



► innovations  
indikator

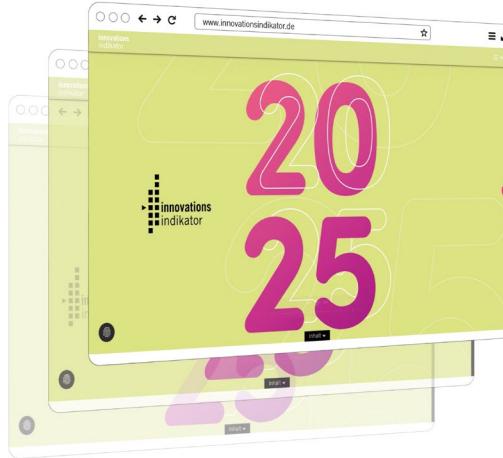
2025

INNOVATIONSINDIKATOR.DE

 **BDI**  
Bundesverband der  
Deutschen Industrie e.V.

 **Fraunhofer**  
ISI

**Roland Berger**  **ZEW**



**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](http://innovationsindikator.de)**

# INHALT

<b>EDITORIAL</b>	<b>04</b>
<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>06</b>
<b>2. EINLEITUNG</b>	<b>10</b>
<b>3. INNOVATIONSFÄHIGKEIT</b>	<b>12</b>
<b>4. SCHWERPUNKT 1: EFFIZIENZ</b>	<b>24</b>
<b>5. SCHWERPUNKT 2: OFFENHEIT</b>	<b>32</b>
<b>6. SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN</b>	<b>42</b>
<b>7. NACHHALTIGKEIT</b>	<b>60</b>
<b>8. METHODIK</b>	<b>68</b>
<b>ENDNOTEN</b>	<b>70</b>
<b>PROJEKTPARTNER</b>	<b>72</b>
<b>IMPRESSUM</b>	<b>73</b>

# EDITORIAL

## **Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,**

wir stehen inmitten eines Epochewandels: Unser wirtschaftlicher Erfolg in den vergangenen Jahrzehnten beruhte auf einem Globalisierungsmodell, das auf den Bretton-Woods-Institutionen basierte und von den USA als globale Schutzmacht unterstützt wurde. Mit dem Wandel der Globalisierung hin zu stärker regionalisierter Wertschöpfung und der Gefahr einer hegemonialen Spaltung der Weltwirtschaft geraten auch bewährte Innovationsansätze unter Druck. Zölle, Verlagerung von Wertschöpfung und hohe Unsicherheit erhöhen den Kostendruck in den Unternehmen. Und die begründete Ausweitung von Verteidigungsbudgets schränkt die finanziellen Spielräume der Regierungen ein.

Vor diesem Hintergrund nimmt der Innovationsindikator 2025 zwei neue Schwerpunktthemen in den Blick, die Effizienz und die Offenheit von Innovationssystemen. Die jeweiligen Analysen erlauben die Beantwortung von zwei entscheidenden Fragen: Wie effizient setzen Volkswirtschaften ihre Mittel zur Erzeugung und Kommerzialisierung neuen Wissens ein? Und wie stark setzen die Länder auf Austausch und Kooperation, um ihre Innovationskraft zu stärken?

Die Ergebnisse zeigen: Deutschland erzeugt neues Wissen effizient, ist aber bei dessen effizienterer Kommerzialisierung, das heißt beim Transfer von Invention zur Innovation, deutlich weniger erfolgreich. Es bieten sich zahlreiche Stellschrauben an, die längst nicht alle Finanzmittel erfordern. So müssen bestehende Förderprogramme vor allem in ihren Prozessen beschleunigt werden, damit Unternehmen ihre Innovationen schneller in die Märkte bekommen. Transfer muss für Start-ups durch besser verfügbares Wagniskapital und einfachere Ausgründungsregeln erleichtert werden, während die große Zahl bestehender Unternehmen durch schnellere staatliche Prozesse und fokussiertere Förderprogramme unterstützt werden muss.

Gleichzeitig gerät Deutschlands Innovationssystem auch durch den stärkeren Fokus auf nationale Sicherheitsinteressen unter Druck. Denn Innovation hängt entscheidend von Kooperation und Zusammenarbeit zwischen Ländern ab. Die dazu nötige Offenheit gerät weltweit ins Wanken, und auch in Deutschland stellen sich verstärkt Fragen zur Forschungssicherheit und zur technologischen Souveränität. Bei allen berechtigten Sicherheitsbedenken ist klar: Deutschland muss weiterhin auf Offenheit und Austausch setzen, wenn wir den Anspruch auf Technologieführerschaft nicht aufgeben wollen. Konkret heißt das: die innereuropäischen Kooperationen durch einen stärkeren Binnenmarkt verbessern und gleichzeitig Partnerschaften außerhalb Europas aufbauen und stärken.

Denn eines zeigt die Gesamtauswertung der Innovationsfähigkeit deutlich: Deutschland zehrt von den Erfolgen der Vergangenheit. Wie im Vorjahr liegt Deutschland im internationalen Vergleich auf dem zwölften Platz. Das ist kein Grund zur Freude, vor allem mit Blick auf die Details. So fällt Deutschland bei der Innovationsleistung der Unternehmen zurück. Besonders betroffen sind Forschung und Entwicklung im Feld Digitalisierung.

Im Bereich Nachhaltigkeit verliert Deutschland hingegen deutlich und fällt von Rang 3 auf Rang 7. Die Gründe sind breit gefächert, lassen sich aber auf den Nenner bringen, dass Nachhaltigkeitsziele in jüngster Vergangenheit nicht ausreichend mit wirtschaftlichem Erfolg in Einklang gebracht werden konnten.

In Summe gilt für Deutschlands Innovationssystem das gleiche wie für die Gesamtwirtschaft: Die alten Erfolge werden in einem dynamischen Wettbewerbsumfeld immer weniger tragen. Wir müssen uns ändern: geringere Regelungsdichte, ein effizienter Staat, Investitionen in Innovation und digitale Technologien. Unsere Sicherheitsinteressen müssen wir selbstbewusst wahrnehmen. Und gleichzeitig mehr Pragmatismus bei internationalen Partnerschaften sowie ein stärkeres Commitment für einen europäischen Binnenmarkt an den Tag legen. Oder schlicht formuliert: Die Ärmel hochkremeln und loslegen.



**Peter Leibinger**  
Präsident, BDI



**Stefan Schaible**  
Global Managing Partner, Roland Berger

## 1 – ZUSAMMENFASSUNG

# DEUTSCHLAND WIRD WENIGER INNOVATIV

### INNOVATIONEN HERVORBRINGEN

- Die Schweiz bleibt das innovativste Land, gefolgt von Singapur und Dänemark. Diese Länder zeigen eine kontinuierliche Innovationskraft, während andere Länder wie die USA, Großbritannien, Frankreich und Kanada im Mittelfeld Fortschritte machen.
- Kleinere Länder wie Schweden (Platz 4), Finnland (5) und Belgien (7) schneiden im Ranking besser ab, was auf ihre Spezialisierung und internationalen Kooperationen zurückzuführen ist. Diese Länder nutzen ihre Ressourcen effektiv, um innovative Aktivitäten voranzutreiben.
- China (30), Taiwan (19) und Australien (13) haben an Innovationsfähigkeit verloren, was teilweise an ihrer Abhängigkeit von internationalen Märkten liegt. Auch Polen (27), die Türkei (34), Italien (29) und Israel (17) verzeichnen Rückgänge, die auf spezifische nationale Faktoren zurückzuführen sind.
- Deutschland hält seinen Rang 12 im Innovationsranking, hat jedoch in wichtigen Indikatoren wie FuE-Ausgaben und transnationalen Patenten an Boden verloren.
- Die Innovationsleistung deutscher Unternehmen hat sich verschlechtert, insbesondere im Bereich der Digitalisierung, bei transnationalen Patenten und der Wertschöpfung in der Hochtechnologie. Diese Entwicklung gefährdet die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.
- Deutschland hat im Bereich der wissenschaftlichen Leistung keine nennenswerte Verbesserung erreicht, was sich in stagnierenden Publikations- und Patentzahlen zeigt. Im Vergleich zu dynamischeren Ländern könnte dies langfristig problematisch sein.
- Japan (28) schneidet einmal mehr schlecht ab, was zu erheblichen Teilen am geringen Output des Wissenschaftssystems sowie der sehr geringen internationalen Integration der FuE-Aktivitäten liegt.
- Russland hat im Innovationsranking erheblich zugelegt und belegt nun Platz 23. Dies ist auf erhöhte Investitionen in neue Technologien aufgrund der Kriegswirtschaft zurückzuführen, jedoch bleibt unklar, ob diese Fortschritte nachhaltig sind.
- Die geopolitischen Spannungen haben die Rolle des Staates in Innovationssystemen verändert, insbesondere in Bezug auf sicherheitsrelevante Technologien. Dies könnte langfristige Auswirkungen auch auf die Innovationsfähigkeit haben.

