

20
23



**Alle Ergebnisse und Analysen
des Innovationsindikators sowie
weiteres Hintergrundmaterial und einen
ausführlichen englischsprachigen
Methodenbericht finden Sie auf der
Website. Dort können Sie mit
„Mein Indikator“ auch individuell
Volkswirtschaften miteinander
vergleichen.**

[innovationsindikator.de](https://www.innovationsindikator.de)

INHALT

EDITORIAL	04
AUF EINEN BLICK	06
1. ZUSAMMENFASSUNG	08
2. EINLEITUNG	10
3. INNOVATIONSFÄHIGKEIT	12
4. SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN	22
5. NACHHALTIGKEIT	38
6. METHODIK	48
ENDNOTEN	50
PROJEKTPARTNER	51
IMPRESSUM	52

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

moderne, wissensbasierte Gesellschaften brauchen Innovationen, um Wachstum zu generieren. Das gilt für Deutschland in besonderem Maße, denn wir stehen durch den demografischen Wandel immer mehr unter Druck, die Produktivität durch innovative Technologien weiter zu verbessern. Gleichzeitig sind Innovationen der Schlüssel zur Lösung zentraler Zukunftsaufgaben wie der Dekarbonisierung unserer Industrienation.

Die Schweiz, Singapur und Dänemark belegen im neuen Innovationsindikator 2023 die ersten Plätze. Deutschland folgt mit deutlichem Abstand auf dem zehnten Platz. „Ein Aufschließen zur Spitzengruppe oder eine kontinuierliche Verbesserung sind nicht zu erkennen“, urteilt das Autorenteam der Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung sowie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Damit setzt sich für Deutschland ein Trend fort, der unsere Schwäche im Vergleich zu unseren Wettbewerbern nur zu deutlich ins Licht rückt: Lange bekannte Defizite werden nicht oder zu langsam angegangen, Chancen nicht ausreichend genutzt. Die Industrie leidet längst unter dem Fachkräftemangel, der Innovationskraft und Wohlstand kostet. Es bleibt zu hoffen, dass die Bundesregierung mit der Umsetzung des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes einen wirklichen Schritt nach vorne macht. Deutschlands Zukunft steht auf dem Spiel, die weltweiten Herausforderungen durch den Klimawandel und multiple Krisen sind enorm. Ohne radikale Transformation und konsequente Innovation werden wir unsere Wettbewerbsfähigkeit nicht halten. Was können Politik und Unternehmen tun?

Unternehmen müssen die Transformation beherzt und mutig angehen, die Politik muss schneller und flexibler werden. In der Bundesregierung mangelt es von der Zukunftsstrategie über den Zukunftsrat und die Start-up-Strategie bis zur Allianz für Transformation – um nur einige zu nennen – nicht an Initiativen und Expertise. Sie alle müssen jetzt wirksam werden und Maßnahmen umsetzen, die unsere Schwachstellen adressieren, notwendigen Wandel beschleunigen und Chancen verwandeln. Denn das zeigt der Innovationsindikator 2023 auch ganz klar: Deutschland ist in etlichen Zukunftsfeldern stark, in der Schlüsseltechnologie der neuen Produktionstechnologien weltweit Spitze, bei den Schlüsseltechnologien Kreislaufwirtschaft und Energietechnologien reicht es ebenso für Silber und Bronze! Erwartungsgemäß schneiden wir bei digitaler Vernetzung und Hardware nicht so stark ab. Aber darum muss es jetzt im Geschäftsmodell für den Industriestand-

ort Deutschland gehen: Kompetenz aufbauen und Souveränität in den für unser Land kritischen Schlüsseltechnologien ausbauen. Eine engere Zusammenarbeit zwischen Politik und Wirtschaft wird dabei entscheidend sein, um wettbewerbsfähige Regelwerke für marktnahe Innovationen zu schaffen. Klar ist auch: Innovation muss auf eine nachhaltige Transformation einzahlen. Und auch da sind wir schon heute besser als von vielen gedacht. Deutschland belegt hinter Dänemark und Finnland den dritten Platz im Nachhaltigkeitsindikator, das Interesse von Venture-Capital-Investoren an grünen Frühphasen-Investitionen ist geweckt und dürfte durch den DeepTech & Climate Fonds der Bundesregierung noch zunehmen.

Schließlich wollen die Partner Roland Berger und der Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. mit der Neuausrichtung des Innovationsindikators auf die Themenschwerpunkte „Innovationen hervorbringen“, „Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln“ sowie „Nachhaltig wirtschaften“ selbst zur Innovation der Innovationsforschung beitragen. Indem wir die Methodik und Sichtweise auf Deutschlands Innovationsfähigkeit überarbeitet haben, können wir Ihnen mit dem Innovationsindikator 2023 eine Reihe frischer Ergebnisse und Erkenntnisse präsentieren, die zur Diskussion einladen sollen.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.



Siegfried Russwurm
Präsident, BDI



Stefan Schaible
Global Managing Partner, Roland Berger

DEUTSCHLANDS RANGPLÄTZE UND AUFGABEN

Auf einen Blick

TOP

3

INNOVATIONSFÄHIGKEIT



SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN



NACHHALTIGKEIT



RANG

10 →

Deutschland muss ...

... das vorhandene Fachkräftepotenzial mobilisieren und Fachkräftezuwanderung forcieren.

... Investitionen in innovative Unternehmensgründungen durch den Ausbau von Wagniskapital und Exitkanälen weiter steigern.

... den Wissens- und Technologietransfer durch mehr Flexibilität bei IP-Management und Spin-offs voranbringen.

INNOVATIONSFÄHIGKEIT

45 INDEXPUNKTE

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

RANG

7 →

Deutschland muss ...

... seine technologische Souveränität in Schlüsseltechnologien ausbauen, indem es eigene Kompetenzen erweitert und differenzierte Wertschöpfungsnetzwerke etabliert.

... seine Investitionen in Schlüsseltechnologien in der Breite ausweiten und in hochrelevanten Bereichen intensivieren. Dies gelingt am besten gemeinsam mit den europäischen Partnern.

... ausgewählte Technologiefelder priorisieren und Mittel zielgerichteter einsetzen. Dies erfordert ein enges Zusammenspiel zwischen wissenschaftlicher Grundlagenforschung und industrieller anwendungsorientierter Forschung.

43 INDEXPUNKTE

NACHHALTIGKEIT

RANG

3 ↗

Deutschland muss ...

... neue, zirkuläre Geschäftsmodelle entwickeln und Wertschöpfungsketten umgestalten.

... bei der Förderung nachhaltiger Technologien stärker das Potenzial von Start-ups berücksichtigen.

... Nachhaltigkeitsziele konsequent in die öffentliche Beschaffung integrieren.

47 INDEXPUNKTE

Mehr Empfehlungen finden Sie am Ende des jeweiligen Kapitels.

DEUTSCHLAND BEWEGT SICH IM MITTELFELD

Die wichtigsten Ergebnisse

INNOVATIONSFÄHIGKEIT

- Deutschland liegt im Jahr 2021 bei der Fähigkeit, Innovationen hervorzubringen, im Vergleich mit 34 Industrie- und Schwellenländern auf Rang 10. Der Abstand zur Spitze ist deutlich. Dort liegen vor allem kleinere Volkswirtschaften, die sich stark auf das Thema Innovation spezialisiert haben. Unter den größeren Volkswirtschaften nimmt Deutschland die zweite Stelle hinter Südkorea ein.
- Deutschlands Position ist über die gesamte Beobachtungsperiode hinweg (das heißt seit 2005) recht konstant. Ein Aufschließen zur Spitzengruppe oder eine kontinuierliche Verbesserung der Innovationsfähigkeit sind nicht zu erkennen. Die gute Nachricht ist, dass Deutschland in einem sich rasch wandelnden und durch verschiedene Krisen gekennzeichneten globalen Umfeld seine Innovationsfähigkeit erhalten konnte. Die schlechte Nachricht ist, dass wenig dynamische Strukturen ein Hemmnis darstellen, wenn größere Anpassungen notwendig werden.
- Deutschlands Stärken zeigen sich bei den FuE-Aktivitäten in Wirtschaft und Wissenschaft. So sind die FuE-Ausgaben der Unternehmen im internationalen Vergleich hoch, ebenso wie die von Unternehmen finanzierte FuE in der Wissenschaft. Die Ausrichtung Deutschlands auf forschungsintensive Güter ist in zahlreichen Indikatoren deutlich erkennbar. Zu den Schwächen Deutschlands im internationalen Vergleich gehören neben der demografischen Herausforderung (Fachkräftemangel) weiterhin niedrige Wagniskapitalinvestitionen (wenngleich diese jüngst deutlich angestiegen sind) sowie ein rückläufiger Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiewaren.
- Das Ranking der Innovationsfähigkeit wird angeführt von der Schweiz, gefolgt von Singapur und Dänemark. Die Länder investieren massiv in ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem und sorgen für enge Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dies eröffnet innovativen und international hoch vernetzten Industrien hervorragende Standortbedingungen.
- Die USA reihen sich, ebenso wie Großbritannien und Frankreich, hinter Deutschland ein. Die Position der USA erodiert im Zeitverlauf, was unter anderem auf den weiterhin negativen Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiewaren sowie eine vergleichsweise geringe Intensität der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zurückzuführen ist. Bei der Gesamteinschätzung ist zu beachten, dass die Innovationsleistung der USA stärker als in den meisten anderen Volkswirtschaften auf relativ wenige hoch innovative Teilräume konzentriert ist. In den USA sind im vergangenen Jahrzehnt die weniger innovationsorientierten wirtschaftlichen Aktivitäten (zum Beispiel im Energiebereich oder konsumorientierte Dienstleistungen) stärker gewachsen, während in vielen Innovationsfeldern Verlagerungsprozesse auf kostengünstigere Standorte im Ausland zu verzeichnen sind.
- China hat sich im Laufe des vergangenen Jahrzehnts ins Mittelfeld vorgearbeitet. Effekte der Corona-Pandemie sind bei China jedoch unübersehbar. So zeigt sich 2021, zum ersten Mal nach 2013, kein Zuwachs des Indexwerts. Die Stärken Chinas liegen auf der Inputseite, das heißt bei hohen FuE-Ausgaben der Wirtschaft und einer immer leistungsfähiger werdenden Wissenschaft. Auf der Umsetzungsseite sticht die stark positive Handelsbilanz im Bereich von Hochtechnologiegütern hervor.

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

- Deutschland steht bei den Schlüsseltechnologien insgesamt auf Rang 7. Es hat im Zeitverlauf einige Rangplätze eingebüßt, konnte aber den durchschnittlichen Indexwert über alle Schlüsseltechnologien weitgehend konstant halten. Allerdings droht es bei einigen der Technologien zurückzufallen, weil andere Länder stärker investieren und sich stärker engagieren. Deutschland hingegen folgt dort bestenfalls dem allgemeinen Trend. Dies betrifft digitale Hardware und neue Materialien.
- Die deutschen Stärken liegen bei Produktionstechnologien, Energietechnologien und Technologien der Kreislaufwirtschaft. Bei digitaler Vernetzung und Biotechnologie ist Deutschland über den gesamten Analysezeitraum lediglich im Mittelfeld der Vergleichsländer angesiedelt.
- Finnland nimmt bei Schlüsseltechnologien den ersten Rang ein. Das skandinavische Land liegt bei den meisten Technologiefeldern auf den vorderen Plätzen. Besonders stark ist die Position bei digitaler Vernetzung, neuen Materialien und der Kreislaufwirtschaft.
- Die USA verlieren auch bei Schlüsseltechnologien – wie bei der Innovationsfähigkeit – seit 2007 sukzessive an Rangplätzen und landen aktuell lediglich auf dem zehnten Platz. Zwar konnten die USA ihre Punktzahl halten, wurden aber von einigen anderen Ländern überholt.
- China hat in allen Technologiefeldern aufgeholt und sich so auch im Gesamtranking der Schlüsseltechnologien von einem Platz im Mittelfeld kontinuierlich in Richtung Spitzengruppe auf den fünften Rang vorgearbeitet.

NACHHALTIGKEIT

- Deutschland erreicht beim nachhaltigen Wirtschaften den dritten Platz im Vergleich der 35 Länder. Es konnte seinen Indexwert im Zeitraum von 2005 bis 2021 von 42 auf 47 Zähler verbessern.
- Deutschland zeigt hohe Indexwerte bei der staatlichen Förderung für umweltrelevante FuE, bei den Umwelteinstellungen sowie bei grünen Frühphasen-Investitionen. Insgesamt zeigt sich, dass das deutsche System in seiner Breite auf Nachhaltigkeitsthemen ausgerichtet ist, auch wenn es bei zentralen Erfolgsindikatoren der Wirtschaft, wie zum Beispiel Umweltinnovationen, FuE in erneuerbaren Energien und Patenten etwas zurückliegt.
- Dänemark steht während des gesamten Beobachtungszeitraums mit deutlichem Abstand an erster Stelle beim Nachhaltigkeits-Index. Eine hohe Zahl an umweltbezogenen wissenschaftlichen Publikationen, Umweltinnovationen der Unternehmen und umweltrelevanten Patenten sind die besonderen Stärken.
- China liegt auf Platz 20. Eine Verbesserung der Position ab 2010 ist unübersehbar und könnte ein Effekt der zunehmenden Ausrichtung auf nachhaltige Energieversorgung und Umweltinnovationen sein. Die chinesische Regierung sieht Nachhaltigkeit nicht nur als Notwendigkeit zum Erhalt der Umwelt, sondern stets auch als Chance für wirtschaftlichen Erfolg und höhere Wettbewerbsfähigkeit.
- Die USA haben bisher nur bei wenigen Faktoren des nachhaltigen Wirtschaftens nennenswerte Indexwerte erzielt. Sie landen insgesamt auf dem 28. Platz und damit auf einem der hinteren Ränge. Eine positive Entwicklung ist in den Daten nicht ablesbar. Ob der Inflation Reduction Act den „sauberen“ Technologien (clean technologies) in den USA einen Vorschub geben kann, das bleibt abzuwarten.

LANGFRISTIGE PERSPEKTIVEN ERÖFFNEN

Der neue Innovationsindikator

Seit seiner Erstveröffentlichung im Jahr 2005 stellt der Innovationsindikator ein systematisches Messkonzept zur Erfassung der Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften bereit. Die Stärke des verwendeten Messkonzepts beruht dabei unter anderem auf empirisch-methodischer Expertise in Bezug auf die Konstruktion von Kompositindikatoren. Das Konzept der Nationalen Innovationssysteme (NIS) unterscheidet verschiedene Teilsysteme, deren Ausgestaltung die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft bedeutend beeinflussen, und fokussiert dabei auf seine Akteure und deren Verbindungen. In einem nationalen Innovationssystem interagieren diese Teilsysteme und determinieren so auf unterschiedliche Art und Weise die Innovationsfähigkeit der Volkswirtschaften.

NEUE AUSRICHTUNG

Der NIS-Ansatz hat eine lange Tradition in der Innovationsforschung und hat sich in der Vergangenheit als fruchtbarer Ausgangspunkt für die empirische Analyse von Innovationsprozessen auf nationaler Ebene erwiesen. Dies zeigt sich auch daran, dass der Ansatz in der Forschung über die letzten Jahrzehnte kontinuierlich weiterentwickelt worden ist, um den geänderten Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen, zum Beispiel neuen gesellschaftlichen Herausforderungen oder dem Aufkommen neuer Technologien. Insbesondere wurde der systemzentrierte NIS-Ansatz in zunehmendem Maße um eine Funktionsperspektive erweitert.¹ Im Zentrum dieses sogenannten funktionalen NIS-Ansatzes steht nicht mehr die Erfassung ex ante definierter Systeme (Wissenschaft, Wirtschaft, Staat, Gesellschaft, Bildung) und ihrer Akteure, sondern die Art und Weise, wie bestimmte für Innovationssysteme relevante Funktionen erfüllt werden. Aufbauend auf dem funktionalen NIS-Ansatz greift der Innovationsindikator 2023 diese Erkenntnisse der Innovationsforschung auf und überführt sie in ein operationalisiertes Messkonzept, das zentrale Herausforderungen und Funktionen, denen sich moderne Innovationssysteme gegenübersehen, abbildet. Der zunehmende Technologiewettbewerb im Zuge geopolitischer Neuordnung

sowie die zentralen Herausforderungen der Dekarbonisierung und Digitalisierung von Wirtschaft, Wissenschaft, Staat und Gesellschaft sind als Hintergrund des Innovationsindikators 2023 zu verstehen. Deshalb stellt der Innovationsindikator folgende drei Aspekte in den Vordergrund:

- **Innovationen hervorbringen**
- **Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln**
- **Nachhaltig wirtschaften**

Alle drei Funktionen werden dabei als eigenständige Zielfunktionen betrachtet und innerhalb des Konzepts Innovationsindikator in Form eigenständiger Kompositindikatoren erfasst. Eine Verrechnung der diesen Funktionen zugeordneten Indikatoren erfolgt dabei nicht.

Die methodischen Neuerungen des Innovationsindikators 2023 implizieren dabei Abweichungen in den Ergebnissen im Vergleich zu früheren Ausgaben des Innovationsindikators, sodass ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Allerdings scheinen diese Anpassungen vor dem Hintergrund sich radikal wandelnder Innovationsprozesse² infolge krisenhafter Entwicklungen (Covid-19, Ukraine-Krieg), eines sich verschärfenden Innovationswettbewerbs gerade im Bereich neuer Schlüsseltechnologien³ sowie den sich immer stärker materialisierenden Auswirkungen des Klimawandels unausweichlich.

Der Innovationsindikator 2023 berücksichtigt, wie zukunftsfähig die Positionierung eines Landes ist. Dies gelingt erstens durch die Analyse, wie gut die einzelnen Volkswirtschaften in Bezug auf bedeutsame Schlüsseltechnologien abschneiden. Zweitens berücksichtigt der Innovationsindikator 2023, wie nachhaltig die Wirtschaft sowie die Innovationsprozesse ausgestaltet werden. Beispielsweise kann eine Volkswirtschaft in der Gegenwart innovatorisch erfolgreich sein, aber langfristig starken

INNOVATIONSINDIKATOR

INNOVATIONEN HERVORBRINGEN

ZUKUNFTSFELDER DURCH SCHLÜSSEL- TECHNOLOGIEN ENTWICKELN

NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN

Innovationshemmnissen ausgesetzt sein, wenn sie nicht ausreichend in zukünftig bedeutsame Technologien investiert, die über viele Branchen hinweg Innovationstreiber sind. Oder wenn die Innovationen umwelt- und ressourcenbezogene Nachhaltigkeitsgrenzen nicht einhalten. In diesem Sinne verfolgen die methodisch-konzeptionellen Neuerungen des Innovationsindikators 2023 das Ziel, eine langfristige Perspektive auf die Innovationsfähigkeit der einzelnen Volkswirtschaften zu eröffnen.

INNOVATION SICHERT ZUKUNFT

Mit Blick auf die Schlüsseltechnologien werden sieben technologische Bereiche abgebildet, die wir für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit für besonders relevant halten, nicht zuletzt deshalb, weil sie Voraussetzungen für technologische Entwicklungen in anderen Technologiebereichen und für eine Vielzahl an Wirtschaftszweigen sind:

- **Digitale Hardware**
- **Digitale Vernetzung**
- **Neue Produktionstechnologien**
- **Energietechnologien**
- **Neue Werkstoffe und fortschrittliche Materialien**
- **Biotechnologie**
- **Kreislaufwirtschaft**

Die Funktion „Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln“ fokussiert auf die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, Innovationen in bestimmten, allgemein definierten Technologiebereichen eigenständig hervorzu bringen und die daraus erwachsenden ökonomischen Entwicklungspotenziale zu nutzen. Diesem Ansatz liegt

somit eine langfristige, technologieorientierte Wettbewerbsperspektive zugrunde.

Erweitert wird diese Wettbewerbsperspektive um die Funktion „Nachhaltig wirtschaften“, die primär auf die Einhaltung planetarer Grenzen abzielt. In dieser Funktion geht es um die Frage, ob bestehende Produktions- und Innovationsprozesse nachhaltig organisiert sind und welche wissenschaftlich-technologischen Voraussetzungen in den Ländern bestehen, um die Transformationen von Wirtschaft und Gesellschaft zu unterstützen. Beide Perspektiven – die auf Schlüsseltechnologien und die auf Nachhaltigkeit – ergänzen sich. So ist es zum Beispiel möglich, dass eine Volkswirtschaft eine Führerschaft bei der Bereitstellung von Energietechnologien hat und daraus auch ökonomische Vorteile ziehen kann, während gleichzeitig die eigenen Produktions- und Innovationsprozesse nicht in hinreichendem Maße nachhaltig organisiert sind. In diesem Sinne stellt der Nachhaltigkeitsindikator im Innovationsindikator 2023 ein Messkonzept dafür bereit, inwieweit die Volkswirtschaften ihre Produktionsstrukturen auch innerhalb eines nachhaltigen Wirtschaftsparadigmas langfristig aufrechterhalten können.

Die Neuorientierung des Innovationsindikators 2023 verfolgt das übergeordnete Ziel zu messen, inwiefern verschiedene Länder ihre Zukunftsfähigkeit mithilfe von Innovation absichern. Dabei wird die schon in vergangenen Ausgaben des Innovationsindikators zumindest implizit gut abgebildete Funktion „Innovationen hervorbringen“ um eine dezidiert auf die Zukunft ausgerichtete Perspektive erweitert. Insbesondere wird mit der Funktion „Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln“ die zukünftige technologische Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Volkswirtschaften besser abgebildet. Zum anderen wird die Funktion „Nachhaltig wirtschaften“ explizit aufgenommen, um zu analysieren, ob und inwieweit die Innovations- und Produktionssysteme der einzelnen Volkswirtschaften planetare Grenzen einhalten und somit langfristig erfolgreich sein können. Eine Liste der jeweiligen Indikatoren finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

SCHWEIZ BEHAUPTET SPITZENPLATZ

Innovationen hervorbringen

Der Innovationsindikator 2023 legt einen neuen Ansatz zur Messung der Innovationsfähigkeit von 35 Volkswirtschaften vor. Der Indikator soll abbilden, wie Innovationen generiert, eingeführt und produktiv genutzt werden, und die Ergebnisse vergleichbar machen. Hierzu dienen 23 Einzelindikatoren, die vier Teilprozesse messen:

- Schaffung neuen und für Innovationen relevanten Wissens
- Diffusion dieses Wissens
- Umsetzung von Wissen in marktfähige Innovationen
- Erzielung wirtschaftlicher Erträge aus diesen Innovationen

Die Indikatorenauswahl kombiniert Maßzahlen zur aktuellen Innovationsperformance einer Volkswirtschaft, die auf Investitionen in der Vergangenheit beruht, mit Maßzahlen zu Aktivitäten, die sich auf die künftige Innovationsfähigkeit eines Landes beziehen. Insbesondere berücksichtigt der Innovationsindikator damit jene Faktoren, die an Bedeutung für die Innovationsleistung gewinnen werden. Dazu zählen beispielsweise die internationale Ausrichtung des Innovationssystems und die Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (siehe Infokasten Seite 14).

Alle Einzelindikatoren des Innovationsrankings sind an der Größe einer Volkswirtschaft (Bruttoinlandsprodukt [BIP] oder Bevölkerungszahl) normiert. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich der Innovationsfähigkeit zwischen Ländern unterschiedlicher Größe. Allerdings ist zu beachten, dass kleine und große Volkswirtschaften unterschiedliche Möglichkeiten haben, sich auf innovative Aktivitäten zu konzentrieren.

Kleine Volkswirtschaften können aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen selten alle Güter herstellen, die in einem

Land nachgefragt werden. Vielmehr müssen sie sich auf bestimmte wirtschaftliche Aktivitäten konzentrieren, um für diese eine kritische Größe zu erreichen und ein ausdifferenziertes Ökosystem zu schaffen. Besitzen kleine Länder günstige Standortvoraussetzungen für innovative Aktivitäten – wie zum Beispiel eine leistungsfähige Wissenschaft oder eine gut ausgebildete Bevölkerung – liegt der Fokus besonders auf innovationsorientierten wirtschaftlichen Aktivitäten. Innerhalb dieser Spezialisierungsfelder werden deutlich mehr Güter produziert als im Land nachgefragt werden, was zu einer starken Exportorientierung in diesen Feldern führt. Gleichzeitig werden viele andere benötigte Güter importiert.

