Germany | 5                  | 1,66                 | 1,20                          |
|  | India   | 13                 | 4,32                 | 31,66                         |
|  | Japan   | 8                  | 2,66                 | 7,84                          |
| Private Raumfahrt  | US      | 100                | 56,50                | 4.443,93                      |
|  | UK      | 11                 | 6,21                 | 123,29                        |
|  | China   | 12                 | 6,78                 | 1.098,56                      |
|  | Germany | 6                  | 3,39                 | 4,39                          |
|  | India   | 7                  | 3,95                 | 95,46                         |
|  | Japan   | 3                  | 1,69                 | 113,58                        |
| Autonomes Fliegen  | US      | 199                | 42,07                | 5.539,99                      |
|  | UK      | 33                 | 6,98                 | 198,05                        |
|  | China   | 8                  | 1,69                 | 569,58                        |
|  | Germany | 7                  | 1,48                 | NA                            |
|  | India   | 20                 | 4,23                 | 10,65                         |
|  | Japan   | 8                  | 1,69                 | 91,46                         |
| Alternative Kraftstoffe und Elektromobilität (Flugverkehr) | US      | 187                | 42,31                | 8.043,95                      |
|  | UK      | 44                 | 9,95                 | 169,81                        |
|  | China   | 17                 | 3,85                 | 574,55                        |
|  | Germany | 16                 | 3,62                 | 2.035,01                      |
|  | India   | 16                 | 3,62                 | 568,59                        |
|  | Japan   | 10                 | 2,26                 | 450,64                        |
| Geothermie   | US      | 51                 | 27,72                | 4.929,63                      |
|  | UK      | 7                  | 3,80                 | 3,81                          |
|  | China   | 2                  | 1,09                 | 200,00                        |
|  | Germany | 13                 | 7,07                 | 5,26                          |
|  | India   | 3                  | 1,63                 | NA                            |
|  | Japan   | 11                 | 5,98                 | 14,18                         |
| Batterietechnologie  | US      | 839                | 27,10                | 39.623,22                     |
|  | UK      | 223                | 7,20                 | 3.138,80                      |
|  | China   | 363                | 11,72                | 16.263,12                     |
|  | Germany | 143                | 4,62                 | 1.898,38                      |

| Technologie         | Region | Anzahl Unternehmen | Anteil weltweit in % | Gesamtfinanzierung in Mio. \$ |
|---------------------|--------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| Batterietechnologie | India  | 282                | 9,11                 | 350,01                        |
|                     | Japan  | 56                 | 1,81                 | 373,84                        |



# Projekt

## Projektleitung:

Dr. Silke Stahl-Rolf, Dr. Oliver Arentz

## Projektbearbeitung:

Jana Marquardt

Pauline Marquardt

Moritz Timm

Dr. Sidonia von Proff

Dr. Karsten Werner

## Sekretariat und Lektorat:

Helena Lübbers

## Auftraggeber:

VDI e.V.

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

## Durchführung:

VDI Technologiezentrum GmbH

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

# Autorenteam

## Autorinnen und Autoren in alphabetischer Reihenfolge:

Dr. Oliver Arentz

Jana Marquardt

Pauline Marquardt

Dr. Sidonia von Proff

Dr. Silke Stahl-Rolf

Moritz Timm

Dr. Karsten Werner

## Über die VDI Technologiezentrum GmbH

Die VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ), mit Sitz in Düsseldorf und Standorten in Berlin und Bonn ist ein hundertprozentiges, wirtschaftlich selbständiges Unternehmen der VDI-Gruppe. Bereits seit 1975 (und seit 2003 als unternehmerisch selbständige GmbH) berät die VDI TZ fachkompetent, engagiert, neutral und themenorientiert insbesondere Kunden in den Bereichen Bildung, Forschung, Entwicklung und Innovation. Sie hat sich seit ihrer Gründung eine hohe und deutschland- wie europaweit etablierte Kompetenz unter anderem bei der Stimulierung und Moderation von Dialogprozessen im Zusammenspiel von Akteuren aus Bildung, Forschung, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie der Öffentlichkeit erarbeitet. Projektträgerschaften stellen das Kerngeschäft dar. Dazu kommen Geschäftsstellenaufgaben sowie die Erstellung von Studien und die Begleitung von Strategieprozessen. Zu ihren Kunden zählen Bundes- und Landesministerien sowie die Europäische Kommission.

Weitere Informationen: [www.vditz.de](http://www.vditz.de)

## Der VDI

### Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Seit mehr als 165 Jahren gibt der VDI wichtige Impulse für den technischen Fortschritt. Mit seiner einzigartigen Community und seiner enormen Vielfalt ist er Gestalter, Wissensmultiplikator, drittgrößter technischer Regelsetzer und Vermittler zwischen Technik und Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Er motiviert Menschen, die Grenzen des Möglichen zu verschieben, setzt Standards für nachhaltige Innovationen und leistet einen wichtigen Beitrag, um Fortschritt und Wohlstand in Deutschland zu sichern. Der VDI gestaltet die Welt von morgen – als Schnittstelle zwischen Ingenieurinnen und Ingenieuren, Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. In seinem einzigartigen multidisziplinären Netzwerk mit rund 130.000 Mitgliedern bündelt er das Wissen und die Kompetenzen, die nötig sind, um den Weg in die Zukunft zu gestalten.



VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.  
Zukunft Deutschland 2050  
ZD2050@vdi.de  
[www.vdi.de](http://www.vdi.de)

ISBN 978-3-949971-87-7 | E-ISBN 978-3-949971-88-4