INNOVATIONSFÄHIGKEIT

DEUTSCHLAND (42 PUNKTE)

RANG  
12 →

RANG  
4 

## ZUKUNFTSFELDER DURCH SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN ENTWICKELN

- Querschnittstechnologien wie Mikroelektronik und künstliche Intelligenz haben bereits weitreichende Auswirkungen auf verschiedene Branchen, während andere Technologien wie Energietechnologien vor allem für Effizienzsteigerungen verantwortlich sind.
- Der Innovationsindikator untersucht sieben Schlüsseltechnologien, die für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der EU wichtig sind. Dazu gehören digitale Hardware, digitale Vernetzung, neue Produktionstechnologien, Energietechnologien, neue Werkstoffe, Biotechnologie und Kreislaufwirtschaft.
- Die Rangordnung der Länder bei den Schlüsseltechnologien ist im Zeitverlauf relativ stabil, wobei Dänemark, die Schweiz und Südkorea die Spitzensätze einnehmen. Diese Länder zeigen starke nationale Innovationssysteme, die auf Wissenschaft und Technologie fokussiert sind.
- Deutschland (Platz 4) belegt in vielen Technologiefeldern gute Plätze, insbesondere in der Kreislaufwirtschaft, bleibt jedoch bei der Digitalisierung der Waren und Dienstleistungen hinter den Niveaus in vielen anderen Ländern zurück, was besonders in angestammten Stärken zu Verlusten der Wettbewerbsfähigkeit führt.
- Japan (6) zeigt in mehreren Schlüsseltechnologien eine starke Position, hat jedoch Schwächen im Wissenschaftssystem.
- China (9) hat in den letzten Jahren Fortschritte gemacht, insbesondere in der Biotechnologie und bei Energietechnologien, und zeigt eine dynamische Entwicklung in seiner Innovationskraft.
- Die USA (11) schneiden in der Biotechnologie gut ab, haben jedoch in allen Bereichen ein Handelsdefizit, was ihre Gesamtperformance bei Schlüsseltechnologien beeinträchtigt.
- Viele europäische Länder wie Frankreich und Italien sind nur wenig auf Schlüsseltechnologien ausgerichtet und zeigen nur begrenzte Erfolge. Sie müssten ihre Innovationssysteme stärken, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können.
- Zwar schneiden einige der europäischen Länder bei verschiedenen Schlüsseltechnologien durchaus gut ab. Um die Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität zu sichern, ist jedoch eine bessere Koordination und Kooperation innerhalb der EU notwendig. Der europäische Forschungsraum und öffentlich-private Partnerschaften könnten dabei helfen, die Herausforderungen zu bewältigen, jedoch bleibt die Fragmentierung des Binnenmarktes ein Hindernis für die Entwicklung und Skalierung von Schlüsseltechnologien.

## NACHHALTIGKEIT

DEUTSCHLAND (41 PUNKTE)

RANG  
7 

## NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN

- Die Politik spielt eine entscheidende Rolle bei der Förderung nachhaltiger Praktiken durch gesetzliche Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen. Anreize für erneuerbare Energien sowie Regulierung umweltschädlichen Verhaltens sind wichtig, um eine umweltfreundliche Wirtschaft voranzutreiben.
- Viele Länder, die im Bereich Nachhaltigkeit führend sind, haben im aktuellen Index Rangplätze verloren. Dies ist zum Teil auf das Aufholen von Ländern wie China (Platz 5, 2020: Platz 20) zurückzuführen, das 16 Punkte zulegte, während die beiden führenden Länder Dänemark (1) und Finnland (2) Punkte einbüßten.
- Deutschland hat im Nachhaltigkeitsindex deutlich an Boden verloren und ist auf den siebten Platz gefallen. Trotz eines politischen Fokus auf Nachhaltigkeit zeigen sich Mängel bei der Innovationskraft und den Ausgaben für umweltfreundliche Technologien.
- China hat sich im Ranking erheblich verbessert und belegt nun den fünften Platz. Die Steigerung ist vor allem auf Fortschritte bei Umweltinnovationen zurückzuführen, trotz Kritik an einem möglichen Greenwashing und einer weiterhin hohen Abhängigkeit von Kohleverstromung.
- Norwegen (3) zeigt ebenfalls Stärken in umweltrelevanten Publikationen und umweltfreundlichem Kaufverhalten, während andere Länder wie Österreich (6) und Großbritannien (8) spezifische Stärken in grünen Investitionen und Zertifizierungen aufweisen.
- Länder wie die USA (29), die Türkei (30) und Brasilien (31) sind im Nachhaltigkeitsindex schwach positioniert. Indonesien (27) hat die größten Zugewinne erzielt, während Israel (32) und Irland (33) im untersten Bereich des Rankings stehen.

## EFFIZIENZ

- Innovationsprozesse sind kostspielig und risikobehaftet, wobei die Komplexität und der benötigte Wissensumfang in den letzten Jahren gestiegen sind. Dies führt zu einer Abnahme der marginalen Effekte von Innovationsausgaben und drängt Unternehmen, effizienter zu arbeiten, während öffentliche und private Forschungsbudgets unter Druck stehen.
- Die Ergebnisse der Effizienzanalysen zeigen, dass viele Länder, insbesondere in Europa, eine Diskrepanz zwischen hoher Wissensgenerierungseffizienz und niedriger Kommerzialisierungseffizienz aufweisen, was das sogenannte europäische Paradox verdeutlicht.
- Die Systemeffizienz, die sich aus der Kombination von Wissensgenerierung und Kommerzialisierung ergibt, variiert stark zwischen den Ländern. Österreich, Dänemark und Deutschland haben eine hohe Wissensgenerierungseffizienz, während sie ähnlich wie Schweden bei der Kommerzialisierung Schwierigkeiten haben.
- Zwar sind der Ressourceneinsatz und auch der Innovationsoutput – gemessen an der Landesgröße – in den USA nicht sehr hoch, weshalb sie bei der Innovationsfähigkeit im ersten Kapitel weniger gut abschneiden. Die USA gehören hinsichtlich der Innovationssysteme aber zu den effizientesten Ländern. Sie sind sowohl bei der Wissensgenerierung als auch bei der Kommerzialisierung weit vorne.

## SCHWERPUNKT EFFIZIENZ

DEUTSCHLAND (84 PROZENT)

RANG  
13

## OFFENHEIT

- Die Offenheit in Wissenschafts- und Innovations- systemen hat in der Vergangenheit an Bedeutung gewonnen, jedoch haben geopolitische Spannungen und protektionistische Politiken in den letzten Jahren zu einer Neuausrichtung geführt, die Forschungssicherheit und technologische Souveränität stärker in den Mittelpunkt rückt. Die überwiegend opportunistische Perspektive der politischen und strategischen Ausrichtung ist damit in den Hintergrund getreten.
- Die Balance zwischen Offenheit und Sicherheitsmaßnahmen wird entscheidend, da Einschränkungen in der Offenheit potenziell die Innovationskosten erhöhen und die Effizienz des Innovationssystems beeinträchtigen können.
- Der Offenheitsindex zeigt stabile Trends, jedoch gab es seit 2020 eine Rückentwicklung, bedingt durch die Coronapandemie, geopolitische Spannungen, verstärkten Protektionismus und eine Ausrichtung auf technologische Souveränität.
- Die Schweiz (Platz 1) führt den Offenheitsindex mit 72 Punkten an, gefolgt von Dänemark (2) und einer Gruppe kleinerer Länder wie den Niederlanden (3) und Singapur (4). Kleinere Länder schneiden tendenziell besser ab, da sie oft internationale Kooperationen eingehen, um geeignete Partner zu finden.
- Deutschland (13) hat zwar ein offenes Wissenschafts- wie auch Wirtschaftssystem, die gesellschaftliche Offenheit ist jedoch vergleichsweise niedrig.
- Japan (23) hat ein wenig international integriertes Wissenschaftssystem und auch private Forschung und Entwicklung sind stark national ausgerichtet, lediglich der Waren- und Finanzverkehr kann als international offen bewertet werden.
- Die USA (28) sind insgesamt wenig offen. Das Wissenschaftssystem ist nur mäßig international kooperativ ausgerichtet (niedrige Anteile von Open-Access-Publikationen, Ko-Publikationen und ausländischen (Master-)Studierenden), während das FuE-System durchaus international stark integriert ist. Interessant ist die Entwicklung über die Zeit. Die Offenheit war meist rückläufig, stieg 2017 bis 2019 jedoch getrieben durch Direktinvestitionen im Land bzw. im Ausland, Open-Source-Software-Repositorien, Studierende aus dem Ausland und libertäre gesellschaftliche Werte an.
- Manche Länder zeigen eine große Offenheit, die sich in Direktinvestitionen, Auslands-FuE und wissenschaftlichen Verflechtungen manifestiert. Hierzu gehört unter anderem Tschechien, das im Zeitverlauf einen deutlichen Sprung nach vorne gemacht hat und im Jahr 2024 den siebten Platz belegt.
- Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Offenheit nationaler Systeme und deren Innovationsfähigkeit, der jedoch seit 2020 leicht abgenommen hat. Während einige Länder hohe Innovationsfähigkeit bei vergleichsweise geringer Offenheit zeigen, sind andere, wie Dänemark und die Niederlande, am oberen Ende der Innovationsskala offener, als der lineare Zusammenhang erwarten ließe.