Große Volkswirtschaften weisen demgegenüber meist ein sehr breites Spektrum wirtschaftlicher Aktivitäten auf, weil das Produktionspotenzial ansonsten die globale Nachfrage übersteigt. Wollten die USA zum Beispiel einen Großteil ihrer wirtschaftlichen Ressourcen auf die Produktion von Spitzentechnikgütern wie Halbleitern oder Pharmazeutika konzentrieren, ergäbe dies eine Produktionsmenge weit über dem globalen Bedarf. Gleichzeitig ist die Nachfrage nach Basisgütern – von Nahrungsmitteln bis hin zu persönlichen Dienstleistungen – in großen Volkswirtschaften so hoch, dass ein überwiegender Import dieser Basisgüter unrealistisch ist. Deshalb weisen große Volkswirtschaften eine stärker ausgeglichene Wirtschaftsstruktur in Bezug auf sehr innovative und weniger innovative Aktivitäten auf als kleine Volkswirtschaften.

Im Ergebnis können in kleinen Volkswirtschaften die innovationsorientierten Aktivitäten einen wesentlich höheren Anteil an allen Aktivitäten ausmachen als in großen. Wenn man Indikatoren zur Messung der Innovationsleistung also an der Größe der untersuchten Volkswirtschaften normiert, schneiden kleine Länder oft deutlich besser ab als große – obwohl der absolute Innovationsbeitrag der kleinen Länder weit hinter den großen Volkswirtschaften zurückbleibt. In großen Volkswirtschaften konzentriert sich dagegen das Innovationsgeschehen oft stark auf bestimmte Teilräume mit besonders günstigen

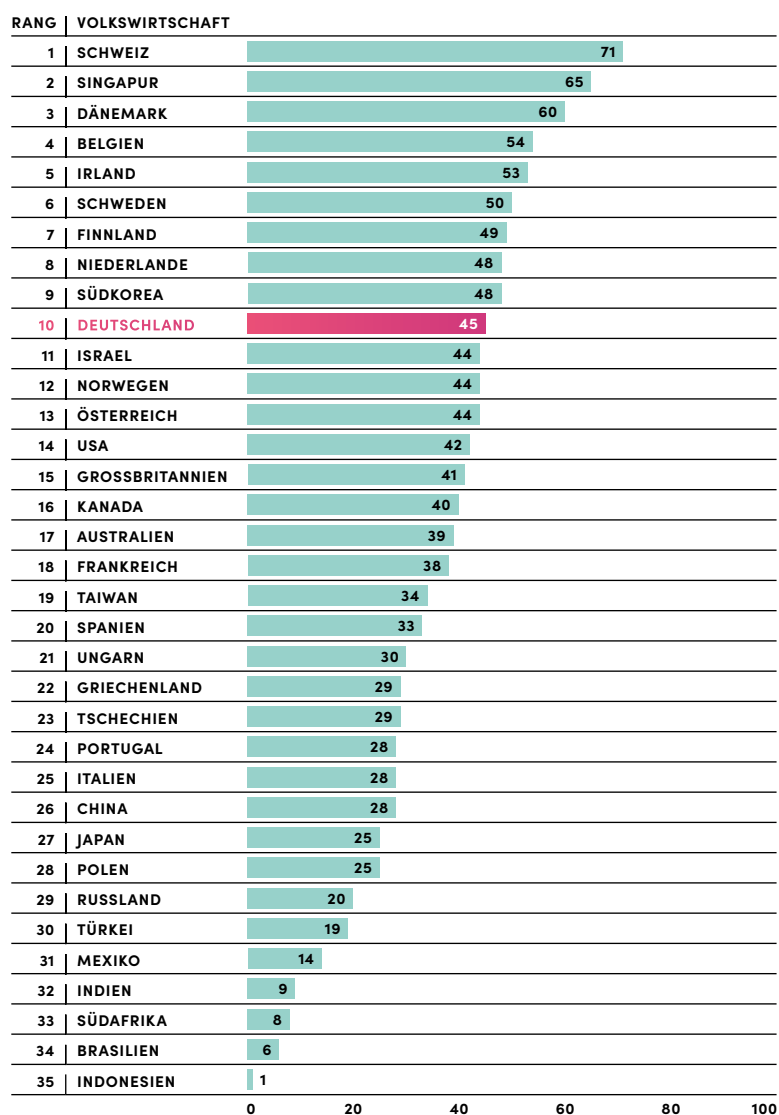
Voraussetzungen. Würden diese Teilräume gesondert betrachtet, würden sie oft eine deutlich höhere Innovationsfähigkeit als viele der innovationsstarken kleinen Volkswirtschaften aufweisen.⁴ Kombiniert mit anderen Teilräumen, die auf nicht innovative Aktivitäten spezialisiert sind, ergibt sich im Mittel jedoch eine merklich geringere Maßzahl der Innovationsfähigkeit.

ZENTRALE ERGEBNISSE

Die Schweiz ist im Innovationsindikator 2023 das Land mit der höchsten Innovationsfähigkeit. Die Alpenrepublik erreicht 71 von möglichen 100 Punkten. Dahinter folgen Singapur mit 65 und Dänemark auf Platz 3 mit 60 Punkten. Auf den Rängen 4 bis 7 liegen mit Belgien (54 Punkte), Irland (53), Schweden (50) und Finnland (49) vier weitere eher kleine Volkswirtschaften. Erst auf Rang 9, noch hinter den Niederlanden, findet sich mit Südkorea (48) die erste größere Volkswirtschaft. Deutschland erreicht mit 45 Punkten den zehnten Rang und ist unter den größeren Volkswirtschaften damit das zweitinnovativste Land. Die USA landen mit 42 Punkten ebenso hinter Deutschland wie Großbritannien (41) und Frankreich (38).

Die hohen Bewertungen kleinerer Volkswirtschaften zeigen, dass es diesen leichter fällt, einen größeren Teil der verfügbaren personellen und finanziellen Ressourcen auf die Schaffung und wirtschaftliche Verwertung neuen Wissens zu setzen. Singapur ist hierfür ein herausragendes Beispiel. Der Stadtstaat mit knapp 6 Millionen Menschen auf einer Fläche, die kleiner als das Stadtgebiet Berlins ist, setzt seit langer Zeit auf neue Technologien und innovationsorientierte Wirtschaftszweige – von der Mikroelektronik und Biotechnologie über Digitalwirtschaft und Finanzwirtschaft bis zu innovativer Logistik. Dazu investiert das Land sowohl in eine exzellente Wissenschaft und eine sehr gut ausgebildete Bevölkerung als auch in die Ansiedlung und das Wachstum innovativer Industrien. Gleichzeitig erfolgen eine starke internationale Vernetzung und ein intensiver Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Singapur hat sich mit die-

INNOVATIONSFÄHIGKEIT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

ser Strategie seit Mitte der 2000er-Jahre von einem Platz im Mittelfeld schrittweise nach vorne entwickelt und ist seit rund zehn Jahren in der Spitze zu finden.

In Europa folgen die Schweiz und Dänemark einem sehr ähnlichen Ansatz wie Singapur. Hohe Investitionen in ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem eröffnen innovativen und international hoch vernetzten Industrien hervorragende Standortbedingungen. Neben hohen Ausgaben für die Hochschulausbildung und einer exzellenten Wissenschaft stellen enge Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft einen Standortvorteil dar. In der Industrie setzen beide Länder Schwerpunkte bei Pharma/Biotechnologie sowie im Maschinenbau. Dänemark weist außerdem einen stark entwickelten wissensintensiven Dienstleistungssektor auf.

Auch Belgien hat im vergangenen Jahrzehnt zunehmend einen Weg der Spezialisierung auf besonders innovationsorientierte Aktivitäten verfolgt. Das spiegelt sich vor allem in stark steigenden FuE-Ausgaben wider. Im Jahr 2020 erreichten die FuE-Ausgaben der belgischen Wirtschaft und Wissenschaft einen Anteil von 3,4 Prozent am BIP des Landes. Dies ist der zweithöchste Wert unter allen Staaten Europas – knapp hinter Schweden, aber noch vor der Schweiz und Deutschland. Im Jahr 2010 lag die

FuE-Quote Belgiens dagegen erst bei 2,1 Prozent. Auch Irland stärkt kontinuierlich seine Innovationsausrichtung, wobei die grüne Insel einen anderen Ansatz als die vier im Innovations-Index vor ihr platzierten Länder gewählt hat. Die irische Strategie setzte bisher stark auf die Niederlassung ausländischer Technologiekonzerne, unter anderem durch eine großzügige FuE-Förderung, ein großes (Englisch sprechendes) Fachkräfteangebot und den Zugang zum europäischen Binnenmarkt. Die Investitionen in die Wissenschaft bleiben demgegenüber zwar gering, allerdings wurde die Exzellenz- und Kooperationsorientierung des relativ kleinen heimischen Wissenschaftssektors stark erhöht.

Aber nicht alle kleinen Länder, die einen Weg der starken Innovationsorientierung eingeschlagen und sehr hohe Indexwerte erreicht haben, konnten dieses hohe Niveau auf Dauer halten. In den 2000er-Jahren zählten Schweden und Finnland zu den innovativsten Ländern der Welt. Schweden konnte bis Mitte der 2010er-Jahre einen hohen Indexwert halten, fiel danach aber zurück. In Finnland setzte schon früher ein Abwärtstrend ein. Grund hierfür ist in beiden Ländern die starke Konzentration des nationalen Innovationssystems auf digitale Technologien. In diesem hoch dynamischen Technologiefeld sind einmal errungene Innovationsvorsprünge schwieriger zu

INDIKATOREN ZUR MESSUNG DER INNOVATIONSFÄHIGKEIT EINES LANDES

Schaffung von Wissen

- Anteil Promovierte
- Hochschulausgaben je Studierende
- FuE-Ausgaben der Wirtschaft je BIP
- FuE-Ausgaben der Wissenschaft je BIP
- Wissenschaftlich-technische Publikationen je Bevölkerung
- Zitate je wissenschaftlich-technischer Publikation
- Anteil häufig zitierter wissenschaftlich-technischer Publikationen

Diffusion von Wissen

- Relation junge zu älteren Hochschulabsolventen
- Anteil industriefinanzierte FuE-Ausgaben der Wissenschaft
- Transnationale Patentanmeldungen je Bevölkerung
- Patente aus Wissenschaft je Bevölkerung
- Ko-Patente Wissenschaft-Wirtschaft je Bevölkerung
- Ko-Publikationen Wissenschaft-Wirtschaft je Bevölkerung

Umsetzung von Wissen in Innovation

- Anteil Beschäftigte mit Hochschulabschluss
- Fachkräfteangebot: Anteil offene Stellen (Indikator geht mit Gewicht -1 in den Gesamtindex ein, das heißt, ein hoher Indikatorwert zeigt eine hohe Innovationsfähigkeit an).
- Venture-Capital je BIP
- Anteil internationale Ko-Patente
- Anteil staatlich finanzierter FuE-Ausgaben der Wirtschaft
- Markenanmeldungen je Bevölkerung

Nutzung von Innovationen

- Wertschöpfungsanteil Hochtechnologie
- BIP pro Kopf
- Industrielle Wertschöpfung je Arbeitsstunde
- Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiewaren

halten als in anderen Technologiefeldern. Kleine Volkswirtschaften kommen jedoch nicht umhin, ihre relativ geringen Ressourcen auf wenige Innovationsthemen zu fokussieren. Deshalb laufen sie stets Gefahr, die erreichte Innovationsposition wieder zu verlieren, etwa wenn neue Technologie- und Markttrends nicht rasch genug antizipiert werden oder wenn neue Wettbewerber mit überlegenen Innovationen oder Geschäftsmodellen auftreten.

Aus einer langfristigen Perspektive stellt sich auch die aktuelle Spitzenposition der Schweiz weniger eindeutig dar, als ein reiner Blick auf den Rangplatz suggeriert. Mitte der 2000er-Jahre wies die Schweiz noch ein deutlich höheres Niveau der Innovationsfähigkeit in Relation zu den Mitbewerbern auf. Bis 2008 ging der Indexwert zurück, blieb danach aber konstant. Ab Mitte der 2010er-Jahre zeigt sich allerdings wieder eine leicht rückläufige Tendenz, das heißt, andere Länder holen stärker auf. Für die Schweiz muss dies allerdings nicht per se ein Nachteil sein, weil ihr spezifischer Wettbewerbsvorteil im Bereich Bildung und Wissensgenerierung sowie die spezifische technologische Ausrichtung der Schweiz (Maschinenbau, Messtechnik, Pharma, Chemie, Medizintechnik) von der anderer Länder an der Spitze abweicht.

Das Beispiel von Singapur zeigt, dass es kleinen Ländern relativ rasch gelingen kann, zu den Spitzennationen aufzuschließen, es aber schwierig ist, von der Spitze aus weiter die Innovationsfähigkeit zu steigern. In Singapur scheint der dynamische Prozess in Richtung immer stärkerer Innovationsorientierung in der zweiten Hälfte der 2010er-Jahre zum Stillstand gekommen zu sein. Belgien, das den Aufholprozess erst später gestartet hat, weist bis zum aktuellen Zeitpunkt eine dynamische Entwicklung auf.

DEUTSCHLAND ZWEITER UNTER DEN GROSSEN VOLKSWIRTSCHAFTEN

Große Volkswirtschaften dagegen weisen meist eine stabilere Entwicklung ihrer Innovationsfähigkeit auf. Dies liegt zum einen daran, dass sie eine viel größere Zahl von Technologien und Innovationsthemen besetzen, sodass abrupte Veränderungen in einem Technologiebereich keinen starken Einfluss auf das Gesamtranking haben. Zum anderen müssen in großen Volkswirtschaften auch erheblich umfangreichere finanzielle und personelle Ressourcen verschoben werden, um die Innovationsleistung merklich zu verändern. Vor diesem Hintergrund ist die hohe Innovationsdynamik in Südkorea zwischen 2010 und 2015 bemerkenswert. In diesem Zeitraum hat das Land von seiner Strategie profitiert, sich stark in Richtung digitale Technologien und digitale Wirtschaft zu orientieren. Seit 2017 ist Südkorea die innovativste der großen Volkswirtschaften im Innovationsindikator. Südkorea punktet mit hohen FuE-Ausgaben in Wirtschaft und Wissenschaft, einer gut ausgebildeten Bevölkerung sowie mit einer effizienten Umsetzung von Innovationen in wirtschaftliche Erträge. Dies deutet auf eine hohe Effizienz im Transfer von Inputs zu Outputs hin.



IN EUROPA FOLGEN DIE SCHWEIZ UND DÄNEMARK EINEM ÄHNLICHEN ANSATZ WIE SINGAPUR. «

Deutschland weist im Vergleich zu Südkorea eine viel geringere Dynamik auf. Der Indexwert hat sich in den vergangenen 15 Jahren nur wenig verändert. Dies deutet auf ein stabiles Innovationssystem hin, das in einem sich rasch wandelnden und durch verschiedene Krisen gekennzeichneten globalen Umfeld seine Standortvorteile verteidigen konnte, jedoch wenig Dynamik entfaltet hat. Die Stärke Deutschlands liegt dabei in einer guten Performance in allen vier Prozessen der Entstehung und Nutzung von Innovationen, das heißt in einem ausbalancierten System. Als Resultat erzielt Deutschland ebenso wie Südkorea besonders hohe Werte bei den Indikatoren, welche die wirtschaftlichen Erträge von Innovationen messen. Deutliche Schwächen zeigen sich dagegen bei den Fachkräften. Die Relation zwischen Hochschulabsolvierenden und älteren erwerbstätigen Akademikerinnen und Akademikern ist ungünstig und der Anteil offener Stellen sehr hoch. Schwach schneidet Deutschland – trotz Verbesserungen in den letzten Jahren – bei den Risikokapital-Investitionen ab. Niedrig sind außerdem manche Indikatoren zum Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, etwa die Zusammenarbeit in der Grundlagenforschung (gemessen an gemeinsamen wissenschaftlichen Publikationen). Hierin spiegelt sich, dass in Deutschland nur sehr wenige Unternehmen Grundlagenforschung betreiben. Die FuE-Aktivitäten der Wirtschaft sind stark auf umsetzungsnahe Projekte ausgerichtet. Auf der einen Seite sichert dies eine starke Stellung bei der Umsetzung von Innovationen in Markterfolge. Auf der anderen Seite erschwert dies den raschen Einstieg in neue Innovationsthemen, die sich aus der Grundlagenforschung heraus entwickeln.

Die deutsche Innovationspolitik der letzten Jahre verfolgt zwei wesentliche Ansätze, um das ausbalancierte System angesichts der globalen dynamischen Entwicklungen wettbewerbsfähig zu halten. Einerseits strebt Deutschland eine Erhöhung der FuE-Ausgaben an (3,5-Prozent-Ziel, das heißt Erhöhung der FuE-Ausgaben je BIP auf diesen Wert bis 2025). Gleichzeitig soll die Exzellenzorientierung in der Wissenschaft sowie die Zusammenarbeit zwischen einzelnen Wissenschaftseinrichtungen und zwischen Wis-



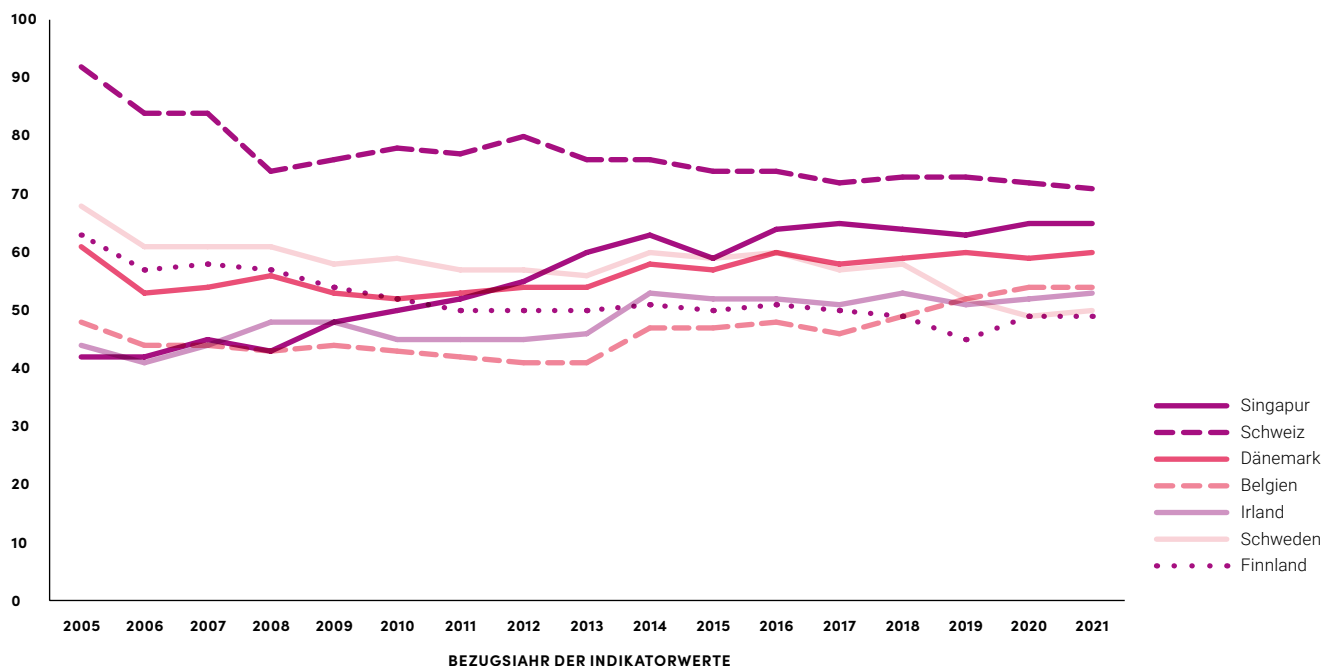
DEUTSCHLAND HAT EIN STABILES INNO- VATIONSSYSTEM MIT WENIG DYNAMIK. «

INNOVATIONSFÄHIGKEIT: GESAMTRANKING DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	2005	2010	2015	2020	2021
1	SCHWEIZ	SCHWEIZ	SCHWEIZ	SCHWEIZ	SCHWEIZ
2	SCHWEDEN	SCHWEDEN	SCHWEDEN	SINGAPUR	SINGAPUR
3	FINNLAND	DÄNEMARK	SINGAPUR	DÄNEMARK	DÄNEMARK
4	DÄNEMARK	FINNLAND	DÄNEMARK	BELGIEN	BELGIEN
5	USA	SINGAPUR	IRLAND	IRLAND	IRLAND
6	NORWEGEN	USA	FINNLAND	SCHWEDEN	SCHWEDEN
7	NIEDERLANDE	ÖSTERREICH	BELGIEN	FINNLAND	FINNLAND
8	ÖSTERREICH	IRLAND	ISRAEL	NIEDERLANDE	NIEDERLANDE
9	KANADA	DEUTSCHLAND	NIEDERLANDE	SÜDKOREA	SÜDKOREA
10	BELGIEN	NIEDERLANDE	ÖSTERREICH	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND
11	DEUTSCHLAND	BELGIEN	DEUTSCHLAND	ISRAEL	ISRAEL
12	GROSSBRITANNIEN	NORWEGEN	USA	NORWEGEN	NORWEGEN
13	IRLAND	KANADA	SÜDKOREA	ÖSTERREICH	ÖSTERREICH
14	ISRAEL	ISRAEL	NORWEGEN	USA	USA
15	SINGAPUR	FRANKREICH	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN
16	AUSTRALIEN	SÜDKOREA	KANADA	AUSTRALIEN	KANADA
17	FRANKREICH	GROSSBRITANNIEN	AUSTRALIEN	KANADA	AUSTRALIEN
18	SÜDKOREA	AUSTRALIEN	FRANKREICH	FRANKREICH	FRANKREICH
19	JAPAN	JAPAN	SPANIEN	TAIWAN	TAIWAN
20	SPANIEN	SPANIEN	UNGARN	SPANIEN	SPANIEN
21	ITALIEN	TAIWAN	TSCHECHIEN	UNGARN	UNGARN
22	TAIWAN	UNGARN	TAIWAN	ITALIEN	GRIECHENLAND
23	RUSSLAND	RUSSLAND	JAPAN	GRIECHENLAND	TSCHECHIEN
24	TSCHECHIEN	ITALIEN	PORTUGAL	CHINA	PORTUGAL
25	UNGARN	TSCHECHIEN	RUSSLAND	TSCHECHIEN	ITALIEN
26	GRIECHENLAND	PORTUGAL	GRIECHENLAND	PORTUGAL	CHINA
27	SÜDAFRIKA	GRIECHENLAND	ITALIEN	JAPAN	JAPAN
28	TÜRKEI	CHINA	POLEN	POLEN	POLEN
29	PORTUGAL	POLEN	CHINA	RUSSLAND	RUSSLAND
30	POLEN	SÜDAFRIKA	TÜRKEI	TÜRKEI	TÜRKEI
31	CHINA	INDONESIEN	BRASILIEN	MEXIKO	MEXIKO
32	INDONESIEN	MEXIKO	MEXIKO	SÜDAFRIKA	INDIEN
33	MEXIKO	TÜRKEI	SÜDAFRIKA	INDIEN	SÜDAFRIKA
34	BRASILIEN	BRASILIEN	INDIEN	BRASILIEN	BRASILIEN
35	INDIEN	INDIEN	INDONESIEN	INDONESIEN	INDONESIEN

Quelle: Innovationsindikator

INNOVATIONSFÄHIGKEIT: ENTWICKLUNG KLEINER VOLKSWIRTSCHAFTEN MIT SEHR HOHEM INDEXWERT



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

senschaft und Wirtschaft verstärkt werden. Als Beispiele sind hier sowohl das Forschungscampus-Programm als auch die Fortführung und Ausweitung des ZIM-Programms zu nennen. Auf europäischer Ebene wurden diese Anstrengungen beispielsweise durch Flaggschiff-Programme (zum Beispiel Batterie- oder Quantentechnologien) beziehungsweise Programme von gemeinsamem Interesse (IPCEIs), etwa zu Wasserstoff oder Batterien, flankiert.

Anders stellt sich die Dynamik der Innovationsfähigkeit für Großbritannien dar. Ausgehend von einem ähnlich hohen Indexwert wie Deutschland Mitte der 2000er-Jahre hat das Land vor allem seit der Finanzkrise 2007/08 deutlich an Innovationsfähigkeit verloren. Seit 2012 findet ein langsamer, aber stetiger Aufholprozess statt. Dabei liegt die Stärke Großbritanniens ganz klar in der Wissenschaft, die sich durch eine hohe Publikationsleistung und einen hohen Output an Hochqualifizierten auszeichnet. Schwach ist dagegen die Leistung im Bereich der Umsetzung von Wissen in Innovationen und wirtschaftliche Erträge. Dies zeigt, dass der Wissens- und Technologietransfer nur unzureichend funktioniert. Die politischen Anstrengungen in diesem Bereich, wie beispielsweise das anwendungsorientierte Catapult-Programm, sind durch den EU-Austritt und die aktuelle wirtschaftliche Krise nicht zu einer breiten Wirkung gelangt.

Auch für Frankreich lässt sich in den letzten fünf Jahren ein aufsteigender Trend beobachten. Hierfür sind unter anderem die hohen Investitionen des Staates in die Förderung von FuE in der Wirtschaft (steuerliche Förderung) sowie eine sehr gute Performance des Wissenschafts-

systems verantwortlich. Allerdings mangelt es in Frankreich – ebenso wie Großbritannien – an der Umsetzung dieses Wissens in Markterfolge.

In den USA fällt dagegen der Indexwert langsam, aber kontinuierlich. Bis etwa 2010 lagen die USA unter den großen Volkswirtschaften klar an erster Stelle. Mit der Finanzkrise verschlechterte sich die Position merklich. Seither findet ein stetiger Rückgang statt. Dabei ist zu beachten, dass die Innovationsleistung der USA stärker als in den meisten anderen Volkswirtschaften auf relativ wenige hoch innovative Teilräume konzentriert ist. Dazu zählen allen voran das Silicon Valley und andere Regionen in Kalifornien, die nordöstliche Region um New York und Boston, die Region um Seattle sowie einzelne Standorte im Bereich der Großen Seen und den Südstaaten. Die weitaus größten Teile der USA weisen dagegen kaum Innovationszentren von globaler Bedeutung auf. In der Gesamtbetrachtung des großen Landes ergibt dies keine herausgehobene Position im internationalen Vergleich, obgleich die globale Bedeutung der USA als Innovationsstandort unumstritten ist. Gleichzeitig sind im vergangenen Jahrzehnt die weniger innovationsorientierten wirtschaftlichen Aktivitäten stärker gewachsen, während in vielen Innovationsfeldern Verlagerungsprozesse auf kostengünstigere Standorte im Ausland zu verzeichnen sind.

Die Position Chinas im Innovationsranking hat sich kontinuierlich verbessert. Der große Abstand zu den führenden großen Volkswirtschaften hat sich seit 2005 mehr als halbiert. Allerdings zeigt sich 2021, zum ersten Mal nach 2013, kein Zuwachs des Indexwerts. Die Stärken Chinas liegen auf der Inputseite, das heißt bei hohen FuE-Aus-

gaben der Wirtschaft und einer immer leistungsfähiger werdenden Wissenschaft. Dies ist typisch für Länder, die sich von einem relativ niedrigen Entwicklungsstand aus in Richtung eines modernen Industrielands bewegen. Auf der Umsetzungsseite sticht die stark positive Handelsbilanz im Bereich von Hochtechnologiegütern hervor.

Eine Sonderrolle nimmt Japan ein. Das Land liegt über den gesamten Betrachtungszeitraum deutlich hinter den übrigen großen Volkswirtschaften, ohne dass es zu einer merklichen Verbesserung oder Verschlechterung des Indexwerts kommt. Dies steht auf den ersten Blick im Widerspruch zu der starken Innovationsposition der japanischen Unternehmen in vielen Märkten und Technologiefeldern. Allerdings fußt diese Position auf Strukturen und Investitionen, die vor längerer Zeit entstanden sind beziehungsweise getätigt wurden. Hinzu kommt, dass die Entwicklung der Wettbewerbssituation mit China die angestammten Technologiebereiche Japans wie Mikroelektronik oder Konsumelektronik besonders herausfordert.

Bei den zukunftsorientierten Indikatoren, wie zum Beispiel der Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems, dem Fachkräfteangebot, der internationalen Ausrichtung des Innovationssystems, dem Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft oder den Wagniskapitalinvestitionen, steht Japan schlecht da. Die Gefahr, die aus einem zu langen Beharren auf etablierten Strukturen resultiert, ist Japan durchaus bewusst. Allerdings hat das Land bislang keinen Ausweg aus dem Dilemma gefunden, in neue Technologiefelder zu investieren, ohne die Grundlagen des aktuell noch sehr hohen Wohlstands zu

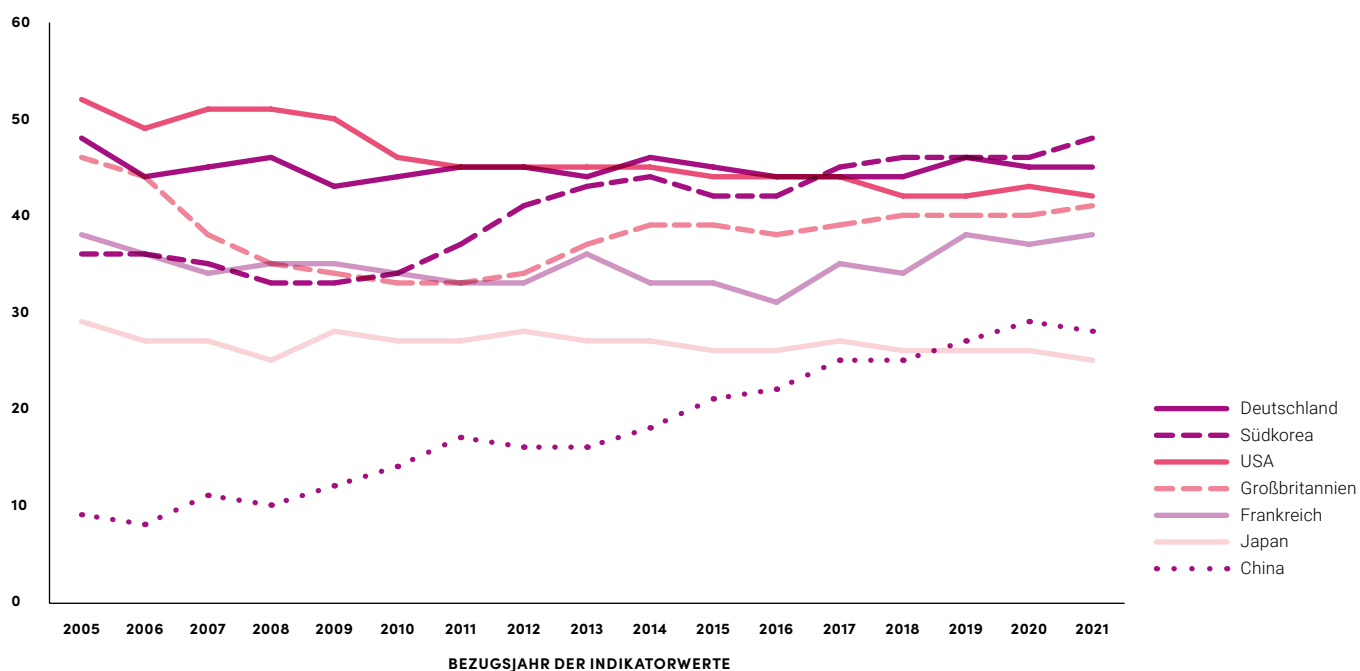
untergraben. Die geringe wirtschaftliche Dynamik in den vergangenen drei Jahrzehnten, der zunehmende Fachkräftemangel, aber auch stark hierarchische Entscheidungsmechanismen sowie eine gewisse Abschottungstendenz der japanischen Gesellschaft stellten und stellen schwierige Voraussetzungen für einen grundlegenden Wandel des japanischen Innovationssystems dar. Der Innovationsindikator zeigt, dass dieser Wandel weiterhin nicht in Gang gesetzt werden konnte.

SÜD- UND OSTEUROPA HOLEN AUF

Im Innovationsindikator werden auch süd- und osteuropäische Länder betrachtet, weil sie aus wissenschaftlicher und technologischer Sicht sowie aufgrund ihrer wirtschaftlichen Entwicklungen nicht nur in Europa, sondern weltweit eine nennenswerte Größe darstellen. Alle untersuchten Länder platzieren sich in der unteren Hälfte des Rankings. Bei einem insgesamt engen Feld schneidet Spanien mit 33 Punkten am besten und Polen mit 25 Punkten am schlechtesten ab. Dazwischen liegen Ungarn (30), Griechenland (29), Tschechien (29), Italien (28) und Portugal (28). In den vergangenen 15 Jahren konnten sich alle Länder dieser Gruppe verbessern. Gleichzeitig glichen sich die Innovationsleistungen der Länder deutlich an. Dies liegt insbesondere daran, dass Griechenland, Portugal und Polen ihre Investitionen in eine innovationsbasierte Wettbewerbsstrategie deutlich erhöht haben.

Spanien und Tschechien konnten bis Mitte der 2010er-Jahre Zuwächse beim Indexwert verzeichnen, stagnieren jedoch seitdem. Offenbar reichen die Ressourcen in

INNOVATIONSFÄHIGKEIT: ENTWICKLUNG GROSSER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

INNOVATIONSFÄHIGKEIT: ENTWICKLUNG DER SÜD- UND OSTEuropÄISCHEN VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

diesen Ländern nicht aus, um den Aufholprozess dynamisch fortzusetzen. Ungarn verzeichnete nach 2015 ebenfalls Rückschläge bei der weiteren Erhöhung der Innovationsleistung, konnte sich aber seit 2020 wieder merklich verbessern. Italien konnte nach einer zunächst rückläufigen Entwicklung seine Innovationsleistung ab 2012 sukzessive steigern. Die süd- und osteuropäischen Länder zeigen recht ähnliche Stärken und Schwächen der Innovationsleistung. In allen sechs Ländern leistet der Staat umfangreiche finanzielle Beiträge zu den FuE-Ausgaben der Unternehmen. Das Wissenschaftssystem ist relativ umfangreich und das Angebot an gut ausgebildeten Fachkräften hoch. Die Schwächen liegen in den niedrigen FuE- und Patentaktivitäten der Wirtschaft, der geringen Qualität des wissenschaftlichen Outputs sowie wenig Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Die Innovationsergebnisse sind insgesamt niedrig, wenngleich Tschechien und Ungarn ihre wirtschaftlichen Aktivitäten – auch dank Investitionen aus dem Ausland – stark auf Hochtechnologiesektoren ausrichten konnten.

SCHWELLENLÄNDER ABGESCHLAGEN

Der Innovationsindikator untersucht auch die Innovationsfähigkeit sogenannter Schwellenländer. Diese Länder versuchen einen Strukturwandel in Richtung höherwertiger Produktionsaktivitäten und stärkerer Integration in die Weltwirtschaft zu vollziehen. Ein wichtiger Hebel, um dieses Ziel zu erreichen, ist der Ausbau der Innovationsfähigkeit. Allerdings gibt es bei keinem der Länder eine merkliche Verbesserung in den letzten Jahren. Im Innovationsranking bilden sie die Schlussgruppe. Russland und die Türkei führen diese Gruppe mit einem Indexwert von

20 beziehungsweise 19 Punkten an. Dahinter folgen Mexiko (14), Indien (9), Südafrika (8) und Brasilien (6). Indonesien bildet mit einem Punkt das Schlusslicht.

Innerhalb der Gruppe zeigt einzig die Türkei in den vergangenen zwölf Jahren einen klaren Aufwärtstrend. Ebenfalls in der Tendenz ansteigende Indexwerte vermelden Indien und Mexiko. Südafrika und Indonesien zeigen dagegen eher abnehmende Indexwerte. Russland weist insgesamt kaum eine Dynamik auf, konnte aber sein Ausgangsniveau über die Zeit weitestgehend halten.

Die Schwellenländer weisen bei fast allen Indikatoren sehr niedrige Werte auf. Punkten können sie im Wesentlichen mit hoher staatlicher Förderung für FuE-Ausgaben der Unternehmen und einer hohen Patentinternationalisierung. Das heißt, dass die wenigen Patentanmeldungen häufig aus Kooperationen mit ausländischen Partnern resultieren. Einen günstigen Wert weist in den meisten Ländern der Indikator zum Nachwuchs an Absolvierenden auf, das heißt, es schließen deutlich mehr junge Menschen eine Hochschulausbildung ab, als ältere Menschen mit Hochschulausbildung den Arbeitsmarkt verlassen. Russland zeichnet sich durch eine sehr hohe Quote von akademisch Gebildeten im Arbeitskräftebestand aus, die noch ein Erbe der sowjetischen Zeit ist. Außerdem ist die Handelsbilanz bei Hochtechnologieprodukten stark positiv, diese ist allerdings auch das Ergebnis der geringen Importe aufgrund von Handelsrestriktionen für Hochtechnologieprodukte. Indien ist das einzige Schwellenland, das über einen entwickelten Venture-Capital-Markt verfügt.

EMPFEHLUNGEN



FACHKRÄFTEPOTENZIAL OPTIMAL NUTZEN UND AUSBAUEN

Das in Deutschland vorhandene Fachkräftepotenzial muss umfassender genutzt werden. Die Erwerbsbedingungen für Frauen müssen sich deutlich verbessern, von der Beseitigung jeglicher Diskriminierung bei Bezahlung und Aufstiegschancen bis zur vollständigen Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Die Weiterbildung der Beschäftigten muss individueller – Stichwort: personalisiertes Lernen – und bedarfsorientiert werden. Und in der schulischen Bildung sollten möglichst alle jungen Menschen das Schulsystem mit einer ausreichenden Grundqualifikation verlassen. Daneben muss das Potenzial der Menschen, die nach Renteneintritt weiter aktiv ihre Arbeit ausführen möchten, anerkannt und durch entsprechende Arbeitsmodelle gefördert werden. Die Mobilisierung des Fachkräftepotenzials reicht jedoch nicht aus, um den demografischen Wandel zu kompensieren. Daher ist die Zuwanderung von Fachkräften unverzichtbar.

Die rechtlichen Voraussetzungen hierfür wurden mit der jüngsten Reform des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes deutlich verbessert. Damit die gesetzlichen Erleichterungen aber auch bei den Einwandernden ankommen, müssen die Verwaltungsprozesse völlig neu aufgestellt werden. Anstelle der Ausländerbehörden und Botschaften muss das Verfahren ab dem ersten Schritt einer neuen Neubürgerbehörde überantwortet werden. Durch die Nutzung der Digitalisierung in allen Verfahrensschritten kann diese Behörde schlank gehalten werden.

Um die Innovationsstärke Deutschlands zu erhalten, ist eine gleichmäßige Entwicklung des Innovationssystems wichtig. Dies ist in den vergangenen 15 Jahren gut gelungen. Mit dem 3,5-Prozent-Ziel soll dieser Weg der gleichmäßigen Expansion der Innovationsressourcen fortgesetzt werden. Die Herausforderung besteht darin, die hohen Investitionen in FuE in Innovationen umzusetzen. Dabei geht es nicht nur um die Einführung neuer Technologien, sondern auch um neue Geschäftsmodelle und die Entwicklung neuer Wertschöpfungsnetzwerke.

Insgesamt muss die Effizienz steigen. Entscheidend ist, die Innovationsfähigkeit in der Breite der Wirtschaft zu erhöhen, die Diffusion von Wissen und Technologien zu beschleunigen, den Transfer zwischen Forschung und Anwendung zu vertiefen sowie Hindernisse bei der Verwertung von Innovationen zu beseitigen. Mit der Zukunftsstrategie wurden hierfür Impulse gesetzt. Allerdings sind zusätzliche Anstrengungen notwendig, insbesondere im Bereich Fachkräfteangebot, innovative Start-ups und Technologiediffusion.

INNOVATIVE START-UPS MIT PASSENDEN WERKZEUGEN UNTERSTÜTZEN

Innovative Unternehmensgründungen sind wichtige Treiber des technologischen Wandels und können mit innovativen Geschäftsmodellen neue Märkte schaffen. Damit solche Gründungen ihre Ideen und wirtschaftlichen Potenziale rasch in Wachstum umsetzen können, ist Wagniskapital notwendig. Mit der Start-up-Strategie hat die Bundesregierung die Bedeutung dieser Unternehmen erkannt und eine Vielzahl richtiger Maßnahmen für mehr Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland ergriffen, wie zum Beispiel den Zukunftsfonds, den DeepTech & Climate Fonds und die Aufstockung des Hightech-Gründerfonds.

Damit das Wagniskapital aber auch bei den wachstumsorientierten Startups ankommt, braucht es attraktive Exitkanäle für Investoren. Neben dem klassischen Börsengang (IPO) sollten auch alternative Formen wie Special Purpose Acquisition Companies (kurz: SPACs) ermöglicht werden. In vielen Geschäftsfeldern sind Börsengänge jedoch nicht der beste Exitkanal, da das globale Ausrollen der Geschäftsmodelle industrielle Partner mit entsprechenden Marktkenntnissen sowie Produktions- und Vertriebskapazitäten erfordert.

Um den Einstieg von etablierten Unternehmen in Startups zu forcieren, ist vor allem eine entsprechende Investitionsbereitschaft bei den Unternehmen notwendig. Diese kann durch steuerliche Regelungen, etwa durch die Erleichterung von Kapitalerhöhungen, gefördert werden.

WISSENSTRANSFER UND DIFFUSION VON TECHNOLOGIEN STÄRKEN

Spin-offs aus der Wissenschaft sind ein Erfolg versprechender Weg, um neue Forschungsergebnisse in die wirtschaftliche Anwendung zu bringen. Eine längere Parallel- oder Übergangsphase kann zu einer höheren Spin-off-Qualität führen. Gründerinnen und Gründer können so zum einen an der Validierung und Weiterentwicklung der Forschungsergebnisse arbeiten und zum anderen den Unternehmensaufbau vorantreiben. Hierfür sind flexible Beschäftigungsmöglichkeiten an den Wissenschaftseinrichtungen vorzusehen.

Für die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft spielt die Aufteilung des in der Kooperation entstehenden intellektuellen Eigentums (IP) eine zentrale Rolle. Eine professionelle und effiziente Administration aufseiten der Wissenschaftseinrichtungen sowie faire und zweckgemäße Vereinbarungen sind hierfür unerlässlich. Gerade an Hochschulen ist darauf zu achten, dass solche Vereinbarungen rasch sowie auf Basis der tatsächlich an der Hochschule entstehenden Kosten und einer realistischen Einschätzung des Werts von IP umgesetzt werden.

In der öffentlichen Debatte wird diskutiert, ob durch die Einführung einer Neuheitsschonfrist akademische und Verwertungsinteressen in Einklang gebracht werden könnten, um so die zuletzt stagnierende Patenttätigkeit zu erhöhen.

FINNLAND MIT KNAPPER FÜHRUNG

Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln

Mit dem Begriff Schlüsseltechnologien werden jene Technologien bezeichnet, die in einer großen Zahl von Wirtschaftszweigen die Grundlage für neue Produkte bilden und technologischen Wandel ermöglichen sowie die großen Herausforderungen unserer Zeit adressieren. Im Englischen wird neben der Bezeichnung „Key Enabling Technologies“ (KET), die eher den ermöglichenden Charakter dieser Technologien betont, auch die Bezeichnung „General Purpose Technologies“ (GPTs) verwendet, welche den branchenübergreifenden Charakter hervorhebt. Im Innovationsindikator betrachten wir sieben Schlüsseltechnologien mit sehr unterschiedlicher Ausrichtung. Diese sieben Schlüsseltechnologien sind:

- Digitale Hardware (mikro- und nanoelektronische Bauteile, unter anderem Computerchips, und andere integrierte Schaltungen)
- Digitale Vernetzung und softwarebasierte Anwendungen (Entwicklung zukunftsfähiger digitaler Kommunikationsnetzwerke, zum Beispiel Halbleiter und Halbleiterlaser, Quantentechnologien, künstliche Intelligenz oder Cloud-Computing)
- Neue Produktionstechnologien (moderne Maschinen, Anlagen beziehungsweise deren Komponenten und Produktionsverfahren, zum Beispiel Sensoren, Messvorrichtungen, Steuerungen, Automatisierung)
- Energietechnologien (erneuerbare Energien, Wasserstoff, Energiespeicher, Energieeffizienz)
- Neue Werkstoffe und fortschrittliche Materialien (Leichtbau, Ersatz von Rohstoffen, Materialtechnologie, zum Beispiel Verbundwerkstoffe, Beschichtungen oder Kunststoffe, Nanomaterialien und deren Herstellungsprozesse)
- Biotechnologie (Enzyme, Peptide, Proteine oder Mikroorganismen und darauf aufbauende Prozesse sowie Bearbeitungs- und Messverfahren)

- Kreislaufwirtschaft (Recycling-Technologien zur Rückführung von Materialien in den Stoffkreislauf)

Die Auswahl der Technologien erfolgte entlang von vier Kriterien. Zunächst soll jede Schlüsseltechnologie abgegrenzt von anderen Schlüsseltechnologien ein Technologiefeld abdecken, in dem bereits in ausreichendem Umfang Aktivitäten vorhanden sind (kritische Masse) und verschiedene Methoden und technologische Lösungen zur Anwendung kommen. Diese kritische Masse an Aktivitäten soll auf allen Stufen des Innovationsprozesses vorhanden sein und im Innovationsindikator über Kennzahlen abgebildet werden können, um so einen hinreichenden Reifegrad des Technologiefeldes sicherstellen zu können.

Neben intensiven wissenschaftlichen Aktivitäten sollen auch technologische Anwendungen (Patente) sowie neue Produkte oder Prozesse vorhanden sein. Letzteres muss nicht notwendigerweise für alle Teilbereiche eines Technologiefeldes der Fall sein. So sind Quantentechnologien bisher eher in der Wissenschaft und in grundlegenden Anwendungen von Bedeutung, während sich Märkte für diese Technologien erst noch entwickeln müssen. Sie sind aber Teil eines übergeordneten Technologiefeldes (Digitalisierung beziehungsweise digitale Hardware und digitale Vernetzung), für die Märkte identifiziert werden können. Des Weiteren sollen die Schlüsseltechnologien in mehreren Wirtschaftszweigen oder für verschiedene Anwendungen relevant sein. Schließlich sollen die Schlüsseltechnologien in Zukunft eine wesentliche Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit und die Innovationstätigkeit von Volkswirtschaften spielen und dabei auch in zahlreichen Ländern auf der innovationspolitischen Agenda stehen.

Die getroffene Auswahl der sieben hier untersuchten Schlüsseltechnologien wird in Zukunft in regelmäßigen Abständen auf ihre Aktualität und Relevanz geprüft werden.

INDIKATOREN ZUR MESSUNG DER SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

Für alle sieben Schlüsseltechnologien werden die folgenden Indikatoren erhoben und sowohl zu einem Index je Schlüsseltechnologie als auch zu einem Gesamtindex für alle sieben Schlüsseltechnologien zusammengeführt.