**Mehr Empfehlungen finden Sie am Ende des jeweiligen Kapitels.**

## 2 – EINLEITUNG

# EFFIZIENZ UND OFFENHEIT IM BLICK

Die Veröffentlichung des Innovationsindikators 2025 fällt in eine Zeit großer wirtschaftlicher Verunsicherung. Die Prognosen für das laufende und auch das kommende Jahr erwarten nur ein geringes Wachstum sowohl in Deutschland als auch in vielen weiteren europäischen Ländern. Die Haushaltsslage ermöglicht nur geringe Spielräume, worunter auch die staatlichen Investitionen in das Innovationssystem leiden. Die Stärkung von Wissenschaft und Forschung bleiben zwar wichtige Ziele der deutschen Politik, aber angesichts der Investitionen anderer Länder in diesen Bereichen läuft Deutschland Gefahr, bei der technologischen Leistungsfähigkeit und damit mittelfristig auch bei der Wettbewerbsfähigkeit zurückzufallen. Obwohl die Sondervermögen über eine höhere staatliche Nachfrage Impulse in die Wirtschaft tragen, bleibt es unklar, wann und wo die Mittel eingesetzt werden und ob sie dann auch zur Steigerung der Innovationsfähigkeit beitragen.

Geopolitische Entwicklungen und militärische Konflikte führen zu Unsicherheiten und zusätzlichen Kosten für die globale Wirtschaft, einschließlich der exportorientierten deutschen Wirtschaft. Handelshemmisse wie Zölle und weitere protektionistische Maßnahmen beeinflussen den internationalen Handel mit Waren und Dienstleistungen, was für Unternehmen mit Exportfokus oftmals höhere Kosten und einen geringeren Absatz in Auslandsmärkten bedeutet. Gleichzeitig sind die öffentlichen Haushalte weltweit stark belastet durch die Bewältigung vergangener Krisen und hohe Ausgaben für Sozialsysteme. Unternehmen und Staaten sind deshalb verstärkt auf eine effiziente Verwendung knapper Mittel angewiesen. In diesem Jahr widmet sich der Innovationsindikator daher nicht nur der Innovationsfähigkeit der betrachteten Länder, sondern bietet anhand verschiedener Dimensionen eine Untersuchung der Effizienz dieser Systeme.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Offenheit der Systeme, die durch die veränderte geopolitische Lage wie lange nicht mehr bedroht ist. Wir diskutieren daher in einem eigenen Kapitel die Offenheit von Innovationssystemen,

das heißt sowohl die Vernetzung als auch die Austauschbeziehungen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, und setzen die Ergebnisse in Relation zur Innovationsfähigkeit, die im ersten Kapitel dargestellt wird.

Schlüsseltechnologien bestimmen nicht nur die aktuelle Wettbewerbssituation, sondern erlauben auch einen nach vorn gerichteten Blick auf zukünftige Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeiten in verschiedenen technologischen Teilbereichen. Ein Kapitel beschäftigt sich daher mit sieben ausgewählten Schlüsseltechnologien.

Die Nachhaltigkeit der Wissensnutzung und der Industrieproduktion steht im Mittelpunkt eines weiteren Kapitels, ehe am Ende dieser Veröffentlichung die Methoden zusammenfassend dargestellt werden.

### ZIELRICHTUNG UND METHODE DES INNOVATIONSINDIKATORS

Der Innovationsindikator 2025 beschreibt die Situation und die Entwicklung von 35 wissens- und innovationsorientierten Volkswirtschaften weltweit. Zugrunde liegt das Konzept der Nationalen Innovationssysteme (NIS), das verschiedene Teilsysteme unterscheidet und deren Ausgestaltung die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft bedeutend beeinflussen. Der NIS-Ansatz hat eine lange Tradition in der Innovationsforschung und hat sich in der Vergangenheit als fruchtbare Ausgangspunkt für die empirische Analyse von Innovationsprozessen auf nationaler Ebene erwiesen. Erweiterungen und Verfeinerungen des Ansatzes in jüngerer Vergangenheit, die auch dem Innovationsindikator zugrunde liegen, fokussieren stärker auf die Funktionen innerhalb des Systems.<sup>1</sup> Der Innovationsindikator greift diese Erkenntnisse der Innovationsforschung auf und überführt sie in ein operationalisiertes Messkonzept. 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 Innovationsindika-

## INNOVATIONSSINDIKATOR



tors 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.

halten, nicht zuletzt deshalb, weil sie Voraussetzungen für Entwicklungen in anderen Technologiebereichen und für eine Vielzahl an Wirtschaftszweigen bieten. Diese sind:

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

### INNOVATIONEN

Der Innovationsindikator 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 er, wie nachhaltig die Wirtschaft sowie die Innovationsprozesse ausgestaltet werden. Beispielsweise kann eine Volkswirtschaft in der Gegenwart innovatorisch erfolgreich sein, aber langfristig starken 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 verfolgt der methodisch-konzeptionelle Rahmen des Innovationsindikators das Ziel, eine langfristigere Perspektive auf die Innovationsfähigkeit der einzelnen Volkswirtschaften zu eröffnen.

Die Funktion „Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln“ fokussiert auf die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, Innovationen in bestimmten, allgemein definierten Technologiebereichen eigenständig hervorzubringen und die daraus erwachsenden ökonomischen Entwicklungspotenziale zu nutzen. Diesem Ansatz liegt somit eine langfristige, technologieorientierte Wettbewerbsperspektive zugrunde.

### NACHHALTIGKEIT

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.

### ZUKUNFTSFELDER

Mit Blick auf die Schlüsseltechnologien werden sieben technologische Bereiche abgebildet, die wir für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit für besonders relevant

**Eine Liste der jeweiligen Indikatoren findet sich in den einzelnen Kapiteln sowie im Methodenbericht unter [innovationsindikator.de/methodik](http://innovationsindikator.de/methodik)**

### 3 – INNOVATIONSFÄHIGKEIT

# SPITZENTRIO BEHAUPTET SICH

Die globalen Veränderungen der vergangenen Jahre zeigen ihre Spuren im Innovationsindikator. Zwar hat sich an der Spitze nichts verändert: Die Schweiz ist auch im Innovationsindikator 2025 – er bildet die Innovationskraft der Länder im Kalenderjahr 2024 ab – das Land mit der höchsten Innovationsfähigkeit, gefolgt – wie im Vorjahr – von Singapur und Dänemark. Im Mittelfeld und in der Gruppe der weiter zurückliegenden Länder gab es aber einige Bewegung. So haben sich die USA, Großbritannien, Frankreich und Kanada merklich verbessert. Den größten Sprung nach vorne machte Russland, das vom vorletzten Platz auf Rang 23 vorstieß. Die Umstellung auf eine Kriegswirtschaft und die Gegenmaßnahmen zu den Wirtschaftssanktionen führten zu erheblichen zusätzlichen Investitionen in neue Technologien. Hier zeigt sich allerdings die Zweischneidigkeit von inputseitigen Indikatoren: Denn die höheren Technologieinvestitionen Russlands sind wenig geeignet, um die Produktivität der russischen Wirtschaft und den Wohlstand des Landes zu erhöhen.

Im Ranking des Innovationsindikators verloren haben einige Länder, deren technologische Entwicklung stark auf die internationale Integration ihrer Wirtschaft ausgerichtet ist, darunter China, Taiwan und Australien. Ebenfalls rückläufig war die Entwicklung in Polen, der Türkei, Italien und Israel, wobei hier primär länderspezifische Faktoren eine Rolle gespielt haben.