- Anteil der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien an allen nationalen Publikationen
- Anteil der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien an den weltweiten Publikationen im Bereich der Schlüsseltechnologien
- Anteil der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien an allen transnationalen Patentanmeldungen eines Landes
- Anteil der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien an allen (weltweit) transnationalen Patentanmeldungen im Bereich der Schlüsseltechnologien
- Handelsbilanzsaldo im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien in Relation zur Bevölkerung eines Landes
- Handelsbilanzsaldo im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien in Relation zu den weltweiten Exporten im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien
- Markenmeldungen am Europäischen Amt für geistige Eigentumsrechte (European Intellectual Property Office, EUIPO) im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien
- Für die Frühphase (alle VC-Investitionen, inklusive Series C und D) eingesetztes Venture-Capital in den einzelnen Schlüsseltechnologien in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (nur für den integrierten Indikator verwendet, nicht für die Berechnung der Kennzahlen in den einzelnen Schlüsseltechnologien)
- Anteil computer-implementierter Erfindungen (Softwarepatente) an allen Erfindungen im Bereich der jeweiligen Schlüsseltechnologie



DEUTSCHLAND FOLGT NUR DEM ALLGEMEINEN TREND UND INVESTIERT ZU WENIG. «

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN: GESAMTRANKING DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	2007	2010	2015	2020	2021
1	SCHWEIZ	SCHWEIZ	SCHWEIZ	FINNLAND	FINNLAND
2	JAPAN	JAPAN	FINNLAND	JAPAN	SCHWEIZ
3	USA	FINNLAND	JAPAN	SCHWEIZ	JAPAN
4	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND	SINGAPUR	DÄNEMARK
5	SINGAPUR	USA	USA	DÄNEMARK	CHINA
6	SCHWEDEN	SINGAPUR	SINGAPUR	CHINA	SINGAPUR
7	DÄNEMARK	SCHWEDEN	SCHWEDEN	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND
8	FINNLAND	DÄNEMARK	DÄNEMARK	SCHWEDEN	SCHWEDEN
9	NIEDERLANDE	NIEDERLANDE	SÜDKOREA	SÜDKOREA	SÜDKOREA
10	IRLAND	IRLAND	IRLAND	USA	USA
11	ÖSTERREICH	ÖSTERREICH	NIEDERLANDE	IRLAND	IRLAND
12	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN	CHINA	NIEDERLANDE	NIEDERLANDE
13	ISRAEL	BELGIEN	ÖSTERREICH	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN
14	BELGIEN	CHINA	GROSSBRITANNIEN	ÖSTERREICH	ÖSTERREICH
15	FRANKREICH	SÜDKOREA	BELGIEN	ITALIEN	ITALIEN
16	KANADA	FRANKREICH	SPANIEN	BELGIEN	SPANIEN
17	CHINA	NORWEGEN	FRANKREICH	ISRAEL	AUSTRALIEN
18	NORWEGEN	ISRAEL	PORTUGAL	SPANIEN	BELGIEN
19	ITALIEN	PORTUGAL	ISRAEL	NORWEGEN	INDIEN
20	SPANIEN	KANADA	KANADA	FRANKREICH	FRANKREICH
21	SÜDKOREA	SPANIEN	NORWEGEN	AUSTRALIEN	ISRAEL
22	AUSTRALIEN	AUSTRALIEN	ITALIEN	INDIEN	NORWEGEN
23	INDIEN	TSCHECHIEN	UNGARN	TSCHECHIEN	PORTUGAL
24	GRIECHENLAND	ITALIEN	AUSTRALIEN	KANADA	KANADA
25	BRASILIEN	GRIECHENLAND	INDIEN	PORTUGAL	TSCHECHIEN
26	TSCHECHIEN	BRASILIEN	TSCHECHIEN	POLEN	POLEN
27	POLEN	INDIEN	MEXIKO	UNGARN	UNGARN
28	RUSSLAND	RUSSLAND	POLEN	GRIECHENLAND	RUSSLAND
29	PORTUGAL	POLEN	BRASILIEN	SÜDAFRIKA	GRIECHENLAND
30	SÜDAFRIKA	SÜDAFRIKA	RUSSLAND	RUSSLAND	SÜDAFRIKA
31	UNGARN	MEXIKO	SÜDAFRIKA	INDONESIEN	INDONESIEN
32	TÜRKEI	UNGARN	TÜRKEI	BRASILIEN	BRASILIEN
33	MEXIKO	TÜRKEI	GRIECHENLAND	MEXIKO	TÜRKEI
34	INDONESIEN	INDONESIEN	INDONESIEN	TÜRKEI	MEXIKO

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

Die Indikatoren haben zum Ziel, das gesamte Innovationsspektrum von der Grundlagenforschung über technologische Anwendungen bis hin zu Marktaktivitäten (Diffusion von Innovationen) abzudecken. Sie sollen gleichzeitig in der Lage sein, die Wettbewerbsfähigkeit der Länder in den unterschiedlichen Dimensionen der Innovationsfähigkeit zu erfassen. Bei der Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften nimmt der Innovationsindikator eine relative, von der Größe eines Landes (gemessen über BIP oder Bevölkerung) unabhängige Perspektive ein. Diese Perspektive wird auch bei den Schlüsseltechnologien eingenommen.

Zusätzlich sind für die „Sicherstellung der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit“ auch Indikatoren einbezogen, die Größeneffekte der Volkswirtschaften berücksichtigen. Denn erstens spielen Skalen- und Lerneffekte bei der Entwicklung der Technologien und ihrer Kommerzialisierung eine große Rolle. Zweitens wirken sich bei der Schaffung und Entwicklung von Märkten Größeneffekte vorteilhaft aus, die bei der Bewertung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigt werden sollten, beispielsweise über Marktanteile oder First-Mover-Advantages. Schließlich ist drittens für die weitere Dynamik in den Schlüsseltechnologien entscheidend, möglichst viele potenzielle Entwicklungspfade zu testen und nicht nur auf einen bestimmten Teilbereich oder eine konkrete technologische Lösung zu setzen.

Daher spielen die Breite und Vielfalt der Technologieentwicklung eine große Rolle, die stark mit der absoluten Größe der technologischen Aktivitäten zusammenhängt.⁵ Dementsprechend werden sowohl Indikatoren verwendet, die unabhängig von der Größe eines Landes sind, als auch solche, die die Größeneffekte mitberücksichtigen (beispielsweise ist der Indikator „Anzahl der Patente in einer Schlüsseltechnologie an allen Patenten eines Landes“ unabhängig von der Größe einer Volkswirtschaft, während der Indikator „Anteil eines Landes an allen Patenten in einer Schlüsseltechnologie weltweit“ auch die Landesgröße widerspiegelt).

ZENTRALE ERGEBNISSE

Im Folgenden wird zunächst der Gesamtindikator in diesem Bereich betrachtet, ehe in den darauffolgenden Abschnitten die Ergebnisse der einzelnen sieben Schlüsseltechnologien vorgestellt werden.

Finnland steht mit 48 Punkten an der Spitze im Bereich Schlüsseltechnologien knapp vor der Schweiz, die 46 Punkte erreicht. Das vordere Feld ist sehr eng, mit Japan (45), Dänemark (45) und China (44) auf den Rängen drei bis fünf. Singapur und Deutschland stehen mit jeweils 43 Punkten auf den Plätzen sechs und sieben. Ebenfalls Anschluss an die Spitzengruppe haben Südkorea (41), Schweden (40) und die USA (38).

Das Mittelfeld ist von dieser vorderen Gruppe leicht abgesetzt und wird angeführt von den Niederlanden (32) und

Irland (32). Großbritannien (30), Österreich (30) und Italien (29) reihen sich auf den weiteren Plätzen ein. Mit etwas mehr Abstand zur Spitzengruppe folgen Spanien, Australien, Belgien, Frankreich, Indien, Israel, Norwegen, Kanada, Portugal und Tschechien mit Indexwerten zwischen 27 und 21 Punkten. Zu den in diesem Ranking hinter dem Mittelfeld liegenden Ländern gehören Russland, Ungarn, Südafrika, Brasilien, Indonesien und Griechenland (zwischen 18 und 16 Punkten). Am unteren Ende stehen die Türkei und Mexiko mit 14 beziehungsweise 12 Punkten.

Neben China, das in allen Technologiebereichen aufgeholt hat und sich so auch im Gesamtranking der Schlüsseltechnologien im Beobachtungszeitraum seit 2007 von einem Platz im Mittelfeld kontinuierlich in Richtung Spitzengruppe vorgearbeitet hat, konnte auch Finnland eine Spitzenposition erreichen. Diese verdankt das Land

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN INSGESAMT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	VOLKSWIRTSCHAFT	INDEXWERT
1	FINNLAND	47
2	SCHWEIZ	45
3	JAPAN	45
4	DÄNEMARK	44
5	CHINA	44
6	SINGAPUR	44
7	DEUTSCHLAND	43
8	SCHWEDEN	40
9	SÜDKOREA	40
10	USA	38
11	IRLAND	32
12	NIEDERLANDE	32
13	GROSSBRITANNIEN	30
14	ÖSTERREICH	30
15	ITALIEN	29
16	SPANIEN	27
17	AUSTRALIEN	26
18	BELGIEN	25
19	INDIEN	25
20	FRANKREICH	25
21	ISRAEL	25
22	NORWEGEN	24
23	PORTUGAL	24
24	KANADA	24
25	TSCHECHIEN	23
26	POLEN	20
27	UNGARN	18
28	RUSSLAND	18
29	GRIECHENLAND	18
30	SÜDAFRIKA	18
31	INDONESIEN	17
32	BRASILIEN	16
33	TÜRKEI	14
34	MEXIKO	13

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.
Quelle: Innovationsindikator 2023



VENTURE-CAPITAL-INVESTITIONEN SIND EIN WICHTIGER HEBEL, UM NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE IN INNOVATIONEN UMZUSETZEN. «

seinen guten Positionen in allen sieben Schlüsseltechnologien, mit einer besonders starken Position in den Feldern digitale Vernetzung, neue Werkstoffe und Kreislaufwirtschaft. Im Gegenzug haben die USA über den kompletten Zeitraum betrachtet deutlich an Rangplätzen eingebüßt und sind vom dritten Platz 2007 auf den zehnten Platz in den Jahren 2020 und 2021 zurückgefallen. Dabei haben die USA – von leichten Schwankungen abgesehen – ihre Indexwerte zwar halten können, sind aber aufgrund einer gesteigerten Leistungsfähigkeit anderer Länder überholt worden.

Die Schweiz war in der Gesamtbetrachtung aller Schlüsseltechnologien lange Zeit an erster Stelle und wurde erst in der jüngeren Vergangenheit an der Spitze abgelöst. Die Schweiz erreicht gute bis sehr gute Positionen in allen Schlüsseltechnologie-Bereichen und gehört daher auch weiterhin zu den innovationsstärksten Volkswirtschaften in diesen Technologiefeldern. Besonders gut schneidet die Schweiz in den digitalen Technologien, den Produktionstechnologien und der Biotechnologie ab. Hauptgrund für die Ablösung an der Spitze waren jedoch eine weniger starke Position bei Energietechnologien und insbesondere Positionsverluste bei neuen Werkstoffen und Technologien der Kreislaufwirtschaft.

DIE GROSSEN LEBEN VON SUBSTANZ

Auch Deutschland hat im Zeitverlauf einige Rangplätze eingebüßt, konnte aber den durchschnittlichen Indexwert über alle Schlüsseltechnologien halten. Dies bedeutet, dass, ähnlich wie bei den USA, andere Länder ihre Innovationsfähigkeit im Bereich der Schlüsseltechnologien stärker ausbauen konnten und damit Deutschland überholt haben. Zu diesen Ländern gehören Singapur, Dänemark und zuletzt auch China. In der Gesamtbetrachtung aller sieben Schlüsseltechnologien ist die derzeitige deutsche Position als gut zu bezeichnen. Allerdings droht Deutschland bei einigen dieser Technologien zurückzufallen, weil andere Länder stärker investieren und sich stärker engagieren, während Deutschland nur dem allgemeinen Trend

folgt. Vor allem scheint es Deutschland nicht zu gelingen, eine Verbesserung bei den Schwächen im Schlüsseltechnologie-Portfolio herbeizuführen. Dies gilt insbesondere für die Biotechnologie. Vor dem Hintergrund eines sich weiter verschärfenden Innovationswettbewerbs und der gesteigerten Notwendigkeit zur Erhaltung und Erweiterung der technologischen Souveränität ist die deutsche Dynamik in der Gesamtschau aller Bereiche als nicht zufriedenstellend zu bewerten. Wie für andere große Industrienationen – insbesondere die USA und Japan – ergibt sich auch für Deutschland das Bild, dass man stärker von der Substanz lebt und nicht in der Lage ist, mit der Dynamik anderer Länder mitzuhalten.

Venture-Capital-(VC-)Investitionen sind ein wichtiger Hebel, um neue Forschungsergebnisse in Innovationen und wirtschaftliches Wachstum umzusetzen. Im Innovationsindikator wurde der Umfang der VC-Investitionen für einzelne Schlüsseltechnologien in Relation zum BIP eines Landes gesetzt, um die Bedeutung von Wagniskapital abzubilden. Entsprechend detaillierte Daten zu VC-Investitionen liegen allerdings nur für die europäischen Länder vor. Das Technologiefeld Kreislaufwirtschaft kann mangels Daten nicht betrachtet werden und für die beiden Technologiefelder zur Digitalisierung liegt nur ein gemeinsamer Wert vor.

Am besten schneidet bei VC-Investitionen in Schlüsseltechnologien Finnland ab. In drei der fünf Technologiefelder – Digitaltechnologien, Produktionstechnologien und Energietechnologien – erreicht es in fast jedem Jahr Spitzenwerte. In den Materialtechnologien und in der Biotechnologie sind die VC-Investitionen ebenfalls überdurchschnittlich. Andere Länder, die in allen Schlüsseltechnologien relativ hohe VC-Investitionen aufweisen, sind Belgien und Großbritannien. In anderen Ländern setzen die VC-Investoren dagegen stark auf einzelne Technologiefelder. In der Schweiz ist dies die Biotechnologie, wo das Land in fast jedem Jahr den Höchstwert aufweist. In Dänemark stellt ebenfalls die Biotechnologie den Fokus dar, ergänzt durch recht hohe VC-Investitionen

in Digitaltechnologien und Produktionstechnologien. In Irland ist der VC-Markt besonders stark bei Investitionen in Digitaltechnologien sowie in der Biotechnologie. In den Jahren 2018 bis 2020 war Irland außerdem führend bei der VC-Investitionsintensität in den Energietechnologien. In allen anderen Jahren nahm Norwegen in diesem Technologiefeld die Spitzenstellung ein.

Deutschland schneidet bei den VC-Investitionen in Schlüsseltechnologien im europäischen Vergleich unterdurchschnittlich ab. Während im Bereich Digital-, Produktions- und Energietechnologien eine etwa durchschnittliche VC-Investitionsintensität erreicht wird, fällt es bei Biotechnologien und noch stärker bei Materialtechnologien stark zurück.

Die insgesamt recht geringen Abstände zwischen den einzelnen Ländern sowohl an der Spitze als auch im Mittelfeld ergeben sich für den technologieübergreifenden Gesamtindex aus zum Teil sehr unterschiedlichen Leistungen in den einzelnen Schlüsseltechnologien. Während ein Teil der Länder sich stark auf einzelne Technologien spezialisiert und deshalb insgesamt gut abschneidet, sind andere Länder bei vielen oder allen Technologien gut aufgestellt, ohne bei einer einzelnen eine Spitzenposition zu erreichen. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Technologiefelder erlaubt daher eine detailliertere Bewertung sowohl der Trends als auch der Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit der einzelnen Volkswirtschaften.

DIGITALE HARDWARE

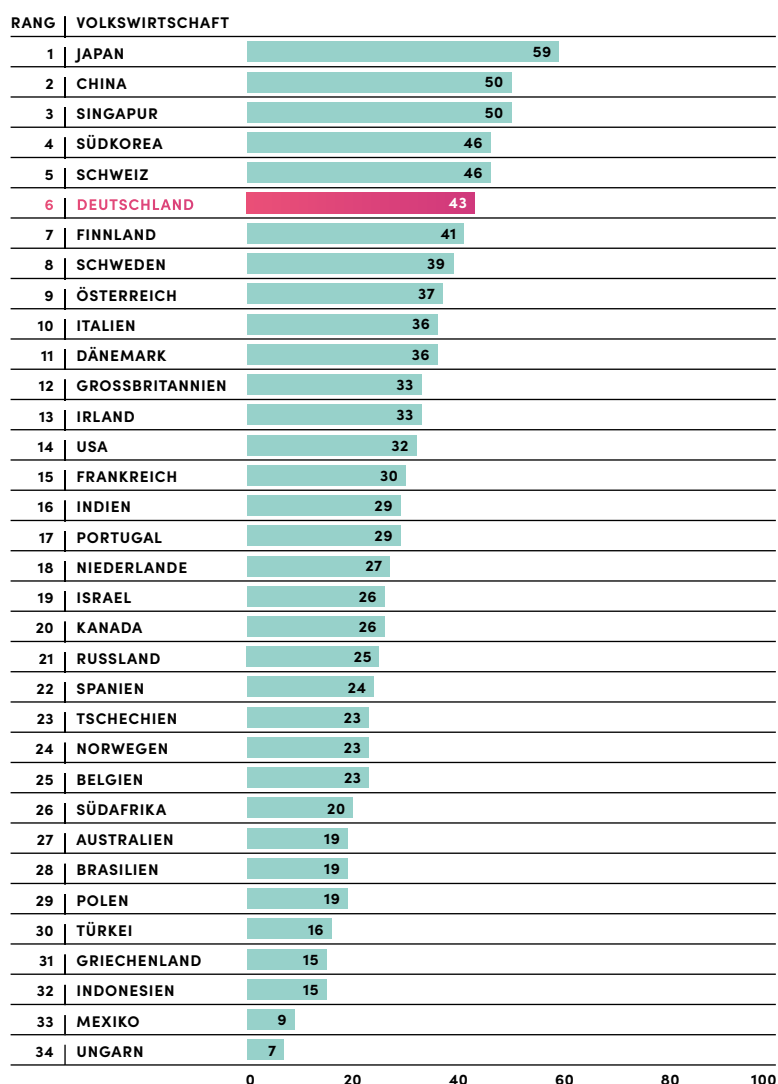
Unter digitaler Hardware werden mikro- und nanoelektronische Bauteile, allen voran Computerchips, aber auch andere integrierte Schaltungen zusammengefasst. Sie bilden die Basis in zahlreichen Anwendungen von der Konsumelektronik über Fahrzeuge und Maschinen bis hin zur Medizintechnik.

Über die gesamte Beobachtungsperiode von 2007 bis 2021 liegt Japan (59 Punkte) an der Spitze der 35 Länder. Das Land erreicht bei Patenten und dem Handelsbilanzsaldo jeweils die höchste Punktzahl, während es bei wissenschaftlichen Publikationen im Zeitverlauf Indexpunkte einbüßt und bei computer-implementierten Erfindungen (Softwarepatente) zu keinem Zeitpunkt hohe Werte erreichen konnte. Insgesamt bedeuten diese Ergebnisse für Japan, dass die klassische Mikroelektronik weiterhin eine große Rolle spielt und auch die technologische Wettbewerbsfähigkeit über eine Vielzahl an Patenten abgesichert zu sein scheint. Allerdings könnte die Position in Zukunft weiter erodieren, da einerseits der Druck durch andere Volkswirtschaften größer wird und andererseits die technologische Neuausrichtung – gemessen an den wissenschaftlichen Veröffentlichungen, aber auch den Softwarepatenten – in anderen Ländern schneller und zielgerichteter vorantreibt.

Das aktuell zweitplatzierte China (50) hat in den vergangenen zehn Jahren deutlich aufgeholt und – nach einer zwischenzeitlichen Schwächephase – den Abstand zum führenden Japan deutlich verringern können. Insgesamt steht Japan im Bereich der Mikroelektronik durch die Aufholprozesse in China und Südkorea (46) deutlich unter Druck.

Der Trend in China dürfte sich trotz des zukünftig langsameren Wirtschaftswachstums fortsetzen, denn in der Wissenschafts- und Innovationspolitik Chinas nimmt die Elektronik unter den Schlüsseltechnologien seit Jahren eine herausgehobene Position ein. Viele internationale Unternehmen lassen nicht nur aufgrund von Kostenvorteilen elektronische Bauteile in China fertigen, sondern können auch auf neue technologische Entwicklungen chinesischer Forschungseinrichtungen und Unternehmen zurückgreifen. Deren technologische Kompetenzen

DIGITALE HARDWARE: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

wurden dank der Unterstützung durch die Regierung deutlich ausgeweitet. China will damit seine Abhängigkeit von ausländischen Technologieimporten nicht nur in der Mikroelektronik, sondern auch in Anwendungsbereichen wie der Produktionstechnik (Made in China 2025) oder den Daten- und Kommunikationstechnologien (Internet-Plus-Strategie) verringern.

DEUTSCHLAND VERLIERT AN BODEN

Auch Singapur (50) gehört im Bereich der digitalen Hardware zu den Spitzenreitern und erreicht punktgleich mit China im Jahr 2021 den dritten Platz. Deutschland (43) hatte zwischenzeitlich seine Position im oberen Mittelfeld deutlich verbessern können und war in die Spitzengruppe aufgerückt, hat diese Position in der jüngeren Vergangenheit allerdings wieder eingebüßt. Deutschland landet aktuell auf einem weiterhin beachtlichen sechsten Platz, allerdings mit drei Punkten Rückstand hinter Südkorea und der Schweiz. Deutschland kann als vielleicht wichtigster verbliebener Produktionsstandort in Europa (zum Beispiel Silicon Saxony) einmal mehr durch einen positiven Handelsbilanzsaldo auch bei digitaler Hardware, durch nennenswerte Indexwerte im Bereich der wissenschaftlichen Publikationen sowie im Bereich Markenmeldungen punkten. Die Patentintensität und auch die absolute Zahl der Patente bleiben jedoch in diesem Bereich hinter vielen anderen Ländern zurück, auch wenn einzelne Unternehmen wie Osram, Siemens, Bosch oder Infineon nennenswerte Patentzahlen hervorbringen. Daher steht zu befürchten, dass die deutsche Position weiter erodieren wird, da Patente die zentrale Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit in diesem Technologiefeld sind.

Die skandinavischen Länder Finnland, Schweden und auch Dänemark folgen im vorderen Mittelfeld gemeinsam mit Österreich und Italien (Plätze 41 bis 36). Großbritannien, Irland und die USA erreichen mit den Rängen 14 bis 12 noch Plätze in der oberen Hälfte. Die USA haben ungefähr seit der Mitte des vergangenen Jahrzehnts ihre Spitzenposition eingebüßt und sind von einer Reihe anderer

Volkswirtschaften überholt worden. Eine Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen im Bereich digitaler Hardware stammt weiterhin aus den USA, aber zahlreiche andere Länder publizieren relativ mehr, das heißt, sie spezialisieren und fokussieren sich stärker auf den Bereich der digitalen Hardware. Auch die Anzahl der Patente aus den USA bleibt hoch, was auf eine weiterhin gute Wissensbasis hindeutet. Allerdings ist der Handelsbilanzsaldo der USA deutlich negativ, da die Hardwarekomponenten nur in relativ geringem Umfang in den USA produziert werden. Die Position der USA wird im internationalen Handel mit digitaler Hardware insofern zu schlecht bewertet, als die Einnahmen aus Lizenzen an digitaler Hardwaretechnologie nicht erfasst werden.

In der Mitte der Verteilung finden sich mit 30 bis 29 Punkten Frankreich, Indien und Portugal. Auf den weiteren Plätzen folgen die Niederlande, Israel, Kanada und Russland. Spanien, Tschechien, Norwegen und Belgien haben noch Anschluss ans Mittelfeld, während Südafrika, Australien, Brasilien und Polen bereits drei beziehungsweise vier Punkte Rückstand auf diese Anschlussgruppe haben. Die Türkei, Griechenland und Indonesien haben im Bereich der digitalen Hardware Indexwerte von 15 beziehungsweise 16, was in erster Linie auf nennenswerte Exporte zurückzuführen ist. Diese beruhen jedoch in großen Teilen auf importierten Vorleistungen, das heißt, der Handelsbilanzsaldo bei digitaler Hardware bleibt negativ. Mexiko und Ungarn stehen am unteren Ende der Verteilung der 35 untersuchten Länder.

Taiwan kann in den Indexdaten und dem Ranking zu den Schlüsseltechnologien nicht ausgewiesen werden, weil die Datenbasis dafür nicht ausreicht. Es liegen uns lediglich Informationen zu den wissenschaftlichen Publikationen und den Patenten vor, während alle anderen Indikatoren im Bereich der Schlüsseltechnologie leider fehlen. Auf Basis der vorhandenen Daten lässt sich Taiwans Innovationsfähigkeit in Teilen bewerten. Demnach liegen Taiwans Stärken insbesondere im Bereich der digitalen Hardware, während die anderen Schlüsseltechnologiefelder weni-



**PATENTE SIND DIE ZENTRALE
GRUNDLAGE FÜR DIE WETT-
BEWERBSFÄHIGKEIT AUF DEM
FELD DIGITALER HARDWARE. «**

ger ausgeprägt sind. Bei Patenten ist die technologische Stärke Taiwans deutlicher sichtbar als bei wissenschaftlichen Publikationen.

DIGITALE VERNETZUNG

Im Bereich digitale Vernetzung werden Technologien zusammengefasst, die für die Entwicklung zukunftsfähiger digitaler Kommunikationsnetzwerke von Bedeutung sind. Dies sind in erster Linie Halbleiter und Halbleiterlaser, aber auch hochleistungsfähige Computer bis hin zu Quantenrechnern. Hinzu kommen softwarebasierte Anwendungsbereiche wie künstliche Intelligenz oder Cloud-Computing.

Im Jahr 2021 steht bei digitaler Vernetzung China (50) an der Spitze der Vergleichsländer, jedoch nur knapp vor Finnland, der Schweiz und Schweden, die mit jeweils 49 Punkten nur einen Punkt hinter China zurückbleiben. Gemessen an der Größe des Landes (in Relation zum Bruttoinlandsprodukt oder zur Bevölkerung) stünde China nicht an der Spitze, denn die relativen Ressourcen, die das Land im Bereich digitaler Vernetzung zur Verfügung hat, bleiben vergleichsweise gering. Doch Chinas enorme Größe und damit sowohl seine daraus entstehende Marktmacht als auch die Skalenerträge müssen bei der Analyse von Technologien berücksichtigt werden. Für die drei anderen Länder, die hinter China an der Spitze stehen, gilt das Umgekehrte. Sie stehen im Ranking an der Spitze, weil sie relativ viele Ressourcen im Bereich digitaler Vernetzung bereitstellen. Sie spielen aber in absoluten Größen hinter China und letzten Endes auch hinter den USA eine sehr untergeordnete Rolle.