Deutschland hat in dem schwierigen globalen Umfeld seinen Rangplatz gehalten und befindet sich weiterhin an zwölfter Stelle des Innovationsindikators. Im Vergleich zu anderen großen Volkswirtschaften liegt es hinter Großbritannien und Südkorea, aber noch vor den USA, Frankreich und Japan. Generell schneiden im Innovationsindikator die kleineren Länder tendenziell besser ab. So folgen hinter den drei erstplatzierten Ländern mit Schweden, Finnland, Irland, Belgien, die Niederlande und Österreich sechs weitere Länder, die gemessen am Bruttoinlandsprodukt eher klein sind. Das bessere Abschneiden dieser Länder liegt unter anderem daran, dass die internationale Zusammenarbeit im Bereich Wissenschaft, Forschung

und Technologieverwertung im Innovationsindikator ein großes Gewicht hat, da ihr langfristig eine entscheidende Bedeutung für die Innovationsfähigkeit zukommt. Denn um Fortschritte bei neuen Technologien und grundlegenden Innovationen zu erzielen, müssen unterschiedliches Wissen und verschiedene Perspektiven und Trends berücksichtigt werden. Dabei ist ein Blick über die eigenen (nationalen) Grenzen entscheidend, um global erfolgreich zu sein. Daher ist es selbst für große Volkswirtschaften, die über umfangreiche eigene Kapazitäten bei Forschung, Technologie und Innovation verfügen, extrem wichtig, offen für Impulse Dritter zu sein. Kleine Volkswirtschaften sind dabei in der Regel stärker international orientiert als große (siehe Box auf Seite 18).

#### NACHZÜGLER HOLEN AUF

Der Innovationsindikator zeigt auch, dass zunehmend Länder in Richtung Mittelfeld vorstoßen, die in der Vergangenheit eher zu den Nachzüglern beim Thema Innovation zählten. So weisen Ungarn, Tschechien, Mexiko und Polen ähnliche Indikatorwerte wie die größeren südeuropäischen Länder (Italien, Spanien) auf. Auffällig ist das schlechte Abschneiden von Japan, das sich auch in früheren Ausgaben des Innovationsindikators zeigte. Hierfür sind zum einen der – gemessen an der Bevölkerungszahl – geringe Output des Wissenschaftssystems sowie die sehr niedrige Internationalisierung des Innovationssystems (abgesehen vom Export von Technologie-waren) verantwortlich (siehe auch das Kapitel zu Offenheit). Außerdem drücken die alternde Gesellschaft und der Fachkräftemangel den Wert Japans stark nach unten.

Ebenfalls im hinteren Feld des Innovationsindikators befindet sich China, das zuletzt eine Verschlechterung seines Rangplatzes hinnehmen musste. Der insgesamt niedrige Indikatorwert liegt primär daran, dass bei einer relativen Betrachtung – das heißt gemessen an der enormen Landesgröße (Bevölkerungszahl bzw. Wirtschaftsleistung) – die Innovationsleistung in vielen Bereichen weiterhin bescheiden ist. Dies gilt zum Beispiel für die

Kommerzialisierung von Forschung (Patent- und Marken anmeldungen), aber auch für viele Humankapitalindikatoren. Gleichwohl zählt China in absoluten Zahlen zu einem der größten globalen Innovationszentren.

Zwei Entwicklungen prägen wesentlich die Veränderung der Innovationsfähigkeit von Ländern in den vergangenen Jahren:

■ Zum einen wurde das Umfeld für Innovationsansätze, die auf Zusammenarbeit und internationalen Austausch ausgerichtet sind, zunehmend schwierig. Startpunkt hierfür war die Coronapandemie, die den Austausch aufgrund von Kontakt- und Reisebeschränkungen erheblich beeinträchtigt hat. Zudem kam es zu Unterbrechungen von internationalen Lieferketten, die auch noch lange nach Ende der Pandemie nachwirken. Kriegerische Auseinandersetzungen und eine populistische und zunehmend protektionistische Wirtschaftspolitik führten zu weiteren Einschränkungen. Im Innovationsindikator 2025 sind die Auswirkungen dieser Entwicklungen nur bis zum Jahr 2024 sichtbar. Die im Jahr 2025 eingetretenen Veränderungen für internationale Geschäftsaktivitäten, etwa aufgrund der Zollpolitik der US-Regierung, sind in den vorliegenden Zahlen noch nicht abgebildet.

■ Zum anderen hat die Neubewertung der internationalen Sicherheitslage seit dem Krieg Russlands gegen die Ukraine auch Rückwirkungen auf die Rolle des Staats in nationalen Innovationssystemen. Mit der Stärkung von Forschung und Technologieentwicklung zu militärischen Fähigkeiten und kritischer Infrastruktur kamen neue thematische Schwerpunkte auf. Während diese zunächst große und meist staatlich finanzierte Investitionen erfordern, sind die mittel- bis langfristigen Konsequenzen für Innovationen, Produktivität und Wohlstand noch unklar.

## INNOVATIONSFÄHIGKEIT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

### RANG | VOLKSWIRTSCHAFT

1	SCHWEIZ	71	→ 0
2	SINGAPUR	64	→ 0
3	DÄNEMARK	59	→ 0
4	SCHWEDEN	56	→ 0
5	FINNLAND	56	↗ 1
6	IRLAND	54	↘ -1
7	BELGIEN	48	→ 0
8	NIEDERLANDE	48	↗ 1
9	ÖSTERREICH	48	↗ 1
10	GROSSBRITANNIEN	46	↗ 3
11	SÜDKOREA	43	→ 0
12	DEUTSCHLAND	42	→ 0
13	AUSTRALIEN	39	↘ -5
14	KANADA	38	↗ 3
15	USA	38	↗ 3
16	NORWEGEN	38	→ 0
17	ISRAEL	37	↘ -3
18	FRANKREICH	34	↗ 3
19	TAIWAN	33	↘ -4
20	GRIECHENLAND	31	↘ -1
21	PORTUGAL	31	↗ 2
22	SPANIEN	31	↘ -2
23	RUSSLAND	30	↗ 11
24	UNGARN	29	↗ 3
25	TSCHECHIEN	29	↘ -1
26	MEXIKO	25	↗ 3
27	POLEN	25	↘ -5
28	JAPAN	25	→ 0
29	ITALIEN	25	↘ -3
30	CHINA	24	↘ -5
31	INDIEN	22	→ 0
32	SÜDAFRIKA	18	↗ 1
33	BRASILIEN	17	↘ -1
34	TÜRKEI	17	↘ -4
35	INDONESIEN	11	→ 0

0 20 40 60 80 100

Die Veränderungen der Rangplätze zum Jahr 2024 sind rechts abgebildet.

Quelle: Innovationsindikator 2025

Je nachdem, wie Länder von diesen Entwicklungen betroffen sind und auf sie reagiert haben, können sich Änderungen in der relativen Innovationsfähigkeit ergeben. Dabei stehen im Innovationsindikator stets Gewinner Verlieren gegenüber, da der Innovationsindikator ein relatives Maß ist, das angibt, wie sich ein Land im Vergleich zu einer Referenzgruppe verhält.

### SCHWIERIGERES UMFELD FÜR ZUSAMMENARBEIT UND INTERNATIONALEN AUSTAUSCH

Fünf Einzelindikatoren im Innovationsindikator bilden Aspekte des (internationalen) Austausches innerhalb von und zwischen Innovationssystemen ab (austauschbezogene Indikatoren): Anteil industriefinanzierter FuE-Ausgaben der Wissenschaft, Ko-Patente Wissenschaft-Wirtschaft, Ko-Publikationen Wissenschaft-Wirtschaft, Anteil internationaler Ko-Patente, Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiewaren. Im Vergleich der Jahre 2018 und 2024 (das heißt vom letzten Jahr des Wirtschaftsaufschwungs der 2010er-Jahre bis zum aktuellsten verfügbaren Jahr) zeigen sich deutliche Veränderungen. Die größten Verbesserungen konnten Finnland und Taiwan erreichen. Taiwan hat primär die FuE-Kooperationen zwischen Unternehmen und der einheimischen Wissenschaft ausgebaut. Diese Entwicklung könnte eine Folge der unsicheren internationalen Lage sein, sodass die

Technologieführer des Landes (insbesondere im Bereich der Halbleitertechnologie) stärker auf inländische Wissenschaftskooperationen setzen. Eine intensivierte internationale Kooperation bei Patentanmeldungen steht hinter den Verbesserungen von Finnland, Kanada und Indien. Derselbe Indikator ist maßgeblich verantwortlich für die deutliche Verschlechterung bei austauschbezogenen Indikatoren von Indonesien, Russland und Brasilien. Südkorea weist dagegen eine ungünstige Entwicklung beim Handelsbilanzsaldo mit Hochtechnologiewaren auf.