DEUTSCHLAND ABGESCHLAGEN

Singapur (45) und Südkorea (44) liegen leicht zurück hinter der Spitzengruppe, gefolgt von den USA (42) und den Niederlanden (42). Deutschland nimmt mit 41 Punkten an zehnter Stelle punktgleich mit Irland eine Position im oberen Bereich des Mittelfelds ein. Deutschland kann mit Ausnahme der absoluten Exportgrößen im Bereich der digitalen Vernetzung bei keinem der Indikatoren einen Spitzenwert erreichen. Im Bereich der Patentanmeldungen und der Markenmeldungen finden sich allerdings vergleichsweise hohe Werte, die die gute deutsche Position mitbestimmen. Insgesamt müsste Deutschland vor dem Hintergrund seiner Faktorausstattung und ökonomischen Größe im Bereich der digitalen Vernetzung deutlich mehr investieren, wenn es weltweit an der Spitze in diesem Technologiefeld agieren möchte. Gerade die moderne deutsche Industrie mit ihren zunehmend automatisierten Logistik- und Wertschöpfungsketten böte hier eine Vielzahl von Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten, die bei Weitem noch nicht ausgeschöpft werden.

Mit einem Abstand von drei Punkten folgen Japan und Großbritannien sowie im weiteren Verlauf Israel, Däne-

mark, Australien und Tschechien. Norwegen liegt mit 33 Punkten auf Rang 17 und bildet gemeinsam mit Kanada und Italien die Mitte der Verteilung. Spanien, Indien, Österreich und Frankreich liegen punktgleich mit einem Indexwert von 29 auf den Rängen 24 bis 20. Es folgen Ungarn und Griechenland sowie etwas zurückliegend Indonesien, Belgien, Portugal und Polen. Mit Ausnahme von Indien und Indonesien handelt es sich dabei also um EU-Länder, die im Bereich der digitalen Vernetzung unterhalb der Mitte der Vergleichsländer abschneiden. Für die EU als Ganzes bedeutet dies massive Wissens- und Technologieimporte in diesen Bereichen, auch wenn sich einzelne Länder wie Schweden, Finnland oder auch Deutschland im vorderen Bereich platzieren. Russland, Mexiko, Brasilien, Südafrika und die Türkei liegen am unteren Ende der Länderverteilung im Bereich digitaler Vernetzung.

DIGITALE VERNETZUNG: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	VOLKSWIRTSCHAFT	
1	CHINA	50
2	FINNLAND	49
3	SCHWEIZ	49
4	SCHWEDEN	49
5	SINGAPUR	45
6	SÜDKOREA	44
7	USA	42
8	NIEDERLANDE	42
9	IRLAND	41
10	DEUTSCHLAND	41
11	JAPAN	38
12	GROSSBRITANNIEN	38
13	ISRAEL	37
14	DÄNEMARK	36
15	AUSTRALIEN	35
16	TSSCHECHIEN	35
17	NORWEGEN	33
18	KANADA	31
19	ITALIEN	31
20	SPANIEN	29
21	INDIEN	29
22	ÖSTERREICH	29
23	FRANKREICH	29
24	UNGARN	28
25	GRIECHENLAND	27
26	INDONESIEN	26
27	BELGIEN	26
28	PORTUGAL	26
29	POLEN	26
30	RUSSLAND	24
31	MEXIKO	21
32	BRASILIEN	20
33	SÜDAFRIKA	15
34	TÜRKEI	15

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

NEUE PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN

Der Begriff neue Produktionstechnologien (Advanced Manufacturing Technologies) ist eng verwandt mit dem Schlagwort Industrie 4.0. Letzteres definiert allerdings ein engeres als das hier untersuchte Technologiefeld und fokussiert auf die Vernetzung und Automatisierung von Produktion und Logistik. Im Rahmen des Innovationsindikators wird eine breitere Definition neuer Produktionstechnologien verwendet. Es handelt sich hierbei um moderne Maschinen, aber auch ganze Anlagen beziehungsweise deren Komponenten, die von Sensoren und Messvorrichtungen über Steuerungen bis hin zur automatisierten Logistik reichen. Enthalten sind aber auch die Produktionsverfahren selbst, wie beispielsweise das Verbinden (Löten, Schweißen, Kleben etc.) oder auch die Vorbehandlung von Produktionsmitteln.

Im Bereich der Produktionstechnologien steht Deutschland an der Spitze des Rankings mit 57 Punkten, knapp vor der Schweiz mit 56 Punkten. Die beiden Länder haben sich in der Beobachtungsperiode seit 2007 immer wieder an der Spitze des Rankings abgewechselt, stehen aber über den gesamten Zeitraum auf den ersten beiden Rängen. Die deutsche Position basiert im Wesentlichen auf Stärken bei Patenten, Außenhandel und Marken, sowohl in absoluten als auch in relativen Größen. Demgegenüber kann die Schweiz ebenfalls bei den relativen Indikatoren zu Patenten und dem Außenhandel punkten, zusätzlich aber auch bei wissenschaftlichen Publikationen. Beide Länder haben vergleichsweise geringe Anteile computerimplementierter Erfindungen (Softwarepatente) in diesem Bereich. In Japan und den USA sind diese Anteile deutlich höher, das heißt, hier bestehen große Potenziale für Deutschland und die Schweiz, ihre Position an der Spitze weiter zu festigen – oder sie einzubüßen, wenn sie von anderen Ländern überholt werden.

NEUE PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	VOLKSWIRTSCHAFT	
1	DEUTSCHLAND	57
2	SCHWEIZ	56
3	JAPAN	52
4	FINNLAND	52
5	SCHWEDEN	47
6	DÄNEMARK	44
7	CHINA	43
8	SÜDKOREA	42
9	SINGAPUR	41
10	USA	41
11	NIEDERLANDE	33
12	ITALIEN	32
13	GROSSBRITANNIEN	31
14	ÖSTERREICH	31
15	IRLAND	29
16	AUSTRALIEN	27
17	KANADA	26
18	GRIECHENLAND	25
19	ISRAEL	25
20	INDIEN	24
21	SPANIEN	24
22	PORTUGAL	23
23	NORWEGEN	22
24	FRANKREICH	20
25	BELGIEN	20
26	RUSSLAND	19
27	INDONESIEN	19
28	POLEN	17
29	MEXIKO	17
30	BRASILIEN	17
31	SÜDAFRIKA	10
32	TSCHECHIEN	10
33	TÜRKEI	9
34	UNGARN	7

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

USA BÜSST DEUTLICH EIN

Über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg findet sich Japan an dritter Stelle. Im Jahr 2021 schnitt das Land mit einem Indexwert von 52 punktgleich mit dem viertplatzierten Finnland ab. Mit etwas Abstand auf den Rängen 5 und 6 folgen Schweden (47) und Dänemark (44), erst dann reihen sich China (43), Korea (42), Singapur (41) und die USA (41) ein. Die USA haben – wie bei einigen anderen Schlüsseltechnologien auch – bei Produktionstechnologien im Zeitverlauf seit Mitte der 2000er-Jahre deutlich Plätze eingebüßt. Lagen sie bis 2010 noch an fünfter Stelle, waren sie 2015 schon sechstes, 2020 achtstes und 2021 schließlich zehntes von 34 Vergleichsländern. Der Indexwert hat sich dabei nur gegenüber den ersten drei Jahren leicht verringert und schwankt seitdem meist um die 40 Punkte. Dies bedeutet, dass der Abstieg bei den Rängen in erster Linie durch eine Verbesserung anderer Länder zustande kam.

Die USA haben ihre relative Position bei wissenschaftlichen Publikationen und Patenten leicht verschlechtert, während sie in absoluten Größen auch bei diesen beiden Indikatoren weiterhin an der Spitze stehen. Der Rückgang wurde kompensiert durch eine Verbesserung bei computerimplementierten Erfindungen im Bereich der Produktionstechnik, das heißt, Softwaresteuerungen und softwaregesteuerte Prozesse gehören zu den Stärken in den USA. Der Handelsbilanzsaldo bei diesen Technologien bleibt jedoch deutlich negativ, wobei darin die Erlöse aus Software- oder auch Hardware-Lizenzierungen nicht enthalten sind.

Mit deutlichem Abstand hinter den USA findet sich ein breites Mittelfeld, angeführt von den Niederlanden und gefolgt von Italien, Großbritannien und Österreich. Irland, Australien, Kanada, Griechenland, Israel, Indien, Spanien, Portugal und Norwegen folgen auf den weiteren Plätzen. Das untere Mittelfeld wird angeführt von Frankreich, das 20 Indexpunkte erreicht, da es in keinem der hier

verwendeten Indikatoren im Bereich neuer Produktionstechnologien hohe Werte erreicht. Es folgen Belgien, Russland und Indonesien. Leicht abgesetzt davon im unteren Bereich des Mittelfeldes finden sich Polen, Mexiko und Brasilien mit jeweils 17 Punkten, während Südafrika, Tschechien, Türkei und Ungarn bei Produktionstechnologien das untere Ende der Länderverteilung bilden.

ENERGIETECHNOLOGIEN

Neue Energietechnologien sind die Grundvoraussetzung für eine klimafreundliche Energieversorgung und -nutzung und damit der energetischen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Darüber hinaus bieten neue Energietechnologien die Chance, die Unabhängigkeit von Energieimporten und damit die Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Standorts zu steigern. Im Bereich Energietechnologien verändert sich der bestehende Markt bei gleichzeitig starker internationaler Nachfrage sowohl strukturell als auch technologisch.

Die strukturellen Veränderungen beziehen sich auf die Akteure, denn es werden Anbieter fossiler Energien an Bedeutung verlieren, während in Südeuropa oder Afrika Produktionsstätten für erneuerbare Energien entstehen können. Die technologischen Veränderungen setzen sowohl auf der Ebene der Energiegewinnung als auch der Energieeffizienz an. Energietechnologien umfassen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Wind, Sonne, Biomasse, Wasserkraft), die Erzeugung, Nutzung und Verteilung von Wasserstoff als Energieträger, Technologien zur Speicherung von Energie und Technologien zur Einsparung von Energie (Energieeffizienz).

Bei Energietechnologien steht Dänemark (65) mit deutlichem Abstand vor China (49) an erster Stelle. Dänemark hat nicht nur eine starke Wettbewerbsposition bei den erneuerbaren Energien, allen voran der Windenergie, sondern auch in den Teilbereichen der Speicherung und Energieeffizienz. Es kann dabei auf hohe Intensitäten auf allen Stufen des Innovationsprozesses blicken. Dänemark erreicht Maximalwerte bei wissenschaftlichen Publikationen und bei Patenten jeweils in Relation zur Bevölkerung und hat auch einen deutlich positiven Handelsbilanzsaldo.

CHINA HAT STARKE POSITION ERREICHT

China hatte sich in den vergangenen 15 Jahren von einem Platz im Mittelfeld kontinuierlich nach oben gearbeitet und erreicht im Jahr 2021 mit 49 Indexpunkten den zweiten Rang. Insbesondere bei erneuerbaren Energietechnologien hat China mittlerweile eine starke Position auf den internationalen Märkten erreicht, was sich nicht zuletzt in einem stark positiven Handelsbilanzsaldo niederschlägt. China selbst ist aber gleichzeitig auch einer der größten Märkte für neue Energietechnologien weltweit und chinesische Unternehmen haben hier einen Heimvorteil. Gepaart mit dem politischen Willen, sich von internationalen

Technologieimporten unabhängiger zu machen, hat der große chinesische Absatzmarkt dazu geführt, dass die Volksrepublik auch bei den absoluten Zahlen an wissenschaftlichen Publikationen und Patenten eine starke Position einnimmt. Dies bedeutet einerseits, dass die nationale Wissensbasis im Bereich der Energietechnologien verbreitert wurde. Andererseits konnte durch Skalenerträge und Wissens-Spillover die Position auf diesen Märkten weiter konsolidiert werden.

Deutschland steht mit 48 Punkten hinsichtlich der Innovationsfähigkeit im Bereich der Energietechnologien nur knapp hinter China an dritter Stelle. Deutschland konnte diesen dritten Platz über weite Strecken des Beobachtungszeitraums seit 2007 behaupten und rückte in den Jahren 2018 bis 2020 sogar auf den zweiten Rang vor. Die wissenschaftlichen Grundlagen im Bereich der

ENERGIETECHNOLOGIEN: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	VOLKSWIRTSCHAFT	
1	DÄNEMARK	65
2	CHINA	49
3	DEUTSCHLAND	48
4	SÜDKOREA	43
5	FINNLAND	39
6	JAPAN	39
7	SCHWEIZ	36
8	SINGAPUR	34
9	SCHWEDEN	34
10	USA	33
11	IRLAND	31
12	ÖSTERREICH	30
13	ITALIEN	30
14	INDIEN	29
15	PORTUGAL	26
16	GROSSBRITANNIEN	25
17	NORWEGEN	25
18	UNGARN	25
19	FRANKREICH	24
20	AUSTRALIEN	23
21	SPANIEN	23
22	INDONESIEN	22
23	NIEDERLANDE	22
24	GRIECHENLAND	20
25	ISRAEL	20
26	KANADA	19
27	BELGIEN	19
28	TSCHECHIEN	18
29	SÜDAFRIKA	16
30	MEXIKO	16
31	POLEN	16
32	TÜRKEI	15
33	BRASILIEN	15
34	RUSSLAND	14

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

Energietechnologien – gemessen über die Anzahl der Veröffentlichungen pro Einwohner – sind in anderen Ländern meist höher. Auch bei Patenten ist die Intensität Deutschlands vergleichsweise niedrig und im Zeitverlauf sogar zurückgegangen. Südkorea (43) hatte sich zur Mitte des vergangenen Jahrzehnts auf den vierten Platz vorgearbeitet und zeigt neben Kompetenzen bei Energiespeichern auch ein deutliches Engagement bei Wasserstofftechnologien. Die Plätze 5 und 6 werden von Finnland und Japan mit jeweils 39 Punkten belegt. Die japanische Position hat sich bereits seit Mitte des vergangenen Jahrzehnts vom zweiten Platz im Jahr 2007 auf den sechsten Platz maßgeblich verschlechtert. Dieser Positionsverlust begründet sich mit einem relativen Rückgang nahezu aller hier betrachteten Indikatoren, bei wissenschaftlichen Publikationen ebenso wie bei Patenten und dem Außenhandel.

Es folgen auf den Plätzen 7 bis 10 Schweiz, Singapur, Schweden und die USA. Bei den Energietechnologien wie auch bei einigen anderen Schlüsseltechnologien verloren die USA zuletzt einige Plätze. Der Indexwert der USA ist dabei im Zeitverlauf ebenfalls rückläufig, das heißt, die USA konnten ihre Anzahl an Publikationen und Patenten nicht in gleichem Maße steigern wie dies zahlreichen anderen Ländern gelungen ist. Die Handelsbilanz der USA ist im Bereich der Energietechnologien klar negativ. Interessant ist, dass auch in diesem Technologiefeld die Anteile computer-implementierter Erfindungen (Softwarepatente) bei den USA eine deutlich sichtbare Stärke darstellen.

RUSSLANDS BEDEUTUNG SINKT

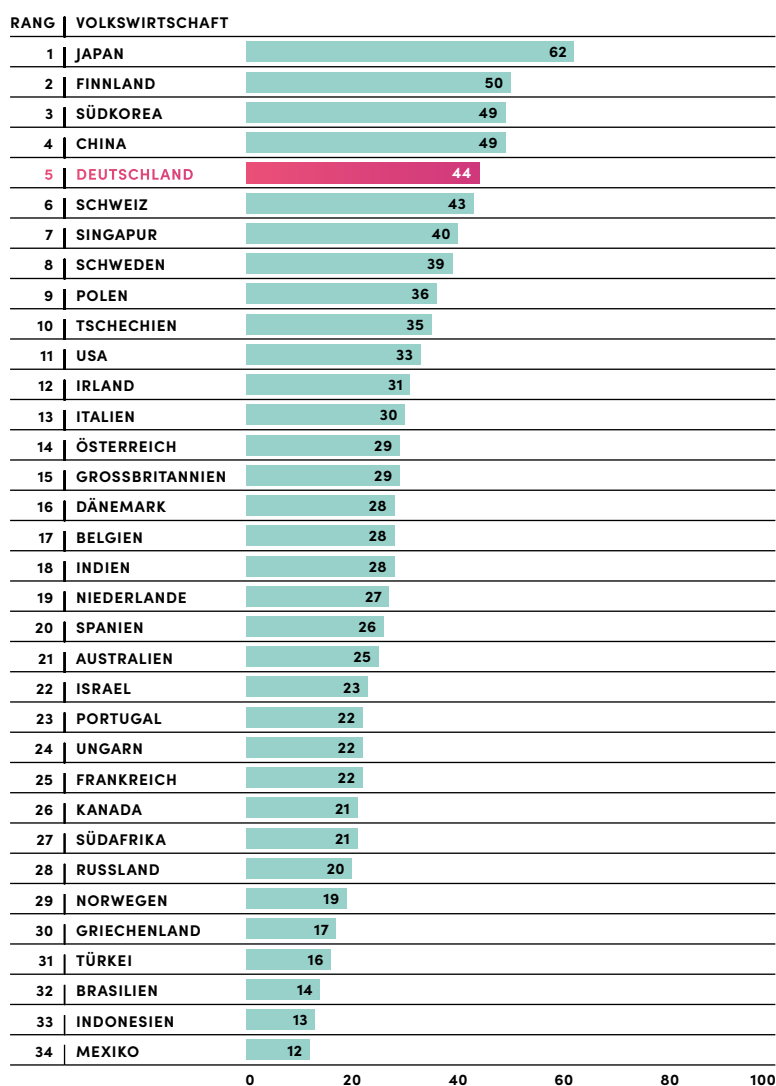
Hinter den USA reihen sich Irland (31), Österreich (30), Italien (30) und Indien (29) ein. Portugal, Großbritannien und Ungarn folgen mit jeweils 25 Indexpunkten auf den Rängen 16, 17 und 18. Frankreich erreicht mit 24 Punkten Rang 19. In keinem der hier verwendeten Indikatoren erreicht Frankreich hohe Werte. Sowohl bei Patenten und bei Publikationen als auch beim Außenhandel ist das französische Engagement im Bereich der Energietechnologien relativ zur Landesgröße beziehungsweise zum Bruttoinlandsprodukt, aber auch in absoluten Größen, nicht sonderlich ausgeprägt. Die Länder Australien (23), Spanien (23), Indonesien (22) und die Niederlande (22) liegen in der betrachteten Vergleichsgruppe im unteren Mittelfeld auf den Rängen 20 bis 22. Griechenland, Israel, Kanada, Belgien und Tschechien belegen die nachfolgenden Plätze, während das untere Ende durch die Schwellenländer Südafrika und Mexiko besetzt wird. In dieser Gruppe befinden sich auch Polen, die Türkei, Brasilien und schließlich Russland. Dieser letzte Platz Russlands macht sehr deutlich, dass die Rolle des Landes für eine Energieversorgung sinken wird, sobald die Transformation hin zu alternativen Energiequellen und entsprechenden Technologien deutlich an Fahrt gewinnt.

NEUE WERKSTOFFE UND FORTSCHRITTLICHE MATERIALIEN

Neue Materialien mit besonderen Eigenschaften sind die Basis für zahlreiche andere Entwicklungen und eröffnen neue Möglichkeiten beispielsweise im Leichtbau. Sie spielen aber auch durch den Ersatz bestehender Rohstoffe im Bereich der Materialeffizienz eine bedeutende Rolle. Materialtechnologien wie Beschichtungen ermöglichen außerdem verbesserte Eigenschaften von Produkten. Enthalten in dieser Kategorie sind daher Verbundwerkstoffe, Beschichtungen oder Kunststoffe mit besonderen Eigenschaften wie beispielsweise Nanomaterialien, aber auch Prozesse zu deren Herstellung und Verarbeitung.

Im Bereich neuer Werkstoffe steht Japan mit 62 Indexpunkten unangefochten und mit weitem Abstand über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg an der

NEUE WERKSTOFFE: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

Spitze. Diese starke Position lässt sich bei Patenten, beim Außenhandel und bei den computer-implementierten Erfindungen erkennen. Einzig bei den wissenschaftlichen Publikationen ist ein Rückstand gegenüber zahlreichen anderen Ländern der Vergleichsgruppe zu erkennen, der sowohl in Relation zu den weltweiten Zahlen als auch in Relation zum japanischen Wissenschaftssystem besteht.

Mit großem Abstand zur japanischen Spitze folgt eine Gruppe aus Finnland, Südkorea und China mit jeweils 50 beziehungsweise 49 Punkten. Die drei Länder verzeichnen ebenfalls einen großen Abstand zu den nachfolgenden Ländern und können daher als Verfolgergruppe bezeichnet werden. Auf Rang 5 reiht sich Deutschland mit 44 Punkten knapp vor der Schweiz ein. Der deutsche Gesamtwert bei neuen Materialien wird erreicht durch positive Werte bei allen Einzelindikatoren. Jedoch gelingt es Deutschland bei keinem einzelnen Indikator, einen Spitzenwert zu erreichen. Während bei Patenten beide Indexwerte im Zeitverlauf rückläufig sind, steigen sie bei den Marken seit Mitte der 2010-Jahre leicht an. Hohe Werte kann Deutschland bei digitalen Technologien im Bereich der neuen Werkstoffe vorweisen.

FRANKREICH ABGESCHLAGEN

Im weiteren Verlauf finden sich Singapur, Schweden und etwas weiter zurück Polen und Tschechien. Die USA (33) erreichen im Jahr 2021 den elften Rang. Seit der Platzierung auf dem fünften Platz im Jahr 2007 sind die Bewertungen der USA kontinuierlich gesunken. In absoluten Zahlen sind die USA weiterhin das Land mit den meisten wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der neuen Materialien. Gemessen an der Größe des Wissenschaftssystems gehören sie jedoch nicht zu den Ländern, die eine ausgeprägte Spezialisierung vorweisen können. Die absolute Anzahl der Patente und auch der Handelsbilanzsaldo ermöglichen es den USA, in der oberen Hälfte der Länderverteilung zu verbleiben. Auch der Anteil computer-implementierter Erfindungen, das heißt digitale Anwendungen und für digitale Technologien relevante Materialien, spielen im Patentportfolio der USA eine vergleichsweise bedeutende Rolle.

Ein sehr breites Mittelfeld mit Indexwerten zwischen 25 und 31 Punkten wird angeführt von Irland, dicht gefolgt von Italien sowie Österreich, Großbritannien, Dänemark, Belgien, Indien, Niederlande, Spanien und Australien. Israel, Portugal, Ungarn, Frankreich, Kanada, Südafrika, Russland und Norwegen bilden das untere Mittelfeld. Es mag überraschen, Frankreich bei neuen Materialien so weit abgeschlagen zu finden. Allerdings kann Frankreich weder bei wissenschaftlichen Publikationen, Patentanmeldungen noch dem Außenhandel hohe Indexwerte verzeichnen, die eine bessere Platzierung legitimieren würden.

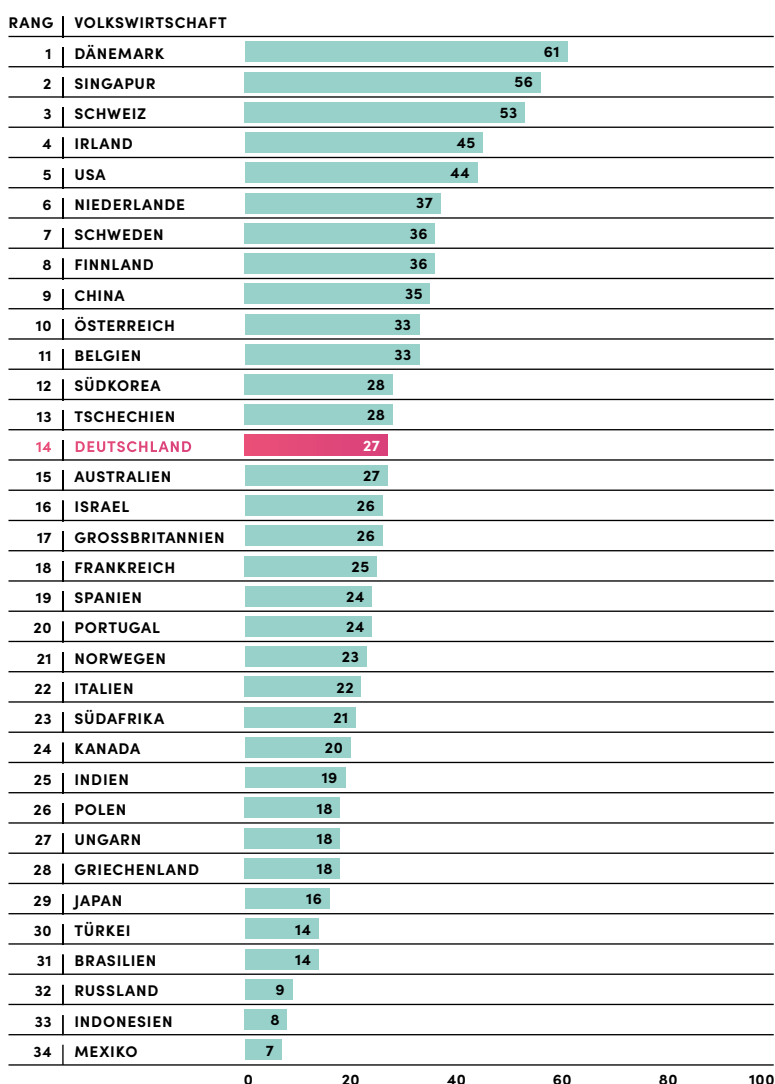
Am Ende der Verteilung hinsichtlich Innovationsfähigkeit im Bereich neuer Werkstoffe stehen im Jahr 2021 Griechenland, die Türkei, Brasilien, Indonesien und schließlich Mexiko.

BIOTECHNOLOGIE

Biotechnologie bezeichnet die wissenschaftlich-technologische Nutzung lebender Organismen beziehungsweise biologischer Prozesse. Die hier verwendete Definition umfasst alle Bereiche der Biotechnologie und ihrer Anwendungen in Gesundheit, Industrie, Umwelt und Lebensmittelproduktion. Neben Enzymen, Peptiden, Proteinen oder Mikroorganismen und darauf aufbauender Prozesse sind auch Bearbeitungs- und Messverfahren enthalten.

Die Nummer eins bei Biotechnologie ist seit Mitte des vergangenen Jahrzehnts Dänemark (61). Dänemark war bereits zuvor in der Spitzengruppe, konnte aber bei wissenschaftlichen Publikationen und Patenten seine relative Position verbessern, ebenso bei Markenmeldungen, und sich so an die Spitze setzen. Im Bereich des Außenhandels mit Biotechnologieprodukten gehört Dänemark

BIOTECHNOLOGIE: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

bereits seit Beginn des vergangenen Jahrzehnts zu den Besten in der Welt.

Singapur (56) konnte sich in den letzten beiden Beobachtungsjahren den zweiten Platz sichern, gehörte aber seit 2007 nahezu immer zu den Top 4. Die Schweiz (53) hat als drittplatziertes Land noch Anschluss an die Spitzengruppe, während Irland mit 45 und die USA mit 44 Indexpunkten bereits etwas zurück an vierter beziehungsweise fünfter Stelle liegen. Die Schweiz hat im Bereich der Biotechnologie Stärken in der Wissenschaft und bei Patenten und konnte ihre Position bei computer-implementierten Erfindungen in den vergangenen rund zehn Jahren deutlich ausbauen. Auch bei Markenmeldungen im Bereich der Biotechnologie ist die Schweiz vergleichsweise gut aufgestellt. Bei den absoluten Indikatoren liegt die Alpenrepublik zurück. Hinzu kommt ein leicht negativer Handelsbilanzsaldo bei Biotechnologieprodukten.

Es folgen die Niederlande, Schweden, Finnland und China auf den Rängen 6 bis 9, mit Indexwerten zwischen 37 und 35. Österreich und Belgien sind punktgleich, haben noch Anschluss an das obere Mittelfeld und können sich gegenüber einem breiten Feld in der Mitte der Verteilung absetzen. Zu den Ländern in der mittleren Gruppe gehört neben Südkorea, Tschechien, Australien, Israel und Großbritannien auch Deutschland mit 27 Indexpunkten auf Rang 14.

DEUTSCHLANDS POSITION WACKELT

Deutschlands Position war im internationalen Vergleich in den 2000er-Jahren schon einmal besser, ist dann bis circa 2015 deutlich erodiert, um sich ab 2018 wieder etwas zu erholen. Deutschlands Indexwert von 27 würde in vielen anderen Feldern nur für einen Platz im unteren Mittelfeld reichen. Dies zeigt, dass sich im Bereich der Biotechnologie die führenden Volkswirtschaften deutlicher vom Mittelfeld absetzen als in anderen Technologiebereichen und damit auch eine relativ gute Rangposition Deutschlands nicht auf eine an sich zufriedenstellende

technologische Leistungsfähigkeit hindeutet. Keiner der betrachteten Indikatoren hat sich in Deutschland nennenswert positiv entwickelt. Im Bereich Patente sind vergleichsweise niedrige Werte zu verbuchen. Die deutsche Position im Mittelfeld lässt sich damit begründen, dass zahlreiche andere Länder ebenfalls eine eher geringe Innovationsfähigkeit und Ausrichtung auf Biotechnologie zeigen. Da sich die Länder im Mittelfeld nur wenig voneinander absetzen, kann die deutsche Position auch sehr schnell erodieren, falls andere Ländern ihre Anstrengungen nur wenig ausweiten.

Israels (26) Stärken sind im Wesentlichen in der (weißen) Biotechnologie (Lebensmittel) zu finden. Dies ist lediglich ein Teilbereich der Biotechnologie. Israel kann gegenüber Ländern, die biotechnologische Anwendungen in der Breite vorzuweisen haben oder Schwerpunkte in der roten Biotechnologie (Gesundheit) zeigen, nur schwerlich punkten.

Die untere Hälfte beginnt mit Frankreich, gefolgt von einer Gruppe weiterer EU-Länder, nämlich Spanien, Portugal, Norwegen und Italien. Südafrika, Kanada, Indien, Polen, Ungarn, Griechenland stehen im Ranking allesamt noch vor Japan, das mit 16 Indexpunkten nur Rang 29 belegt. Hinter Japan finden sich ausschließlich Schwellenländer. Diese sind Türkei, Brasilien, Russland, Indonesien und am Ende der Verteilung schließlich Mexiko.

KREISLAUFWIRTSCHAFT

Unter Kreislaufwirtschaft werden verschiedene Ansätze zur langfristigen Nutzung von Materialien und Produkten zusammengefasst. In der breiten Definition gehören hierzu Prozesse zur gemeinsamen Nutzung von Produkten (Sharing Economy), zur Weiterverwendung von Produkten durch Dritte (Re-use) oder durch verbesserte Reparaturmöglichkeiten. Außerdem zählen Recycling-Prozesse, die bereits bei der Entwicklung und Produktion



IN DER BIOTECHNOLOGIE KÖNNEN SICH DIE FÜHRENDEN VOLKSWIRTSCHAFTEN DEUTLICHER VOM MITTELFELD ABSETZEN. «

der Produkte und beispielsweise der Materialauswahl ansetzen, zu diesem Technologiefeld. Im Innovationsindikator fokussieren wir uns auf eine engere Definition und erfassen im Wesentlichen Recycling-Technologien zur Rückführung von Materialien in den Stoffkreislauf.

IMPORTE DER USA STEIGEN

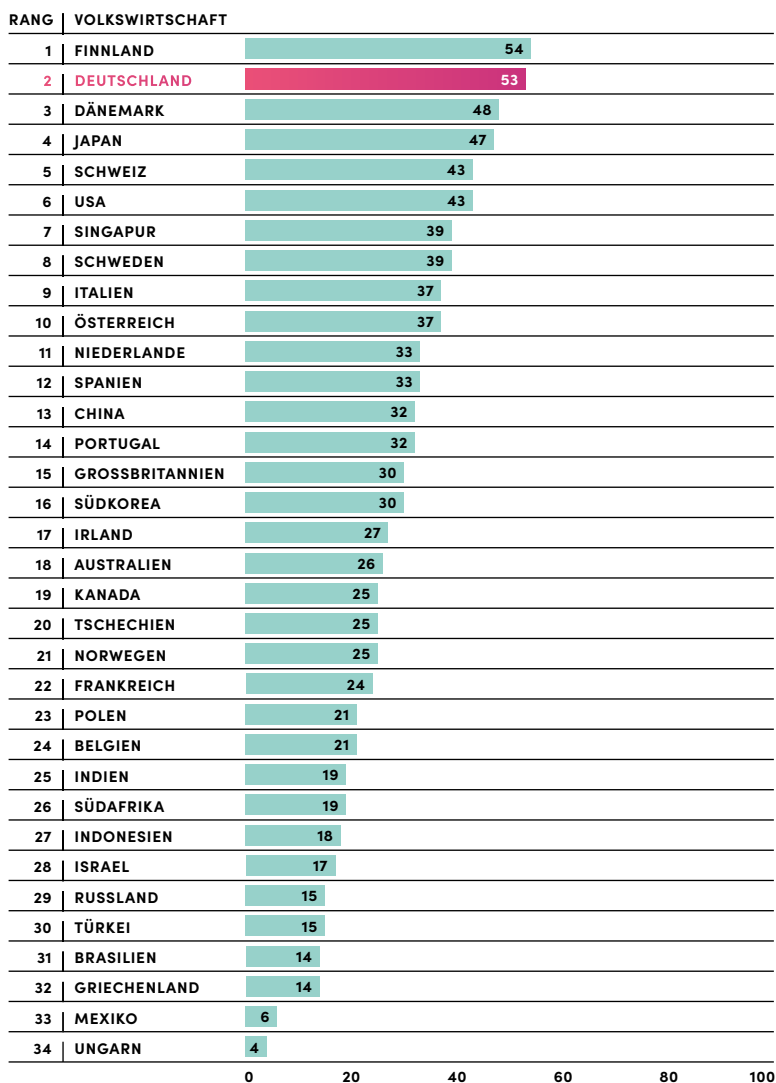
Bei der Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften im Bereich von Kreislaufwirtschafts-Technologien hat Finnland mit 54 Punkten das zuvor führende Deutschland an erster Stelle abgelöst. Deutschland (53 Punkte) befand sich seit 2014 an erster Stelle, nachdem es die über viele Jahre führende Schweiz verdrängt hatte. Seit diesem Zeitpunkt hat die Schweiz (43) kontinuierlich Rangplätze eingebüßt und erreicht im Jahr 2021 nunmehr Rang 5 hinter Dänemark (48) und Japan (47). Die deutsche Position an der Spitze begründet sich über Stärken bei Patenten und Marken, aber auch beim Handel mit Kreislaufwirtschafts-Technologien. Bei wissenschaftlichen Publikationen in diesem Bereich kann Deutschland hingegen weder absolut noch relativ punkten. Auch bei computer-implementierten Erfindungen unter den Patentanmeldungen ist Deutschland gegenüber anderen Ländern zurückgefallen.

Die USA (43) reihen sich auf Rang 6 ein. Dahinter folgen mit etwas Abstand Singapur, Schweden, Italien und Österreich. Die gute Position der USA basiert auf der hohen absoluten Zahl wissenschaftlicher Publikationen und Patenten, während die relative Bedeutung der Kreislaufwirtschaft im Technologieportfolio der USA vergleichsweise gering ist. Wie bei zahlreichen anderen Technologien spielen computer-implementierte Erfindungen (Softwarepatente) auch im Bereich der Kreislaufwirtschaft in den USA eine hervorgehobene Rolle im internationalen Vergleich. Beim Handelsbilanzsaldo ist die Positionierung rückläufig, das heißt, die Importe bei diesen Technologien sind im Zeitverlauf gegenüber den Exporten relativ stärker angestiegen als in den meisten Vergleichsländern.

Im mittleren Bereich der Länderverteilung findet sich eine Ländergruppe bestehend aus den Niederlanden, Spanien, China, Portugal, Großbritannien und Südkorea. China kann sich durch eine große absolute Zahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen und in der jüngeren Vergangenheit auch an Patentanmeldungen einen Platz im Mittelfeld sichern. Die anderen Indikatoren, darunter auch der Handelsbilanzsaldo, bleiben in der Kreislaufwirtschaft hinter dem Niveau anderer Länder deutlich zurück.

Die untere Hälfte des Länderrankings wird angeführt von Irland, knapp vor Australien und gefolgt von den punktgleichen Ländern Kanada, Tschechien und Norwegen. Auch Frankreich kann dieser Gruppe im Mittelfeld zugeordnet werden. Das hintere Mittelfeld besteht aus Polen, Belgien, Indien, Südafrika, Indonesien und Israel. Auch Russland, Türkei, Brasilien und Griechenland erreichen oft nennenswerte Indexwerte, während Mexiko und Ungarn am unteren Ende der Länderverteilung nur geringe Punktzahlen erreichen.

KREISLAUFWIRTSCHAFT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2023

EMPFEHLUNGEN



TECHNOLOGIESOUVERÄNITÄT ZUR ETABLIERUNG VON WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKEN STÄRKEN

Im Bereich der Schlüsseltechnologien ist die Sicherung von Technologiesouveränität zentral. Sie bedeutet, den Zugang zu neuen Technologien entlang von Lieferketten und innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken zu erhalten und auszubauen, sodass der Innovationsspielraum der Unternehmen nicht eingeschränkt wird und Skalierungserträge realisiert werden können. Dies bedeutet, dass in allen technologischen Schlüsselbereichen eigene Kompetenzen und Kapazitäten aufrechterhalten oder gegebenenfalls auf- und ausgebaut werden sollten.

Der Staat kann hier durch thematische oder technologische Förderprogramme und entsprechende Rahmensetzungen, beispielsweise in den Curricula an den Hochschulen, die Voraussetzungen schaffen. Dabei sollte aber keine rein nationale Brille aufgesetzt, sondern die europäische Zusammenarbeit gesucht werden.

Schlüsseltechnologien sind für neue technologische Lösungen und Innovationen in vielen unterschiedlichen Branchen von entscheidender Bedeutung. Sie stehen im Zentrum der Sicherung von technologischer Souveränität und bestimmen den Handlungsspielraum von Unternehmen bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren.

Schlüsseltechnologien sind häufig die Grundlage für die Entstehung neuer Märkte. Sie sind sowohl für die künftige technologische Leistungsfähigkeit eines Landes als auch für den ökonomischen Erfolg zentral. Die Innovationspolitik kann die Entwicklung und Verbreitung von Schlüsseltechnologien auf unterschiedliche Weise fördern. Über eine Forschungsförderung können die wissenschaftlichen Grundlagen geschaffen werden.

Eine Förderung des Wissens- und Technologietransfers kann eine breite Nutzung in der Wirtschaft vorantreiben. Regulative Rahmenbedingungen und nachfrageorientierte Politikmaßnahmen können die Diffusion und das Upscaling wesentlich beschleunigen.

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEFÖRDERUNG AUSWEITEN UND EUROPÄISCH DENKEN

Für den Industrie- und Innovationsstandort Deutschland ist es entscheidend, die Investitionen in Wissenschaft, Forschung, Entwicklung und Innovation in allen Schlüsseltechnologie-Bereichen deutlich auszuweiten, um damit sowohl die Marktfähigkeit der Technologien als auch die Geschwindigkeit ihrer Einführung deutlich zu erhöhen. Dabei ist der Spagat zu meistern zwischen einer grundsätzlichen Technologieoffenheit und einer Schwerpunktsetzung in jenen Technologiefeldern, die für die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland und Europa kurz- und mittelfristig von großer Bedeutung sind.

Gute europäische Beispiele sind der EU-Chips-Act oder auch die IPCEIs (Important Projects of Common European Interest). Diese Instrumente gilt es auszubauen und sie besser für die Zielerreichung zu nutzen. Deutschland sollte seine Rolle als Vorreiter und Vordenker im europäischen Kontext stärker annehmen und die für Deutschland und Europa wesentlichen Themen vorausschauend anstoßen und vorantreiben. Eine Anpassung des Beihilferechts im Bereich der Schlüsseltechnologien muss angegangen werden, ohne einen Subventionswettbewerb auszulösen. Diffusions- und nachfrageorientierte Maßnahmen sollten vorrangig aufgesetzt werden.

ZIELGERICHTETE TECHNOLOGIE- FOKUSSIERUNG DURCH BOTTOM- UP-PROZESSE SICHERSTELLEN

Gleichzeitig mit der Erhöhung der für Schlüsseltechnologien zur Verfügung gestellten Mittel müssen diese zielgerichteter und effizienter eingesetzt werden. Eine Spezialisierung oder Fokussierung auf bestimmte Technologiefelder ist dabei unumgänglich, auch wenn Deutschland eine der größten Volkswirtschaften der Welt ist und daher ein breites Portfolio aufrechterhalten kann.

Die Analysen haben jedoch gezeigt, dass Deutschland in vielen Bereichen die internationale Dynamik lediglich mitgehen, jedoch nicht aufholen kann. Spezialisierte Länder haben meist eine höhere Dynamik. Auch hierfür ist eine Koordination der Aktivitäten einzelner Akteure durch die Innovationspolitik sinnvoll. Diese umfasst zunächst eine auf Kriterien basierte, vorausschauende, strategische Kapazitätsplanung in den einzelnen Technologiefeldern, insbesondere, um das Zusammenwirken wissenschaftlicher Grundlagenforschung und industrieller, anwendungsorientierter Forschung zu fördern. Bottom-up-Prozesse unter Beteiligung aller relevanten Akteure, beispielsweise über Innovationsplattformen, stellen den Informationsfluss und die Anwendungsorientierung sicher. Ein Beispiel für eine solche Koordination ist die bundesdeutsche Strategie zur Batteriezellfertigung.

DÄNEMARK WIRTSCHAFTET AM GRÜNSTEN

Nachhaltig wirtschaften

Nachhaltigkeit ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Sie zielt darauf ab, die ökonomischen und sozialen Bedürfnisse der derzeitigen Generation zu befriedigen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen. Nachhaltigkeit ist zudem volkswirtschaftlich relevant, weil nur durch das Einhalten planetarer Grenzen Wirtschaftssysteme langfristig erfolgreich und damit Grundlage gesellschaftlichen Wohlstands sein können. Die hier im Fokus stehende ökologische Nachhaltigkeit ist dabei die zentrale Voraussetzung für die Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen. Für das Erreichen nachhaltig aufgestellter Innovationssysteme müssen Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Staat und Wirtschaft Beiträge leisten. Das Erreichen von Nachhaltigkeit ist somit eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

UNTERNEHMEN WICHTIGER HEBEL

Die Wirtschaft (Energiewirtschaft, andere industrielle Verbrennung) ist mit mehr als zwei Dritteln nicht nur größter Emittent von CO₂ in Deutschland, sondern auch Träger vieler Innovationen und Innovationspotenziale im Bereich der Nachhaltigkeit. Dies macht deutlich, dass die Unternehmen der entscheidende Hebel sind, um Umweltbelastungen zu reduzieren, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und die natürlichen Ressourcen zu schonen. Unternehmen können durch Umstellung auf umweltfreundlichere Produktionsmethoden, Geschäftsmodelle und Produkte einen wesentlichen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. Dabei sind insbesondere der Einstieg in die Kreislaufwirtschaft sowie die Entwicklung umweltfreundlicher Technologien wichtig.

Kreislaufwirtschaft spielt eine zentrale Rolle für eine nachhaltige Entwicklung, da sie das Prinzip der Ressourcenschonung in den Mittelpunkt stellt. Im Gegensatz zur linearen Wirtschaft, in der Rohstoffe abgebaut, verarbeitet und am Ende als Abfall entsorgt werden, sind in der Kreislaufwirtschaft die Produkte so konzipiert, dass sie ressourcenschonend hergestellt, möglichst

lang und hochwertig im Kreislauf gehalten und am Ende ihres Lebenszyklus recycelt werden können. Dies trägt dazu bei, den Einsatz von Ressourcen und die Belastung der Umwelt zu reduzieren. Darüber hinaus können durch die Implementierung von Kreislaufwirtschaft neue Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten entstehen, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch nachhaltig sind.

Die Entwicklung umweltfreundlicher Technologien spielt eine ebenso wichtige Rolle für Nachhaltigkeit, da sie dazu beitragen können, Umweltbelastungen zu reduzieren und natürliche Ressourcen zu schonen. Unternehmen, die in umweltfreundliche Technologien investieren, können nicht nur die Wirtschaft nachhaltiger gestalten, sondern auch einen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt leisten. Dazu zählen beispielsweise die Förderung erneuerbarer Energien, die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in der Produktion und die Herstellung umweltfreundlicher Produkte.

Bei der Entwicklung solcher Technologien kommt allerdings auch der Wissenschaft eine besondere Rolle zu. Durch die Generierung neuen technologischen Wissens aber auch durch die Verbesserung des Verständnisses für gesamtgesellschaftliche Zusammenhänge kann die Wissenschaft zum Entstehen neuer umweltverträglicher Produktionsweisen und Produkte beitragen. Hierbei müssen Wissenschaft und Wirtschaft frühzeitig im Innovationsprozess zusammenarbeiten.

Neben der Wirtschaft, die umweltfreundliche Produkte und Verfahrensweisen entwickelt und implementiert, und der Wissenschaft, die hierfür notwendiges Wissen zur Verfügung stellt, kommt dem Konsumverhalten eine zentrale Rolle zu. Ein umweltbewusstes Konsumverhalten verringert die Umweltbelastung und stellt gleichzeitig einen Anreiz für Unternehmen dar, nachhaltige Angebote zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Das Konsumverhalten hat außerdem einen wesentlichen Einfluss auf die Nachhaltigkeit des Verkehrssystems, das zu einem

der Sektoren mit besonders hohen Umweltbelastungen zählt. So ist der Verkehr/Transport für etwa 20 Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich. Um Konsum- und Mobilitätsmuster zu verändern, ist eine Sensibilisierung zum Thema Nachhaltigkeit in der Breite der Gesellschaft notwendig.

POLITIK GEFORDERT

Um diese Änderungen zu initiieren, zu flankieren und abzusichern, kommt auch der Politik eine zentrale Rolle zu. Sie kann durch Gesetze und Förderprogramme die Entwicklung einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft unterstützen. Ein Beispiel hierfür ist die Förderung von erneuerbaren Energien und von Energieeffizienz durch Subventionen und Anreizprogramme. Die Politik kann auch dazu beitragen, umweltschädliches Verhalten durch

Regulierungen und Steuern zu reduzieren. Darüber hinaus kann die Politik die Bildung und Sensibilisierung für Nachhaltigkeit fördern.

Der Innovationsindikator bildet diese verschiedenen Aspekte in seinem Indikator Nachhaltigkeit durch elf Einzelindikatoren ab. Diese berücksichtigen nicht nur Umwelttechnologien und deren Nutzung, sondern auch zentrale Bereiche des Umweltinnovationssystems mit Blick auf Wirtschaft, Wissenschaft, Staat und Zivilgesellschaft. Ziel der hier dargestellten Analysen ist die Bewertung der Ausrichtung der Volkswirtschaften auf Nachhaltigkeitsinnovationen. Berücksichtigt wird dabei das gleiche Länderset wie bei den Themen Innovation und Schlüsseltechnologien. Alle Indikatoren sind ebenfalls normiert, sodass reine Größeneffekte die Erfassung nicht verzerren.

EINZELINDIKATOREN ZUR MESSUNG DER NACHHALTIGKEIT UND IHRE QUELLEN

- FuE in erneuerbarer Energien und Energieeffizienz als Anteil am BIP
- Grüne Frühphasen-Investitionen
- Staatliche FuE-Förderung Umwelt und Energie
- Einstellung zu Umweltthemen, Präferenz Umwelt versus Wirtschaft
- Umweltrelevante wissenschaftliche Publikationen pro Kopf der Bevölkerung
- Exporte nachhaltiger Güter als Anteil am BIP
- Umweltinnovationen in Unternehmen
- Environmental Policy Stringency Index
- Umweltrelevante Patente pro Einwohner
- ISO-14001-Zertifizierungen
- Umweltsteuern

ZENTRALE ERGEBNISSE

Das Ranking des Indikators Nachhaltigkeit wird mit deutlichem Abstand von Dänemark angeführt, das auf 68 Punkte kommt. Mit einem Abstand von 14 Punkten folgt mit Finnland ein weiteres nordisches Land auf Rang 2. Mit 47 Punkten erreicht Deutschland in diesem Indikator den dritten Platz, auch wenn der Abstand zum führenden Dänemark sehr groß ist. Auf den Plätzen 4 und 5 folgen die beiden skandinavischen Länder Norwegen (47 Punkte und punktgleich mit Deutschland) und Schweden (45). Frankreich (45), Österreich (45), Italien (44), Südkorea (44) und Japan (42) folgen auf den Rängen 6 bis 10, gefolgt von einem breiteren Mittelfeld. Insgesamt zeigt sich, dass das Ranking sehr deutlich durch europäische Volkswirtschaften, insbesondere solche aus Nordeuropa, dominiert wird. Dabei ist augenfällig, dass die im Indikator Innovationsfähigkeit führenden Nationen Schweiz und Singapur beim Thema Nachhaltigkeit

mit 40 Punkten (Schweiz, Platz 11) beziehungsweise 27 Punkten (Singapur, Platz 23) nur mittelmäßig beziehungsweise stark unterdurchschnittlich abschneiden. Ob und inwieweit sich Nationen auf nachhaltiges Wirtschaften konzentrieren, muss also nicht zwangsläufig mit der derzeitigen Fähigkeit, Innovationen hervorzubringen, Hand in Hand gehen.