In Deutschland hat sich der Wert der austauschbezogenen Indikatoren in den vergangenen sechs Jahren kaum verändert. Verbesserungen bei Ko-Patenten von Wirtschaft und Wissenschaft steht eine Verschlechterung beim Handelsbilanzsaldo mit Hochtechnologiewaren gegenüber. Andere große Volkswirtschaften zeigen ebenfalls eine Stabilität bei austauschbezogenen Indikatoren. In den USA und Japan, die beide insgesamt niedrige Werte in diesem Indikatorbereich zeigen, kam es kaum zu Veränderungen. Der Punkteverlust von Japan ist auf den Rückgang des Handelsbilanzüberschusses mit Hochtechnologiewaren zurückzuführen. In China, dessen Innovationssystem etwas stärker auf Kooperationen ausgelegt ist, ist ebenfalls kaum eine Veränderung bei den austauschbezogenen Indikatoren zu beobachten. Großbritannien und Frankreich zeigen dagegen eine positive Entwicklung. In Großbritannien ist diese auf leichte

## INDIKATOREN ZUR MESSUNG DER INNOVATIONSFÄHIGKEIT EINES LANDES

### Schaffung von Wissen

- Anteil Promovierter
- Hochschulausgaben je Studierendem
- 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 industriefinanzierter 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 Beschäftiger mit Hochschulabschluss
- Fachkräfteangebot: Anteil offener Stellen (Indikator geht mit Gewicht -1 in den Gesamtindex ein, das heißt, ein hoher Indikatorwert zeigt eine niedrige Innovationsfähigkeit an)
- Venture-Capital (VC) je BIP
- Anteil internationaler Ko-Patente
- Anteil staatlich finanzierter FuE-Ausgaben der Wirtschaft
- Markenmeldungen je Bevölkerung

### Nutzung von Innovationen

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

Verbesserungen bei den meisten Einzelindikatoren (FuE-Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, Ko-Patente, Ko-Publikationen, internationale Ko-Patente) zurückzuführen. In Frankreich gab es merkliche Verbesserungen bei FuE-Kooperationen und Ko-Patenten.

## ENGAGEMENT DER REGIERUNGEN IM UMBRUCH

Eine zweite große aktuelle Veränderung im internationalen Innovationsgeschehen betrifft das Engagement des Staates. Seit dem Angriff Russlands auf die Ukraine und den zunehmenden Spannungen im Nahen Osten hat das Thema Sicherheit – und zwar sowohl was die Sicherheit von essenziellen Infrastrukturen als auch was militärische Fähigkeiten betrifft – stark an Bedeutung gewonnen. Hierfür sind auch zusätzliche Anstrengungen im Bereich der Entwicklung und Diffusion sicherheitsrelevanter Technologien nötig. Diese Prioritätenverschiebungen setzen damit den Trend in Richtung einer missionsorientierten Innovationspolitik fort, der bereits im vorangegangenen Jahrzehnt zu beobachten war, und zwar als Antwort auf die großen Herausforderungen wie zum Beispiel demografischer Wandel, Klimawandel und nachhaltige Entwicklung oder Technologiesouveränität und Resilienz gegenüber verschiedenen Krisen.

Im Innovationsindikator können diese Verschiebungen anhand von Indikatoren beobachtet werden, die stark durch Regierungshandeln beeinflusst sind. Dies sind primär Indikatoren, die die Humankapitalbasis von Innovationssystemen betreffen, da hier der Staat über die Finanzierung und Regulierung des Bildungs- und Wissenschaftssystems wesentliche Eckpunkte setzt. Zum anderen greift der Staat durch die Förderung von FuE-Aktivitäten der Unternehmen in die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien ein. In den vergangenen sechs Jahren zeigt sich der höchste Anstieg bei diesen Indikatoren für Russland, was an höheren staatlichen Ausgaben für Technologieentwicklung liegt. Andere Länder, in denen das staatliche Engagement im Innovationsystem zugenommen hat, sind Brasilien, Griechenland und Südafrika. Dahinter steht in erster Linie die Stärkung des nationalen Bildungs- und Wissenschaftssystems, um das Angebot an gut ausgebildeten Arbeitskräften zu erhöhen und die Forschungstätigkeit an Hochschulen auszubauen. Die Strategie setzt darauf, Innovationen in der Wirtschaft durch mehr öffentliche Forschung zu fördern. Insbesondere Schwellenländer verfolgen einen solchen Ansatz, so auch Indien und Indonesien.

In den letzten sechs Jahren haben sich die Werte der von staatlichen Maßnahmen beeinflussten Indikatoren (Promovierte, Hochschulausbaben, FuE-Ausgaben der Wissenschaft, Absolventennachwuchs, staatliche FuE-Förderung) in den meisten Industrieländern verschlechtert. Dies gilt auch für Deutschland. Hintergrund dieser Entwicklung ist, dass jene Länder, die das Maximum eines Indikatorwerts aufweisen, ihren Wert oft stärker erhöht haben als die meisten anderen Länder,

sodass die anderen Länder relativ zurückgefallen sind. Für Deutschland ist dies bei einigen der Indikatoren zum Wissenschaftssystem, beim Nachwuchs an Hochschulabsolventen sowie bei der staatlichen Förderung von FuE in Unternehmen der Fall. Beim letztgenannten Indikator ist für die nächsten Jahre allerdings eine Steigerung des deutschen Werts zu erwarten, sobald die 2020 neu eingeführte steuerliche FuE-Förderung (Forschungszulage) einschließlich der 2024 und 2025 beschlossenen Ausweitung zahlungswirksam wird.

## DEUTSCHLAND FÄLLT AUCH BEI INNOVATIONSLEISTUNG DER UNTERNEHMEN ZURÜCK

Ein zentraler Bereich des Innovationsindikators ist die Innovationsleistung der Unternehmen. Er erfasst sowohl die Aufwendungen der Unternehmen für die Entwicklung von neuem Wissen und neuen Technologien als auch die Umsetzung in den Markt. In diesem Bereich konnte sich in den vergangenen sechs Jahren Südkorea am stärksten verbessern. Gleichzeitig haben auch einige Länder, die eine eher schwache Innovationsleistung der Unternehmen zeigen, deutlich aufholen können. Dazu zählen Polen, Portugal, Griechenland und Tschechien. Aber auch einige der Länder, die bei Unternehmensinnovationen traditionell an der Spitze stehen, konnten sich weiter verbessern. Dies gilt insbesondere für Schweden, aber auch für Dänemark.

Deutschland fiel bei der Innovationsleistung der Unternehmen dagegen merklich zurück. Zum einen haben sich die FuE-Aufwendungen der Unternehmen weniger dynamisch als in anderen Ländern entwickelt. Gerade bei FuE zu Digitalisierungsthemen konnte die deutsche Wirtschaft nicht mit anderen Ländern wie den USA oder China mithalten. Relative Verschlechterungen gab es auch bei den transnationalen Patentanmeldungen und beim Wertschöpfungsanteil der Hochtechnologiebranchen, wenngleich dieser weiterhin im internationalen Vergleich sehr hoch ist. Einige andere Länder holen hier aber deutlich auf. Die stark negative Entwicklung in China ist primär auf die VC-Investitionen zurückzuführen, die gegenüber dem Niveau von Ende der 2010er-Jahre deutlich zurückgegangen sind. Gleichzeitig steht den hohen FuE-Aufwendungen der chinesischen Unternehmen nur eine bescheidene Anzahl an transnationalen Patentanmeldungen gegenüber.

## KEINE VERBESSERUNG DEUTSCHLANDS IN DER WISSENSCHAFT

Die Leistung der Wissenschaft wird im Innovationsindikator anhand von drei Publikations- und einem Patentindikator gemessen. Die Publikationsindikatoren bilden die Anzahl der Fachpublikationen je Einwohner, die Anzahl der Zitate je Publikation (Zitratrate) und den Anteil der häufig zitierten Publikationen (Top-Publikationen, Exzellenzrate) ab. Außerdem wird die Anzahl der Patentanmeldungen durch Wissenschaftseinrichtungen je Einwohner heran-

gezogen. Deutschland liegt bei diesen Indikatoren im Mittelfeld und erreicht weniger als die Hälfte des Werts der beiden führenden Länder Schweiz und Dänemark. In den vergangenen sechs Jahren konnte sich Deutschland auch nicht verbessern. Einem leicht höheren Anteil von Top-Publikationen stehen etwas niedrigere Patentaktivitäten gegenüber.

Die stärkste Verbesserung zeigt China, gefolgt von Indien, Südkorea und Taiwan. Alle vier asiatischen Länder haben den wissenschaftlichen Output in den vergangenen sechs Jahren erheblich gesteigert. Eine starke Verbesserung zeigen außerdem die Türkei, Polen, Südafrika, Griechenland, Tschechien und Portugal. All diese Länder wiesen Ende der 2010er-Jahre ein sehr niedriges Leistungsniveau der Wissenschaft auf. Unter den Ländern, die bei der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit schon

länger hohe Werte erreichen, konnte Australien den größten Sprung nach vorne machen. Deutlich positive Entwicklungen zeigen sich außerdem in Norwegen, Irland, Österreich, Belgien und den Niederlanden.

Nicht weiter verbessern konnte sich die Schweiz, was daran liegt, dass sie bei den meisten Indikatoren die Maximalwerte stellt. Die ungünstigste Entwicklung beim wissenschaftlichen Output zeigen die USA. Dieses Ergebnis überrascht auf den ersten Blick. Es liegt daran, dass die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen gemessen an der Bevölkerungszahl vergleichsweise gering ist und leicht abnahm. Gleichzeitig waren auch die Zitatraten und die Top-Publikationen, von relativ hohem Niveau ausgehend, rückläufig.

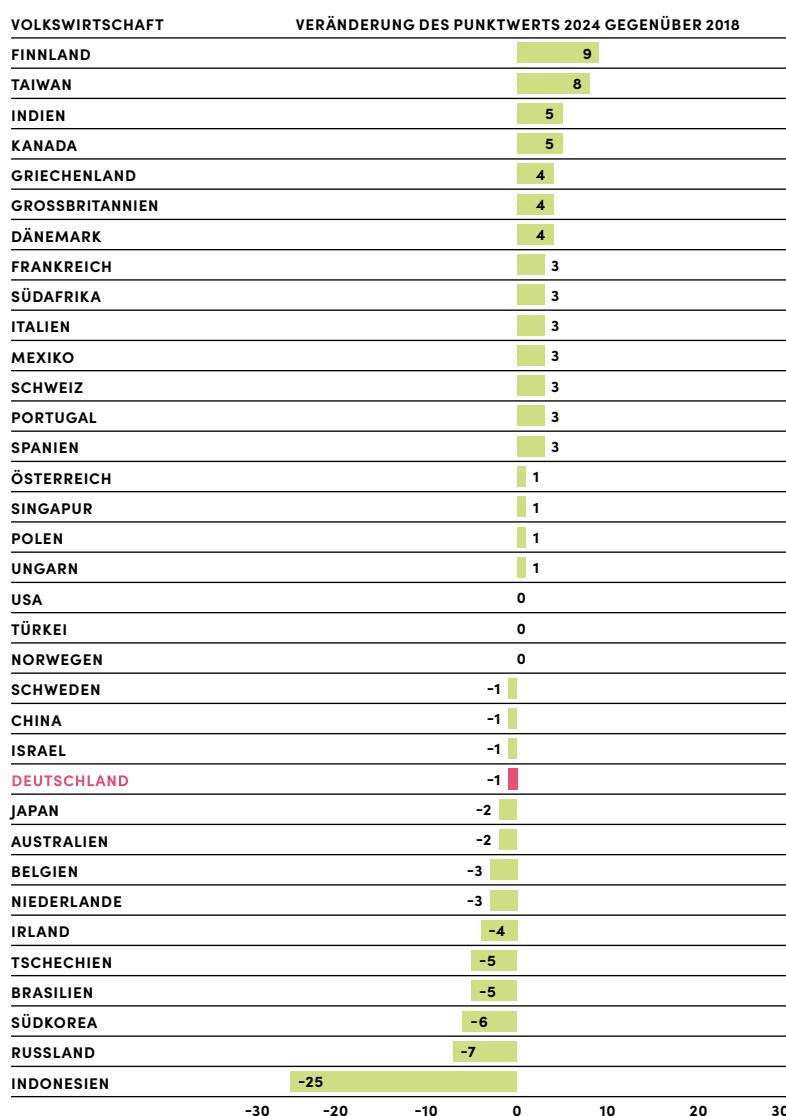
## KLEINERE VOLKSWIRTSCHAFTEN LIEGEN GANZ VORNE

Acht der neun Länder, die im Innovationsindikator 2025 ganz vorne liegen, sind relativ kleine Volkswirtschaften mit einer Bevölkerung von bis zu 10 Millionen. Die hohen Werte dieser Länder zeigen, dass kleinere Volkswirtschaften eher in der Lage sind, einen bedeutenden Teil ihrer personellen und finanziellen Ressourcen auf die Schaffung und wirtschaftliche Verwertung neuen Wissens zu setzen (siehe Box Seite 18). Die Stärke dieser Länder liegt in der Spezialisierung auf bestimmte Themen und Technologien, für die sehr gut funktionierende sektorale Innovationssysteme existieren, die Wissensgenerierung, die Diffusion von Wissen, die Umsetzung in Innovationen und die gesamtwirtschaftliche Verwertung der Innovationen effektiv verbinden (siehe auch das Kapitel zur Effizienz der Innovationssysteme). Eine Voraussetzung dieses Innovationsansatzes ist eine starke Offenheit der Innovationssysteme. Eine weitere Voraussetzung ist eine hohe Internationalisierung der Wirtschaft, damit Innovationen über eine globale Vermarktung in inländische Wertschöpfung umgesetzt werden können. Gleichzeitig können Wissen und Technologien in jenen Bereichen, in denen keine Spezialisierung besteht, aus anderen Ländern beschafft werden.

Exemplarisch für diesen Ansatz ist sicherlich die Schweiz. Ihr Innovationssystem ist stark auf wenige Industriebereiche (vor allem Pharma/Chemie, Maschinenbau, Instrumente) sowie Finanzdienstleistungen ausgerichtet. Gleichzeitig unterhält die Schweiz eines der leistungsfähigsten Wissenschaftssysteme. Dieses ist sowohl mit der inländischen Wirtschaft als auch international stark vernetzt und fungiert so als ein Transferknoten.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten sind auch Dänemark und Belgien dem Schweizer Vorbild gefolgt und haben auf Basis einer sehr leistungsfähigen und transferstarken Wissenschaft und einzelnen global führenden industriellen Innovationsfeldern ihr Innovationssystem weiterentwickelt und ausgebaut. Dass diese Strategie nicht ohne Risiko ist, zeigen Schweden und Finnland, die bereits in den 1980er- und 1990er-Jahren ihre In-

## VERÄNDERUNG BEI AUSTAUSCHBEZOGENEN INDIKATOREN



Austauschbezogene Indikatoren: FuE-Kooperationen, Patentkooperationen, Publikationskooperationen, Patentinternationalisierung, Handelsbilanz.

Quelle: Innovationsindikator 2025



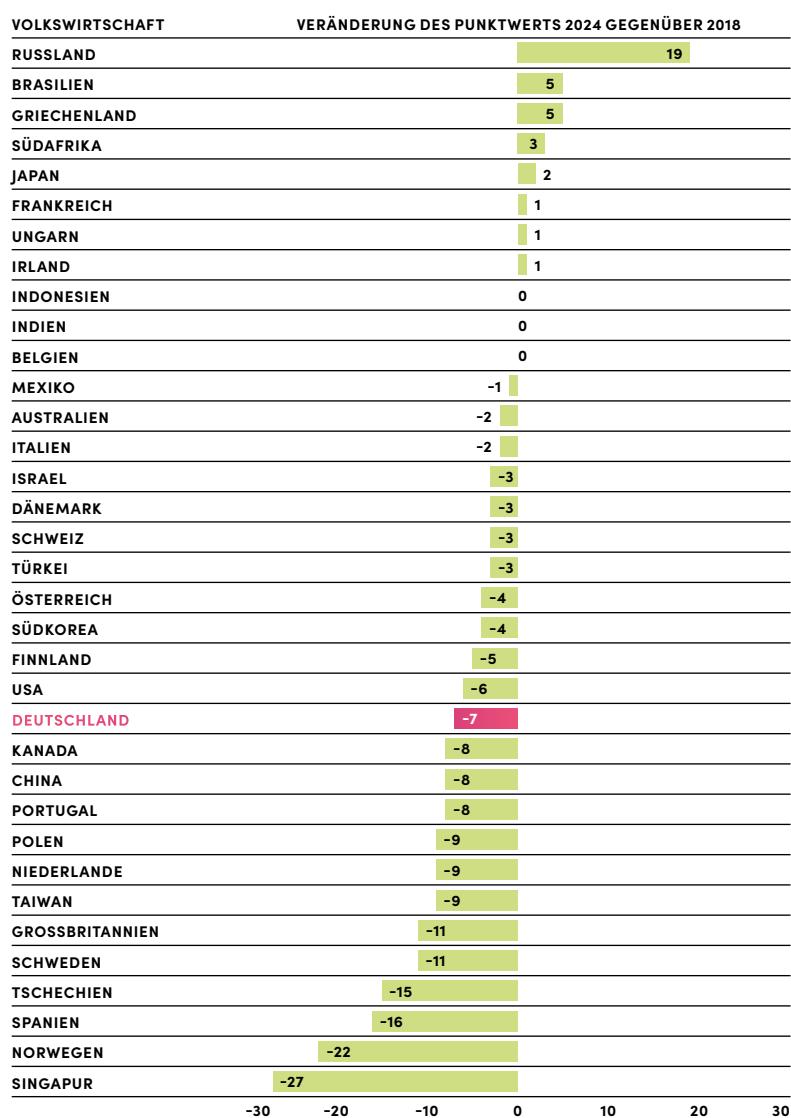
## « VON STAATLICHEN MASSNAHMEN BEEINFLUSSTE INDIKATORENWERTE ZEIGEN VERSCHLECHTERTE WERTE. »

novationssysteme entsprechend ausgerichtet hatten. Durch disruptive Innovationen in den Spezialisierungsfeldern – beide Länder haben einen starken Schwerpunkt bei digitalen Technologien – gingen globale Positionen im Innovationswettbewerb abrupt verloren. Gleichwohl konnten in den vergangenen Jahren beide Länder neue Schwerpunkte entwickeln bzw. stärken, insbesondere im Bereich Produktionstechnologien und (digitale) Dienstleistungen, sodass sich ihre Position im Innovationsindikator wieder verbessert hat.