Das breitere Mittelfeld umfasst neben der Schweiz auch einige weitere europäische Länder wie Großbritannien (39), die Niederlande (38) und Belgien (36). Es finden sich hier aber auch viele der ost- und südeuropäischen Nationen. So belegen Portugal (35), Griechenland (28) und Spanien (25) die Rangplätze 17, 22 und 24. Tschechien liegt mit 38 Punkten noch auf einem verhältnismäßig guten Platz. Ungarn (30) liegt auf Rang 21 deutlich weiter hinten. Polen kommt mit 21 Zählern nur auf Platz 27. Im Mittelfeld liegt auf Rang 20 ebenfalls China, das 31 Punkte erzielen kann.

Als enttäuschend hingegen muss man das Abschneiden der USA bezeichnen, die mit lediglich 17 Punkten und einem 28. Platz den Reigen der Schlusslichter anführen. Für eine moderne Industrienation im 21. Jahrhundert ist dieses Ergebnis ernüchternd, insbesondere da die USA in nahezu allen Nachhaltigkeitsindikatoren schlecht abschneiden. Ebenfalls in dieser Gruppe liegen mit Brasilien (16), Indonesien (15), Südafrika (15) sowie Russland (5) eine Reihe von Schwellenländern.

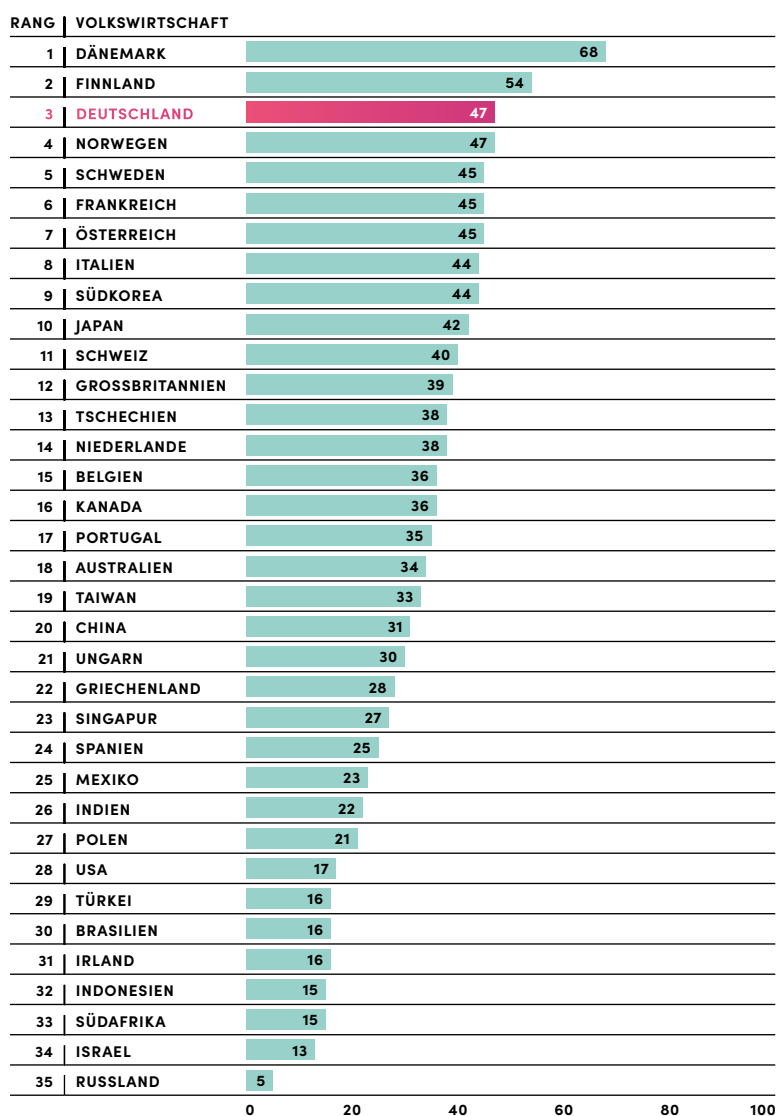
Erwähnenswert sind allerdings mit Irland und Israel zwei weitere etablierte Industrieländer, die nur auf 16 beziehungsweise 13 Punkte kommen. Irland verzeichnet dabei besondere Schwächen bei den Unternehmen, zum Beispiel mit Blick auf Umweltinnovationen, FuE im Bereich erneuerbarer Energien sowie ISO-14001-Zertifizierungen. Israel punktet zwar im Bereich Umweltsteuern, ist in Bezug auf umweltbezogene Regulierungen aber eher zurückhaltend, was sich auch in den Umweltinnovationen der Unternehmen widerspiegelt.

Um einen detaillierteren Blick auf die einzelnen Volkswirtschaften zu werfen, werden die zeitlichen Verläufe sowie die Positionen der Länder bezüglich der einzelnen Indikatoren genauer beleuchtet. In Analogie zum Vorgehen im Kapitel Innovationsfähigkeit werden vergleichbare Gruppen (führende Länder, große Volkswirtschaften, Ost- und Südeuropa, Schwellenländer) gebildet.

EUROPA DOMINIERT

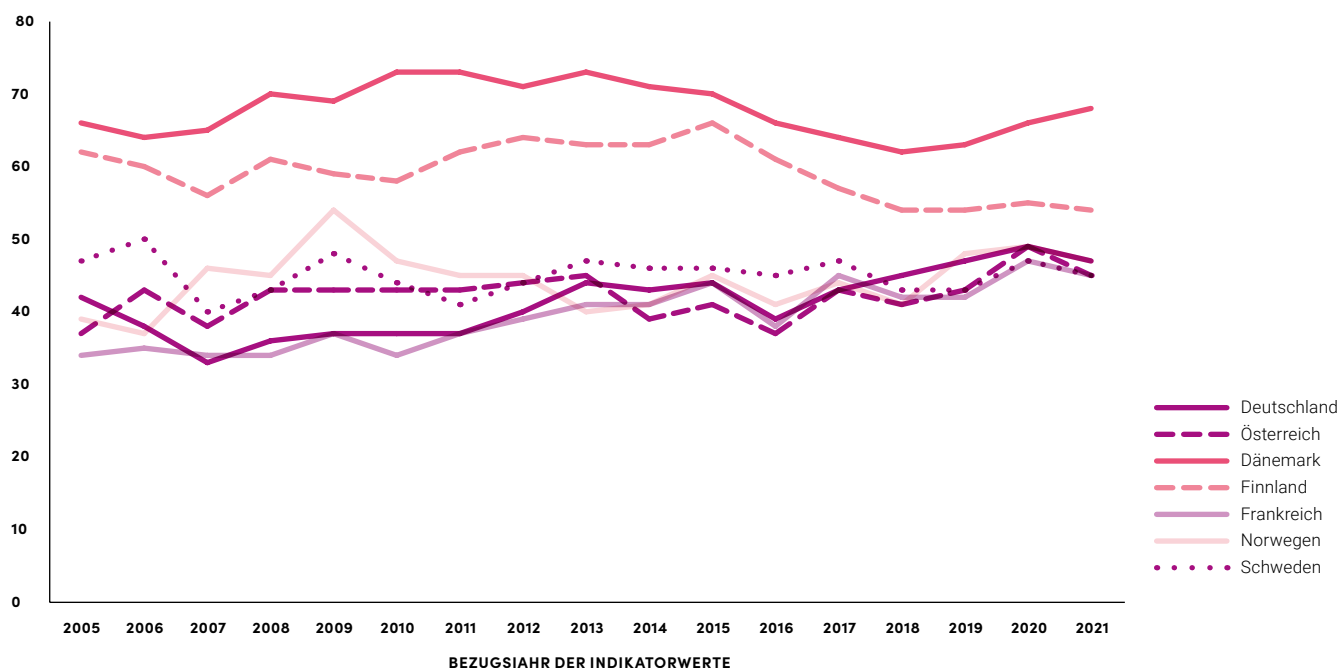
Wie die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt, sind die punktemäßigen Ergebnisse für die meisten im Indikator Nachhaltigkeit führenden Volkswirtschaften über die Zeit recht stabil. So hat Dänemark bereits im Jahr 2005 einen Wert von 66 erreicht. Im aktuellsten Jahr 2021 lag es mit 68 Punkten zwei Punkte darüber. Eine ähnlich stabile Entwicklung ist für Schweden zu konstatieren, das 2021 45 Punkte erreichte (–2 gegenüber 2005). Deutschland konnte sich in diesem Zeitraum moderat von 42 auf

NACHHALTIGKEIT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Innovationsindikator 2023

NACHHALTIGKEIT: ENTWICKLUNG VON VOLKSWIRTSCHAFTEN MIT HOHEM INDEXWERT



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

47 Punkte verbessern – ebenso Norwegen, das 2021 auf ebenfalls 47 Punkte kam, während es 2005 erst 39 erreicht hatte. Den größten Sprung im Ranking macht Frankreich, das nach 34 Punkten im Jahr 2005 nun auf 45 Punkte kommt. Das einzige Land der Spitzengruppe, das sich deutlich verschlechtert hat, ist Finnland: Von 63 Punkten im Jahr 2005 fiel es auf 54 Punkte im Jahr 2021 zurück. Da der Abstand zu den Folgenationen allerdings hinreichend groß war, konnte der zweite Platz behauptet werden.

Ein Blick auf die Ausprägungen bei den Einzelindikatoren zeigt dabei deutliche Stärken-/Schwächen-Profile auf. Das führende Dänemark punktet vor allen Dingen durch eine hohe relative Zahl umweltbezogener wissenschaftlicher Publikationen, Umweltinnovationen der Unternehmen und umweltrelevante Patente, in denen es jeweils den Bestwert und damit 100 Punkte erreicht. Schlecht aufgestellt ist es lediglich bei der ISO-Zertifizierung. Diese Schwäche teilt Dänemark mit den meisten anderen Ländern in der Führungsgruppe. Die Gründe für die unterschiedliche Diffusion von Umweltstandards wie ISO 14001 liegen dabei in aller Regel in nationalen, teilweise idiosynkratischen, regulatorischen Rahmenbedingungen.⁶

Deutschland belegt bei keinem der Indikatoren absolute Spitzenplätze. Gute Werte werden aber bei der staatlichen Förderung für umweltrelevante FuE (84), beim Kaufverhalten (78) sowie bei grünen Frühphasen-Investitionen (74) erreicht. Das insgesamt gute Abschneiden Deutschlands erklärt sich daraus, dass es keinen Ausreißer nach

unten gibt. So liegen nahezu alle Indikatoren im soliden Mittelfeld. Das unterstreicht, dass das deutsche System in seiner Breite auf Nachhaltigkeitsthemen ausgerichtet ist. Kritisch ist jedoch anzumerken, dass bei zentralen Erfolgsindikatoren der Wirtschaft, wie Umweltinnovationen (45), FuE in erneuerbaren Energien (34) und Patenten (35), deutlich Nachbesserungspotenzial besteht.

Frankreich, das sich im Ranking stark verbessern konnte, punktet vor allen Dingen durch Fortschritte, die auf den Staat zurückzuführen sind. So erreicht Frankreich beim Environmental Stringency Index die höchste Punktzahl in der Vergleichsgruppe der 35 Länder. Der Index ist ein Maß für die Stärke umweltbezogener Regulierungen. Zum Vergleich, Deutschland kommt hier auf lediglich 41 Punkte. Ein sehr hoher Wert zeigt sich für Frankreich außerdem bei der Förderung für umweltbezogene FuE. In der Wirtschaft oder beim Konsumverhalten gibt es noch deutliches Verbesserungspotenzial. Österreich zeichnet sich durch besondere Stärken im Bereich grüner Frühphasen-Investitionen aus. Bei den meisten anderen Indikatoren liegt Österreich eher im Mittelfeld.

CHINAS GRÜNER PLAN

Innerhalb der Gruppe der großen Volkswirtschaften konnten insbesondere Großbritannien, Südkorea und China ihre Plätze im Ranking verbessern. Während China zu Beginn der Erfassungsperiode nur auf 14 Punkte kam und somit Teil der Schlussgruppe war, erreichte es 2021 bereits 31 Punkte. Die Verbesserung fand primär bis 2010 statt. Seitdem geht es nur noch leicht bergauf.



DEUTSCHLAND IST IN DER BREITE AUF NACHHALTIGKEITSTHEMEN AUSGERICHTET. «

NACHHALTIGKEIT: GESAMTRANKING DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	2005	2010	2015	2020	2021
1	DÄNEMARK	DÄNEMARK	DÄNEMARK	DÄNEMARK	DÄNEMARK
2	FINNLAND	FINNLAND	FINNLAND	FINNLAND	FINNLAND
3	JAPAN	NORWEGEN	ITALIEN	NORWEGEN	DEUTSCHLAND
4	UNGARN	SCHWEDEN	SCHWEDEN	DEUTSCHLAND	NORWEGEN
5	SCHWEDEN	ÖSTERREICH	NORWEGEN	ÖSTERREICH	SCHWEDEN
6	SCHWEIZ	NIEDERLANDE	JAPAN	ITALIEN	FRANKREICH
7	DEUTSCHLAND	UNGARN	DEUTSCHLAND	FRANKREICH	ÖSTERREICH
8	NIEDERLANDE	KANADA	FRANKREICH	SCHWEDEN	ITALIEN
9	BELGIEN	TSCHECHIEN	SCHWEIZ	SÜDKOREA	SÜDKOREA
10	NORWEGEN	SCHWEIZ	SÜDKOREA	GROSSBRITANNIEN	JAPAN
11	ÖSTERREICH	SÜDKOREA	ÖSTERREICH	JAPAN	SCHWEIZ
12	SÜDKOREA	JAPAN	GROSSBRITANNIEN	SCHWEIZ	GROSSBRITANNIEN
13	TSCHECHIEN	DEUTSCHLAND	NIEDERLANDE	TSCHECHIEN	TSCHECHIEN
14	AUSTRALIEN	ITALIEN	TAIWAN	NIEDERLANDE	NIEDERLANDE
15	FRANKREICH	AUSTRALIEN	AUSTRALIEN	TAIWAN	BELGIEN
16	KANADA	GROSSBRITANNIEN	KANADA	KANADA	KANADA
17	ITALIEN	FRANKREICH	BELGIEN	BELGIEN	PORTUGAL
18	GROSSBRITANNIEN	SPANIEN	PORTUGAL	PORTUGAL	AUSTRALIEN
19	MEXIKO	TAIWAN	TSCHECHIEN	AUSTRALIEN	TAIWAN
20	SPANIEN	CHINA	POLEN	CHINA	CHINA
21	PORTUGAL	BELGIEN	CHINA	UNGARN	UNGARN
22	GRIECHENLAND	MEXIKO	UNGARN	GRIECHENLAND	GRIECHENLAND
23	SINGAPUR	PORTUGAL	SPANIEN	SPANIEN	SINGAPUR
24	POLEN	POLEN	GRIECHENLAND	SINGAPUR	SPANIEN
25	SÜDAFRIKA	SINGAPUR	MEXIKO	MEXIKO	MEXIKO
26	IRLAND	TÜRKEI	SINGAPUR	POLEN	INDIEN
27	ISRAEL	GRIECHENLAND	TÜRKEI	INDIEN	POLEN
28	TÜRKEI	IRLAND	SÜDAFRIKA	USA	USA
29	USA	ISRAEL	BRASILIEN	TÜRKEI	TÜRKEI
30	CHINA	USA	INDIEN	BRASILIEN	BRASILIEN
31	TAIWAN	BRASILIEN	IRLAND	INDONESIEN	IRLAND
32	RUSSLAND	SÜDAFRIKA	USA	SÜDAFRIKA	INDONESIEN
33	INDIEN	RUSSLAND	ISRAEL	ISRAEL	SÜDAFRIKA
34	BRASILIEN	INDIEN	INDONESIEN	IRLAND	ISRAEL
35	INDONESIEN	INDONESIEN	RUSSLAND	RUSSLAND	RUSSLAND

Quelle: Innovationsindikator 2023

Die chinesische Regierung hatte bereits seit Mitte der 2000er-Jahre in der Phase der aufstrebenden wirtschaftlichen Entwicklung auf nachhaltige Energieversorgung und Umweltinnovationen gesetzt, ein Trend, der sich in jüngerer Zeit noch verstärkte.

Kritiker sahen darin aber in vielen Bereichen lediglich ein „Greenwashing“ der Forschungs-, Innovations- und Wirtschaftspolitik, vor allem, weil die klassische Energieversorgung weiter aufrechterhalten wurde, das heißt hauptsächlich Kohleverstromung. Gleichzeitig hat die chinesische Regierung nicht nur auf erneuerbare Energien gesetzt, sondern auch massiv in die Atomenergie investiert. Begründet wurde der weiterhin bestehende Energiemix insbesondere damit, dass der schnell ansteigende Energiebedarf in China andernfalls nicht gedeckt werden könne.

Chinas Stärken beim Indikator Nachhaltigkeit bestehen bei den ISO-Zertifizierungen (100) sowie bei den Umwelteinstellungen der Bevölkerung (84). Bei den meisten anderen Einzelindikatoren liegt China zurück. Dies betrifft auch den Staat, der weder bei den Umweltsteuern (0) noch in Bezug auf umweltbezogene Regulierung (27) besonders aktiv ist. Andererseits setzt China zum Beispiel bei Elektromobilität sehr ambitionierte Ziele. Es bestehen in manchen Städten mittlerweile deutliche Zulassungsbeschränkungen für Verbrennerfahrzeuge. Bei der Elektromobilität wird die Regulierung zentral vorgegeben und regional durchgesetzt, auch weil es Teil der Innovationspolitik Chinas ist, bei Fahrzeugen mit neuen Antriebstechnologien zur Spitze der Volkswirtschaften aufzuschließen, indem die Verbrennertechnologie im Wesentlichen

übersprungen wird (Leap-Frogging). Bei anderen zentralen Umweltregulierungen stehen jedoch bisweilen regionale wirtschaftliche Interessen entgegen und werden daher weniger konsequent umgesetzt.

USA WEIT ZURÜCK

Großbritannien kam 2005 auf 30 Punkte und konnte sich 16 Jahre später um neun Punkte auf einen Indikatorwert von 39 verbessern. Südkorea erreichte zuletzt 44 Punkte, was einem Plus von sieben Zählern im Vergleich zu 2005 entspricht. Japan hingegen hat sich im Beobachtungszeitraum von 50 auf 42 Punkte verschlechtert. Als Ausreißer nach unten innerhalb der großen Volkswirtschaften müssen die USA gelten. Dabei hat sich an dem Indikatorwert über die Jahre hinweg wenig geändert. So erreichten die Vereinigten Staaten zuletzt 17 Punkte, was einem nur marginalen Plus von einem Punkt entspricht. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch im Nachhaltigkeitsindikator relative Werte entlang der Benchmark-Gruppe betrachtet werden. Dies führt dazu, dass die USA sich in einzelnen Indikatoren zwar absolut verbessert haben mögen, in der relativen Betrachtung aber so gut wie keine Verbesserung zu verzeichnen ist.

Besonders augenfällig ist, dass die USA bei nahezu allen Indikatoren unterdurchschnittlich abschnitten. Sie erreichten lediglich bei den Umwelteinstellungen mit 43 Punkten einen Wert im Mittelfeld. Bei allen anderen Indikatoren werden maximal 27 Punkte (FuE im Bereich erneuerbarer Energien) erreicht. Null Punkte haben die USA beim Export nachhaltiger Güter sowie bei den Umweltsteuern. Diese Ergebnisse, insbesondere mit Blick auf

NACHHALTIGKEIT: ENTWICKLUNG GROSSER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

den geringen Exporterfolg, zeigen deutlich, dass mit einer geringen Ausrichtung auf das Thema Nachhaltigkeit auch ökonomische Kosten verbunden sind. Relativiert werden muss dieses Ergebnis allerdings dahingehend, dass die USA bei forschungsintensiven Gütern insgesamt ebenfalls eine negative Handelsbilanz aufweisen. Daneben ist der Binnenhandel in den USA ein wichtiger Faktor, denn die nationale Nachfrage wird in Teilen durch nationale Angebote gedeckt. Drittens zielt der kürzlich verabschiedete Inflation Reduction Act auch darauf ab, nachhaltigen Technologien einen Vorschub zu geben.

Großbritannien zeigt ebenso wie Deutschland wenige ausgeprägte Stärken und Schwächen. Bei vielen Indikatoren, gerade im Bereich der staatlichen Regulierung oder Förderung, werden solide Werte erzielt. Nicht ganz so gut steht Großbritannien allerdings bei den Umweltpatenten (15) sowie den Exporten von nachhaltigen Gütern (7) da. Japan und Südkorea teilen einen Teil ihrer Stärken. So zeichnen sich beide Nationen durch eine ausgeprägte Förderung von FuE im Bereich Umwelt und Energie aus. Dementsprechend können auch beide Länder bezüglich der FuE-Ausgaben für erneuerbare Energien sowie Energieeffizienz punkten. Schwächen haben beide Länder bei den Exporten nachhaltiger Güter.

ITALIEN UND PORTUGAL LEGEN ZU

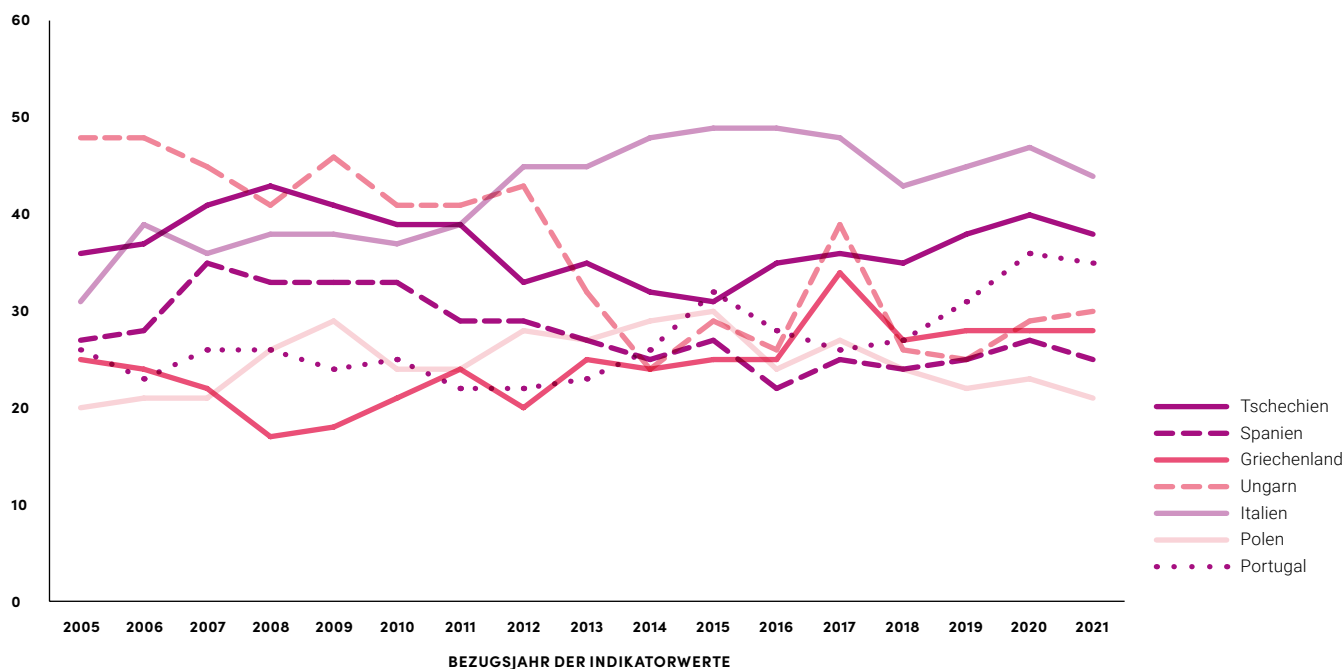
In der Gruppe der Volkswirtschaften aus Süd- und Osteuropa konnten sich insbesondere Italien und Portugal im Ranking verbessern. Während Italien im Jahr 2005 auf 31 Punkte kam, konnte es diesen Wert 16 Jahre später auf

44 Punkte steigern. Portugal konnte einen Zuwachs auf 35 Punkte (+9) verbuchen. Stark zurückgefallen ist hingegen Ungarn, das mit ursprünglich 48 Zählern sehr weit vorne lag. 2021 wurden nur noch 30 Punkte erreicht. Die meisten anderen Länder in Süd- und Osteuropa haben ihre Punktezahl nur wenig verändert, so auch Spanien, das zuletzt 25 Zähler erreicht (−2 gegenüber 2005).

Interessant ist, dass alle Volkswirtschaften in Süd- und Osteuropa zwei Stärken und zwei Schwächen teilen. So liegen alle betrachteten Länder bei den Umweltsteuern in Relation zum gesamten Steueraufkommen sehr weit vorne. Griechenland erreicht hier sogar 100 Zähler. Mit Ausnahme von Spanien, das auf 35 Punkte kommt, liegen alle anderen Länder jenseits der 50er-Marke. Bei den Umweltpatenten hingegen kommt kein Land auf mehr als sechs Punkte, was sich zum Teil durch die allgemein unterdurchschnittlichen Patentierungsaktivitäten in dieser Ländergruppe erklären lässt.

Ansonsten zeigen sich einige interessante Aspekte: Das sonst eher als wenig gründerfreundlich geltende Italien erreicht bei den grünen Frühphasen-Investitionen immerhin 53 Punkte. Portugal kommt sogar auf 56. Nahezu alle Länder in dieser Vergleichsgruppe zeichnen sich durch eine recht hohe staatliche Unterstützung für FuE im Bereich Umwelt und Energie aus. Ungarn führt die Gruppe hier mit 81 Punkten an. Ausreißer nach unten (0) ist Polen, das traditionell stark auf fossile Rohstoffe (Kohle) setzt. Bei Portugal zeigt die staatliche Förderung auch Wirkung, denn bei den FuE-Aktivitäten im Bereich erneuerbarer Energien erreicht das Land 66 Punk-

NACHHALTIGKEIT: ENTWICKLUNG VON VOLKSWIRTSCHAFTEN IN SÜD- UND OSTEUROPA



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI



ERMUNTERND IST, DASS MIT SÜD- AFRIKA UND BRASILIE IMMERHIN ZWEI SCHWELLENLÄNDER IN BEZUG AUF DIE UMWELTINNOVATIONEN SOLIDE ERGEBNISSE ERZIELEN. «

te. Tschechien liegt hier mit 40 Zählern an zweiter Stelle. Schlechte Ergebnisse erzielen Spanien (12) und Griechenland (0).

Ökonomische Erfolge im Sinne eines positiven Handelsbilanzsaldos mit nachhaltigen Gütern können vor allen Dingen Tschechien (100) und Ungarn (86) vorweisen, das heißt, sie exportieren deutlich mehr dieser Güter als sie importieren. Portugal hat Stärken im Bereich der Wissensgenerierung. Bei Umwelt-Publikationen erreicht es 73 Punkte. Insgesamt ergibt sich für Portugal ein Bild der Spezialisierung im Bereich der Nachhaltigkeit, die vor allen Dingen durch staatliche Unterstützung nachhaltiger Wirtschaftsaktivitäten zustande kommt. Bei Unternehmen besteht hier aber wie bei den meisten anderen Ländern im Sample noch Ausbaupotenzial.

UMWELTREGULIERUNG EIN MANKO

In der Gruppe der Schwellenländer konnten vor allen Dingen Indien, Brasilien und Indonesien ihren Platz im Ranking verbessern. Während Indien 2005 nur sieben Punkte erreichte, waren es 2021 immerhin 21 Punkte. Indonesien steigerte seinen Wert im Indikator Nachhaltigkeit von drei auf 15 Punkte, Brasilien von sieben auf 16 Punkte. Im Ranking zurückgefallen sind insbesondere Russland (5 Punkte 2021 gegenüber 10 Punkten 2005), Mexiko (23 Punkte 2021 gegenüber 28 Punkten 2005) und Südafrika (15 Punkte 2021 gegenüber 19 Punkten 2005). Die Türkei blieb mit zuletzt 16 Punkten (–1 gegenüber 2005) nahezu unverändert.

Alle Schwellenländer zeichnen sich durch sehr niedrige Werte im Bereich umweltrelevanter Publikationen und Patente aus. Dies spiegelt auch wider, dass diese Nationen allgemein bei Patentierung und beim wissenschaftlichen Publizieren weit hinten liegen. Außerdem zeigen alle Länder Schwächen im Bereich der Umweltregulierung. Den höchsten Wert erzielt hier die Türkei mit 16 Punkten. Brasilien, Indonesien, Mexiko, Russland und Südafrika kommen nur auf null Punkte. Ebenso sind die Exporte von

nachhaltigen Gütern in den meisten Ländern gering. Hier liegt Mexiko mit 28 Punkten auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Die Türkei und Südafrika erreichen 17 beziehungsweise 16 Zähler. Alle anderen Länder kommen auf null Punkte.

Interessant hingegen sind die Stärken in Bezug auf die Umwelteinstellungen. Indonesien erreicht mit 97 Punkten fast den Bestwert. Dahinter liegen Indien (87) sowie Brasilien (73). Auch Mexiko und die Türkei sind hier mit 54 und 50 Punkten gut positioniert. Russland erreicht mit 34 einen unterdurchschnittlichen Wert, während Südafrika hier nicht punkten kann. Die Daten bezüglich der FuE-Förderung sowie der FuE-Aktivitäten im umweltrelevanten Bereich sind in dieser Vergleichsgruppe lückenhaft. Interessant ist aber, dass Mexiko bei der staatlichen FuE-Förderung im Bereich Umwelt und Energie sogar den Bestwert erzielt.

Ebenso ermunternd ist, dass mit Südafrika und Brasilien immerhin zwei der Schwellenländer in Bezug auf die Umweltinnovationen in Unternehmen mit 27 beziehungsweise 28 Punkten zwar keine Spitzenwerte, aber doch solide Ergebnisse erzielen. Damit liegen diese beiden Länder bezüglich dieses Indikators sogar deutlich vor vielen der süd- und osteuropäischen Länder.

EMPFEHLUNGEN



NACHHALTIGKEIT MIT NEUEN TECHNOLOGIEN FÖRDERN

Technologieentwicklung ist für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen essentiell. Zwar werden neue nachhaltigkeitsorientierte Technologien auf kurze Sicht nicht ausreichen, um eine hinreichend starke Entkopplung der Produktion von dem Verbrauch natürlicher Ressourcen sicherzustellen. Gleichwohl kommt neuen Technologien eine besondere Bedeutung zu, um die Ressourceneffizienz erheblich zu steigern und nicht nachhaltige Produktionsformen durch nachhaltige zu ersetzen.

Mit entsprechenden Anreizen im Rahmen der staatlichen Innovationsförderung sollte die Fortentwicklung dieser Technologien verstärkt unterstützt werden. Gleichzeitig ist aber auch darauf zu achten, neuen Ansätzen ausreichend Raum zu geben. Die inkrementelle Verbesserung bereits vorhandener Technologien sollte durch eine entsprechende Förderung von neuartigen technologischen Lösungen komplementiert werden.

Hier spielen auch Start-ups eine große Rolle, denen ein Zugang zu entsprechenden Innovationsförderprogrammen häufig schwerer fällt. Bestehende Zugangsbeschränkungen, die nicht nur die Entstehung von Förderkarrieren etablierter Unternehmen begünstigen, sondern auch neue Unternehmen von der Förderung fernhalten, müssen konsequent abgebaut werden.

Nachhaltigkeit ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Sie zielt darauf ab, die ökonomischen und sozialen Bedürfnisse der derzeitigen Generation zu befriedigen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen.

Nachhaltigkeit ist zudem volkswirtschaftlich relevant, weil nur durch das Einhalten planetarer Grenzen Wirtschaftssysteme langfristig erfolgreich und damit Grundlage gesellschaftlichen Wohlstands sein können. Unternehmen sind der entscheidende Hebel, um Umweltbelastungen zu reduzieren, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und die natürlichen Ressourcen zu schonen.

Darüber hinaus können durch nachhaltige Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten nationale und internationale Märkte mit Wettbewerbsvorteilen für deutsche Unternehmen entstehen.

ZIRKULÄRE GESCHÄFTSMODELLE AUFBAUEN

Die Innovationsförderung in der EU hat traditionell einen starken Technologiefokus. Im Bereich der Nachhaltigkeit wird die Entwicklung neuer Technologien als zentraler Ankerpunkt einer innovationsorientierten Transformationspolitik gesehen. Zweifelsfrei spielen neue, disruptive Technologien eine große Rolle. Allerdings verdeckt dieser Fokus, dass eine sozialökonomische Transformation der Wirtschaft sehr häufig von der Entwicklung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle abhängt. Diese können auf neuen Technologien beruhen, erfordern aber ebenso die Umgestaltung ganzer Wertschöpfungsketten. Das braucht ein erhebliches Maß an Koordination, Vertrauen und finanziellen Investitionen von allen an den Produktionsschritten beteiligten Unternehmen.

Die Forschung hat gezeigt, dass dies selbst bei Vorhandensein notwendiger Technologien nicht leicht zu erreichen ist, weil bestehende Geschäftsmodelle transformative Änderungen kurzfristig unattraktiv erscheinen lassen. Zudem führt ein Silodenken seitens der Akteure oft nicht zu jenen Lösungen, die am Ende im gesamten Netzwerk implementiert werden müssten. Bestehende FuE-orientierte Förderprogramme wie zum Beispiel das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) adressieren diesen Punkt nur zum Teil. Es ist daher wichtig, Programme zu entwickeln, die nicht nur Technologieentwicklung, sondern auch den Abbau systemischer Hemmnisse der Neuentwicklung von zirkulären Geschäftsmodellen in Wertschöpfungsketten zum Ziel haben.

NACHHALTIGKEITSORIENTIERTE MÄRKTE SCHAFFEN

In Deutschland macht die öffentliche Beschaffung etwa 15 Prozent des Bruttoinlandsprodukts aus. Dieser große Umfang stellt einen erheblichen ökonomischen Hebel für die Schaffung neuer Märkte dar, weil eine verlässlich auf grüne Aspekte ausgerichtete staatliche Nachfrage die ökonomische Unsicherheit seitens der Unternehmen deutlich reduzieren kann. In Bezug auf die Transformation der Wirtschaft hin zu zirkulären Geschäftsmodellen kann eine nachhaltigkeitsorientierte staatliche Beschaffung sogar besonders wirksam sein.

Erstens ist die Aufnahme von nachhaltigkeitsorientierten Zielen in die Anforderungskataloge bei der Beschaffung grundsätzlich aus Beihilferechtsperspektive unproblematisch, da bei entsprechender Ausgestaltung in aller Regel nicht gezielt einzelne Unternehmen bevorzugt werden. Zweitens lautet ein häufiger Einwand gegenüber der innovationsorientierten staatlichen Beschaffung, dass sich ein erheblicher Teil der staatlichen Nachfrage zwangsläufig auf eher einfache Produkte bezieht. Für eine nachhaltigkeitsorientierte Beschaffung ist dieser Einwand weniger relevant, da auch Produkte mit geringem Komplexitätsgrad durch Umstellung auf zirkuläre oder energieeffizienzorientierte Ansätze nachhaltiger bereitgestellt werden können – eine Neuorientierung, die zum Beispiel der Inflation Reduction Act (IRA) aus den USA verfolgt. Insbesondere mit Blick auf die Förderung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle sollten Nachhaltigkeitsaspekte in der öffentlichen Beschaffung daher konsequent mitgedacht werden.

DAS KONZEPT HINTER DER STUDIE

Methodik des Innovationsindikators

Der Innovationsindikator stellt einen sogenannten Komposit-Indikator dar. Der Indexwert ergibt sich durch die Zusammenfassung von Einzelindikatoren, die für die Aggregation auf eine einheitliche Skala gebracht werden müssen. In der Vergangenheit hatte der Innovationsindikator eine „Akteursperspektive“ eingenommen und die wesentlichen Akteursgruppen in Innovationssystemen über verschiedene Indikatoren erfasst. Der neue Innovationsindikator nimmt dagegen stärker eine funktionale Perspektive ein, um die Veränderung von Innovationsprozessen und die Dynamik in den Systemen besser erfassen zu können. Außerdem werden so Faktoren und Technologien, die für die zukünftige Innovationsfähigkeit relevant sind, besser berücksichtigt. Mit der funktionalen Perspektive wird der Blick stärker auf die zu erfüllenden Funktionen und das Zusammenwirken von Akteursgruppen innerhalb der Innovationssysteme der Länder gerichtet. Durch diese Änderung sollen zum einen neuere wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich der Innovationssystemtheorie berücksichtigt werden. Zum anderen ermöglicht die funktionale Perspektive eine engere Verzahnung mit aktuellen Themen und Diskussionen der Innovationspolitik. Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit der Länder in Hinsicht auf diese Funktionen ist damit der Gegenstand der durchgeführten Analysen.

Im neuen Innovationsindikator werden drei Funktionen von Innovationssystemen über drei getrennt voneinander berechnete Komposit-Indikatoren erfasst. Alle drei Funktionen werden als eigenständige Zielfunktionen empirisch erfasst und analysiert:

- **Innovationen hervorbringen**
- **Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln**
- **Nachhaltig wirtschaften**

Bei der Berechnung von Komposit-Indikatoren sind drei wesentliche Stufen zu durchlaufen, nämlich die Auswahl

der Indikatoren (Selektion), die Normalisierung der Werte und die Aggregation der Einzelwerte zu einem Index.⁷

AUSWAHL DER INDIKATOREN

Die Liste der verwendeten Einzelindikatoren für die Berechnung der Indexwerte der drei Funktionen sind in den jeweiligen Kapiteln zu finden. Die Einzelindikatoren wurden in einem dreistufigen Auswahlprozess festgelegt. Zunächst wurde eine Liste von Indikatoren erstellt, die in der konzeptionellen wissenschaftlichen Literatur zur Innovationsforschung sowie in der empirischen Innovationsindikatorik häufig herangezogen werden. Danach wurden die Indikatoren den Stufen im Innovationsprozess, von Inputs über Throughputs bis Outputs, zugeordnet und auf eine gleichmäßige Repräsentation der Stufen geachtet. Schließlich wurde eine statistische Analyse der Einzelindikatoren vorgenommen, um Einzelindikatoren mit einer hohen Aussagekraft und geringen Redundanz zu anderen Indikatoren zu identifizieren. Hierfür wurde auf Korrelations- und Faktorenanalysen zurückgegriffen. Indikatoren mit sehr geringer Abdeckung sowie großer Überlappung in der erklärten Varianz wurden aus dem Auswahlset entfernt, um im statistischen Sinn ein möglichst sparsames Modell zu erreichen.

NORMALISIERUNG

Die Normalisierung ist notwendig, um die Einzelindikatoren von ihren ursprünglichen Messeinheiten unabhängig zu machen und sie anschließend miteinander verrechnen zu können. Hierfür wird ein Indikatorwert eines Landes in Relation zum Indikatorwert einer Vergleichsgruppe gesetzt. Als Vergleichsgruppe dienen folgende Länder: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Japan, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechien, USA. Dabei wurden jene Länder ausgewählt, zu denen für fast alle Einzelindikatoren Messwerte für möglichst alle betrachteten Jahre vorliegen. Die Länder der Benchmark-Gruppe sollen

stabile Werte beziehungsweise stabile Trends aufweisen, um eine Stabilität des Benchmarks über die Zeit sicherzustellen. Würde der Benchmark sich in jedem Jahr massiv ändern, dann würden sich auch die Werte der einzelnen Länder ändern, eventuell sogar ohne eine faktische Änderung der Originalwerte des betrachteten Landes. Aufschließende Länder oder auch Schwellenländer sind daher in der Benchmark-Gruppe nicht vertreten.

Für jeden der ausgewählten Einzelindikatoren bilden diese 19 Länder den Benchmark. Deren Indexwerte definieren jeweils die Reskalierungsspanne von null (minimaler Wert) und 100 (maximaler Wert). Die Werte aller anderen Länder werden daran ausgerichtet, wobei Länder, die schlechter abschneiden als das schlechteste beziehungsweise besser als das beste Land in der Benchmark-Gruppe jeweils auf den minimalen (0) beziehungsweise maximalen Wert (100) gesetzt werden, das heißt, es gibt keine negativen Werte und auch keine Werte größer 100. Anders formuliert: Die Werte der Einzelindikatoren werden für Extremwerte außerhalb der Vergleichsgruppe der sieben Länder jeweils auf null oder auf 100 gesetzt.

AGGREGATION

Die Aggregation der Einzelindikatoren ist für das jeweilige Ergebnis der Indizes von entscheidender Bedeutung. Im Innovationsindikator werden alle ausgewählten Einzelindikatoren mit demselben Gewicht berücksichtigt, das heißt, es gibt keine zusätzliche Gewichtung der einzelnen Indikatoren bei der Verrechnung. Innerhalb der drei Zielfunktionen werden also die jeweiligen Gesamtindikatoren als gleichgewichtete Mittelwerte aus den jeweiligen Einzelindikatoren berechnet. Der Grund für die Gleichgewichtung ist einerseits die einfachere Kommunizierbarkeit beziehungsweise Nachvollziehbarkeit. Andererseits stellt sowohl der theoretisch-konzeptionelle Rahmen als auch die empirisch geleitete Selektion der Einzelindikatoren sicher, dass nur für die jeweilige Funktion relevante Indikatoren berücksichtigt werden und dass gleichzeitig auch keine redundanten Indikatoren im Set vorhanden sind, so dass

auch keine indirekte Gewichtung durch die Mehrfachabbildung einer Dimension mittels mehrerer Indikatoren, die das Gleiche messen, stattfindet.

LÄNDERAUSWAHL

Im Rahmen des Innovationsindikators wird eine Auswahl von 35 Volkswirtschaften vergleichend analysiert. Die einbezogenen Länder umfassen dabei einerseits die etablierten Industrienationen, die eine hohe Innovationsorientierung aufweisen und im Allgemeinen auch einen intensiven Austausch von wissens- und technologieintensiven Gütern und Dienstleistungen auf den Weltmärkten betreiben. Andererseits sind auch aufstrebende Volkswirtschaften und „Schwellenländer“ in der Gruppe der untersuchten Volkswirtschaften enthalten. Diese umfassen insbesondere die sogenannte BRICS-Gruppe (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika), die nicht nur wegen der derzeitigen oder erwarteten Dynamik, sondern auch wegen ihrer wirtschaftlichen Größe interessant für den internationalen Vergleich im Innovationsindikator ist.

Weitere Details zur Methodik finden Sie im englischsprachigen Methodendokument auf der Website des Innovationsindikators.

innovationsindikator.de

ENDNOTEN

- 1 Vgl. Bergek, A.; Jacobsson, S.; Carlsson, B.; Lindmark, S. & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407–429.
- 2 Vgl. Edler, J.; Blind, K.; Kroll, H. & Schubert, T. (2021). Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy: Defining rationales, ends and means (Nr. 70). *Fraunhofer ISI Discussion Papers-Innovation Systems and Policy Analysis*.
- 3 Vgl. Kroll, H.; Berghäuser, H.; Blind, K.; Neuhäusler, P.; Scheifele, F.; Thielmann, A. & Wydra, S. (2022). Schlüsseltechnologien (Nr. 7–2022). *Studien zum deutschen Innovationssystem*.
- 4 Vgl. Rammer, C.; Trunschke, M. (2018). *Forschung und Innovation: Die Schweiz im Vergleich zu anderen Innovationsregionen*, Studie im Auftrag des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation SBFI, Bern.
- 5 Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2022). *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022*, EFI, Berlin; Kroll, H.; Berghäuser, H.; Blind, K.; Neuhäusler, P.; Scheifele, F.; Thielmann, A. & Wydra, S. (2022). *Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 7–2022*, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin: EFI Geschäftsstelle; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rothengatter, O. (2022): *Key Enabling Technologies in Europe: insights from patents and trademarks*, RISIS Policy Brief Series, issue #12, Paris: RISIS; <https://www.risis2.eu/policy-briefs/>.
- 6 Vgl. Braun, B. (2004). *Umweltmanagement in der Wirtschaft. Rahmenbedingungen, Diffusionsprozesse und Erfolgsfaktoren auf globaler und regionaler Ebene*. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 148(4), 56–65.
- 7 Siehe beispielsweise Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A.; Tarantola, S.; Hoffmann, A. & Giovanni, E. (2005). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, OECD Statistics Working Paper STD/DOC(2005)3, Paris: OECD.

PROJEKTPARTNER



Der BDI ist die Spitzenorganisation der deutschen Industrie und der industrienahe Dienstleister. 39 Branchenverbände, 15 Landesvertretungen und mehr als 100.000 Unternehmen mit rund acht Millionen Beschäftigten machen den Verband zur Stimme der deutschen Industrie. Der BDI setzt sich für eine moderne, nachhaltige und erfolgreiche Industrie in Deutschland, Europa und der Welt ein.

bdi.eu



Roland Berger ist die einzige Strategieberatung europäischer Herkunft mit einer starken internationalen Präsenz. Als unabhängige Firma, im alleinigen Besitz unserer Partnerinnen und Partner, sind wir mit 51 Büros in allen wichtigen Märkten präsent. Unsere 3000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeichnet eine einzigartige Kombination aus analytischem Denken und empathischer Einstellung aus. Angetrieben von unseren Werten Unternehmergeist, Exzellenz und Empathie sind wir überzeugt davon, dass Wirtschaft und Gesellschaft ein neues, nachhaltiges Paradigma benötigen, das den gesamten Wertschöpfungskreislauf im Blick hat. Durch die Arbeit in kompetenzübergreifenden Teams über alle relevanten Branchen und Geschäftsfunktionen hinweg bietet Roland Berger weltweit die beste Expertise, um die tiefgreifenden Herausforderungen unserer Zeit heute und morgen erfolgreich zu meistern.

rolandberger.com



Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI forscht in sieben Competence Centern mit insgesamt 28 Geschäftsfeldern für die Praxis und versteht sich als unabhängiger Vordenker für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft. Unsere Kompetenz im Bereich der Innovationsforschung stützt sich auf die Synergie aus technischem, wirtschafts- und sozialwissenschaftlichem Wissen unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Bei unserer Arbeit wenden wir nicht nur ein breites Spektrum fortgeschrittener wissenschaftlicher Theorien, Modelle, Methoden und sozialwissenschaftlicher Messinstrumente an, sondern entwickeln diese auch unter Nutzung der empirischen Erkenntnisse aus den durchgeführten Forschungsprojekten kontinuierlich weiter.

isi.fraunhofer.de



Das ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim ist ein gemeinnütziges wirtschaftswissenschaftliches Forschungsinstitut. Es ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Es wurde 1990 auf Initiative der baden-württembergischen Landesregierung, der Wirtschaft des Landes und der Universität Mannheim gegründet und nahm im April 1991 die Arbeit auf. Seitdem hat sich das ZEW als eines der führenden deutschen Wirtschaftsforschungsinstitute mit hoher europäischer Reputation etabliert.

zew.de

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Bundesverband der
deutschen Industrie e. V. (BDI)
Breite Straße 29
10178 Berlin

Roland Berger Holding GmbH & Co. KgaA
Sederanger 1
80538 München

AUTOREN

Rainer Frietsch, Christian Rammer, Torben Schubert,
Cecilia Garcia Chavez, Sonia Gruber, Valeria Maruseva,
Katrin Ostertag, Rainer Walz

VERANTWORTLICH

Iris Plöger (BDI, Mitglied der Hauptgeschäftsführung),
Stefan Schaible (Roland Berger, Global Managing Partner)

REDAKTION

Dr. Rainer Frietsch (Fraunhofer ISI), Prof. Dr. Torben Schubert
(Fraunhofer ISI), Dr. Christian Rammer (ZEW), Dr. Sophia Helmrich (BDI),
Dr. Carsten Wehmeyer (BDI), Laura Biehn (Roland Berger),
Dr. David Born (Roland Berger)

GRAFIK UND LAYOUT

SeitenPlan GmbH, Dortmund

STAND

April 2023

COPYRIGHT

Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI), Roland Berger



**INNOVATIONEN SIND
DER SCHLÜSSEL ZUR
LÖSUNG ZENTRALER
ZUKUNFTSAUFGABEN. «**