### DEUTSCHLAND MIT LEICHT RÜCKLÄUFIGER ENTWICKLUNG

Im Innovationsindikator 2024 konnte Deutschland im Vorjahresvergleich den zwölften Platz halten. In der Gruppe der großen industrialisierten Volkswirtschaften befindet sich Deutschland gleichauf mit Südkorea, aber hinter Großbritannien, das sich aufgrund einer günstigen Entwicklung im Bereich Hochqualifizierter und einer Verbesserung der Handelsbilanz vor Deutschland schieben konnte. Der Indexwert von Deutschland schwankt im langfristigen Vergleich im Bereich von etwa 45 Punkten. Gleichwohl ist nach 2018 eine rückläufige Entwicklung zu beobachten. Hierin spiegelt sich das für das deutsche Innovationssystem schwieriger gewordene internationale Umfeld wider. Im Vergleich zu 2018 haben sich die Indexwerte bei neun Indikatoren – im Vergleich zur Entwicklung in den Referenzländern – merklich verschlechtert. Dies betrifft zum einen inputorientierte Größen wie die FuE-Ausgaben der Wirtschaft und der Wissenschaft, transnationale Patentanmeldungen sowie die staatliche FuE-Förderung für Unternehmen und zum anderen Indikatoren zur wirtschaftlichen Verwertung von Innovationen (Anteil Hochtechnologiebranchen, industrielle Produktivität, Handelsbilanz). Schließlich hat sich auch das zentrale gesamtwirtschaftliche Outputmaß, nämlich der gesellschaftliche Wohlstand (BIP pro Kopf) schlechter als in den Vergleichsländern entwickelt. Ein Treiber dieses Trends sind die Schwierigkeiten im internationalen Wettbewerb, die einige der deutschen Leitbranchen (Automo-

### VERÄNDERUNG BEI INDIKATOREN, DIE STARK DURCH REGIERUNGSHANDEL BEEINFLUSST SIND



Indikatoren, die stark durch Regierungshandeln beeinflusst sind: Promovierte, Hochschulausgaben, FuE-Wissenschaft, Absolventennachwuchs, FuE-Förderung.

Quelle: Innovationsindikator 2025

bil, Maschinenbau, Chemie) in den vergangenen Jahren gebremst haben, sei es aufgrund eines schwieriger gewordenen Zugangs zu Absatzmärkten, höherer Energie- und Materialkosten oder eines raschen technologischen Aufholens (und Überholens) bei wichtigen Zukunftstechnologien wie E-Mobilität oder künstlicher Intelligenz.

Die USA und Frankreich konnten ihre Indexwerte nach starken Einbrüchen im Jahr 2022, die zum Teil Nachwirkungen der Coronapandemie waren, zuletzt wieder steigern. In den USA trugen höhere VC-Investitionen, eine Erhöhung des Akademikeranteils und eine günstige Entwicklung zwischen Absolventennachwuchs und aus dem Berufsleben ausscheidenden Akademikern zur Verbesserung bei. In Frankreich waren ebenfalls humankapitalbezogene Faktoren für die Verbesserung verantwortlich, hinzu kam ein höherer wissenschaftlicher Output (Zitatrate, Top-Publikationen). Während Japan seinen Indikatorwert über die Zeit sehr stabil hält, konnte China seinen rasanten Aufholprozess nach 2020 nicht weiter

fortsetzen. 2024 kam es aufgrund niedrigerer VC-Investitionen und Hochschulausgaben je Studierendem sogar zu einem merklichen Rückgang des Indexwerts.

## UNTERSCHIEDLICHE SCHWERPUNKTE DER INNOVATIONSSYSTEME

Die Auswahl der Indikatoren für den Innovationsindikator beruht auf einer Prozessperspektive: Ausgehend von Kennzahlen zur Schaffung von Wissen erfasst ein zweiter Indikatorenblock die Diffusion von Wissen, während ein dritter Prozess die Umsetzung von Wissen in Innovationen und ein vierter Prozess die gesamtwirtschaftliche Verwertung von Innovationen abbildet (siehe Abschnitt „Zur Methode“). Vergleicht man die Schwerpunkte der Länder nach diesen vier Teilprozessen, so zeigen sich deutliche Unterschiede in den Prioritäten der einzelnen nationalen Innovationssysteme, die auch Rückwirkungen auf die Innovationspolitik der Länder haben. Dabei lassen sich fünf Gruppen von Ländern unterscheiden:

## ZUM VERGLEICH GROSSER UND KLEINER VOLKSWIRTSCHAFTEN IM INNOVATIONSDINDIKATOR

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 Teile der Räume mit besonders günstigen Voraussetzungen. Würden diese Teile der Räume gesondert betrachtet, würden sie oft eine deutlich höhere Innovationsfähigkeit als viele der innovationsstarken kleinen Volkswirtschaften aufweisen. Kombiniert mit anderen Teilen der Räume, die auf nichtinnovative Aktivitäten spezialisiert sind, ergibt sich im Mittel jedoch eine merklich geringere Maßzahl der Innovationsfähigkeit.

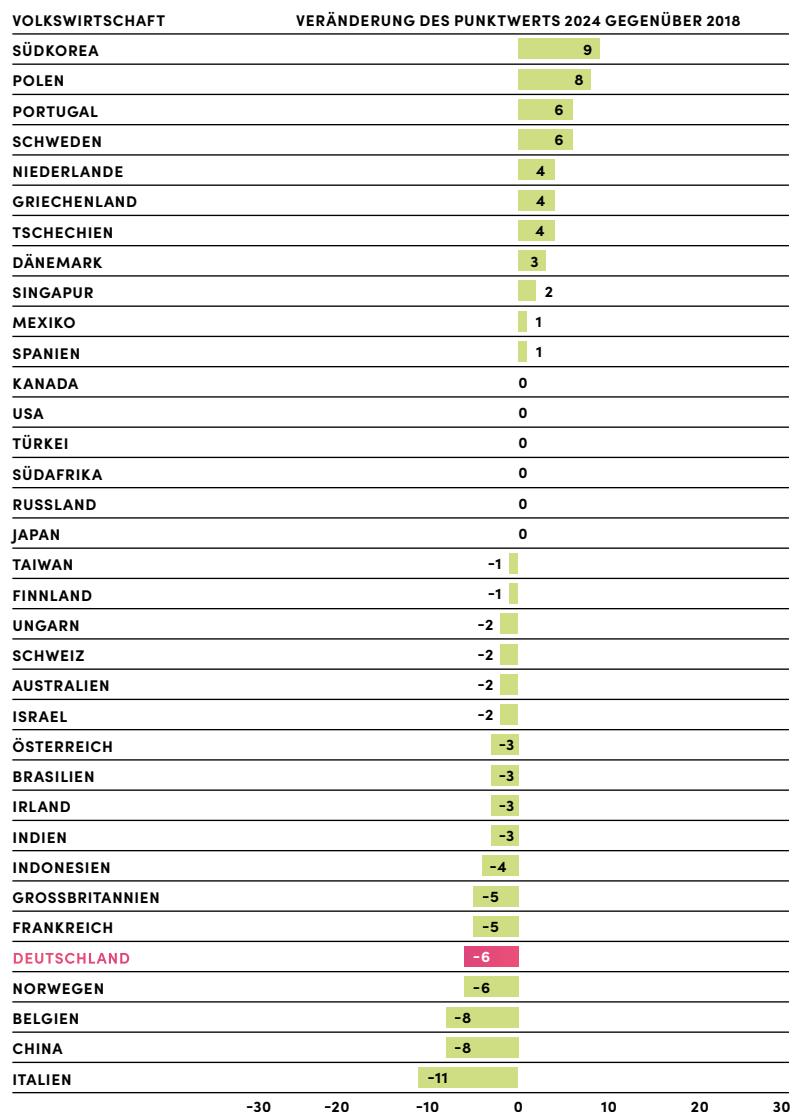
- Länder mit einem **ausgewogenen Innovationssystem** weisen hohe Werte für jeden der vier Teilprozesse auf. Diese Gruppe umfasst zum einen die kleineren Volkswirtschaften, die im Innovationsindikator ganz vorne liegen. Sie haben es geschafft, aufeinander abgestimmte und in sich greifende Innovationsprozesse zu etablieren, die eine stetige Schaffung, Verbreitung, Umsetzung und Verwertung von neuem Wissen gewährleisten. Ausgangspunkt sind dabei sehr hohe Inputs in den Innovationsprozess sowohl aufseiten der Wirtschaft als auch der Wissenschaft, die über ein gut ausgebauten Transfersystem und sehr innovative industrielle Cluster in Innovationen und Wertschöpfung umgesetzt werden. Die Herausforderung für die Innovationspolitik besteht darin, diese Balance weiter aufrechtzuerhalten und gleichzeitig bei exogenen Schocks wie zum Beispiel technologischen Disruptionen die einzelnen Teilprozesse wieder neu auszurichten. Die Beispiele von Schweden und Finnland zeigen, dass dies möglich ist, aber auch eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

Zum anderen zählen auch einige Länder mit einem mittleren oder eher niedrigen Gesamtindikatorwert zu dieser Gruppe, nämlich Norwegen, Portugal, Spanien und Italien. Hier gilt es, die vorhandenen Innovationspotenziale gleichmäßig zu entwickeln, um so das Innovationssystem in Richtung anspruchsvoller Innovationen und die Fähigkeiten zum raschen Aufgreifen neuer technologischer Trends zu entwickeln. Norwegen ist auf diesem Weg schon am weitesten vorangeschritten und verzeichnet seit etwa 2010 eine kontinuierliche Verbesserung im Innovationsranking. Allerdings kam es jüngst wieder zu einem Rückschlag. Für die südeuropäischen Länder ist dieser Weg noch deutlich weiter.

- Die Gruppe der Länder mit **input- und diffusionsorientiertem Innovationssystem** stellt die meisten Länder im Mittelfeld des Innovationsindikators. Sie zeichnen sich durch ein starkes Wissenschafts- und Forschungssystem und gute Strukturen zum Transfer dieses Wissens zwischen den einzelnen Akteuren aus. Einige dieser Länder sind auch umsetzungsschwach, das heißt, sie übersetzen das neue Wissen in Innovationen, wie zum Beispiel Belgien, Großbritannien, Kanada und Israel. Andere Länder liegen bei der

Umsetzung dagegen zurück. Dies gilt insbesondere für Taiwan und China und teilweise auch für Südkorea, Australien und Frankreich. Dabei ist zu beachten, dass oft lange Zeiträume zwischen Investitionen in neues Wissen und einer breiten Diffusion dieses Wissens vergehen können. Dies ist umso mehr der Fall, je mehr auf radikale Innovationen und den Einstieg in ganz neue Technologien gesetzt wird. Generell unterdurchschnittlich ist in dieser Ländergruppe die Performance im vierten Teilprozess, der gesamtwirtschaftlichen Verwertung von Innovationen. Hier sollte auch der Fokus der Innovationspolitik liegen, nämlich aus den starken Innovationspolen und -clustern stärker gesamtwirtschaftliche Erträge zu ziehen.

## VERÄNDERUNG BEI INDIKATOREN, DIE DIE INNOVATIONSLISTUNG DER UNTERNEHMEN ABBILDEN



Indikatoren, die die Innovationsleistung der Unternehmen abbilden: FuE-Wirtschaft, Patente, VC-Investitionen, Marken, Hochtechnologie.

Quelle: Innovationsindikator 2025

■ Eine dritte Gruppe umfasst Länder, die bei der **gesamtwirtschaftlichen Verwertung von Innovationen** besonders stark sind. Zu dieser Gruppe gehört (noch) Deutschland, wenngleich in den jüngsten Jahren der Indikatorwert in diesem Teilprozess zurückgegangen ist. Diese Ländergruppe weist gleichzeitig relativ hohe Werte in den Teilprozessen der Schaffung und Diffusion von Wissen, aber eher niedrige bei der wirtschaftlichen Umsetzung von Innovationen auf. Dieser Gruppe gehören auch die deutschen Nachbarländer Niederlande, Österreich und Tschechien sowie Japan an. Eine zentrale Aufgabe der Innovationspolitik ist, die Umsetzungsschwäche des Innovationssystems anzugehen und dafür zu sorgen, dass aus den vorhandenen hohen Potenzialen für die Wissensgenerierung und -verbreitung ein kontinuierlicher Fluss

an Innovationen entsteht, der die derzeit noch hohen gesamtwirtschaftlichen Erträge aus diesem Wissen aufrechterhält. Denn ein Teil der guten Performance bei der gesamtwirtschaftlichen Verwertung von Innovationen beruht auf schon länger zurückliegenden Forschungserfolgen.

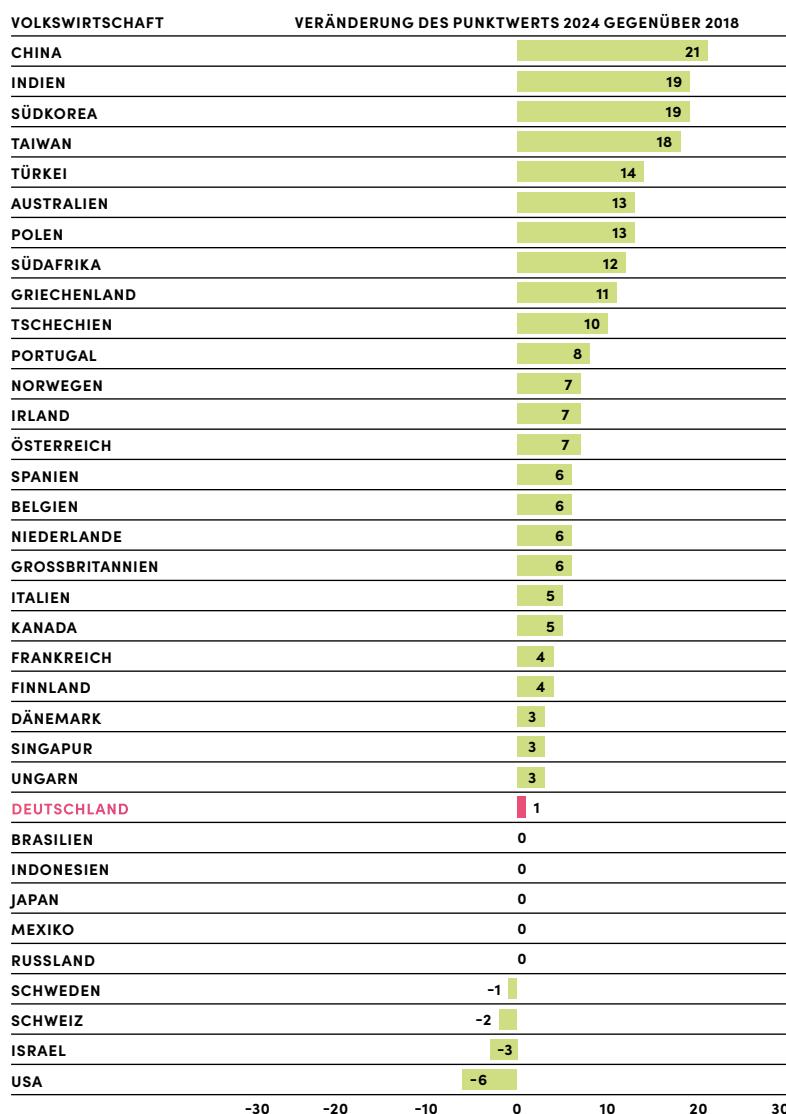
■ Die vierte Gruppe sind Länder mit einem **umsetzungsorientierten Innovationssystem**, das jedoch nur über begrenzte eigene Kapazitäten für die Schaffung und Diffusion von Wissen verfügt. Viele der Innovationserfolge dieser Länder beruhen auf dem Import von Wissen und Technologien, oft im Rahmen von ausländischen Direktinvestitionen. Mit Griechenland, Ungarn, Mexiko und Polen zählen vier Länder im unteren Mittelfeld des Innovationsrankings zu dieser Gruppe. Die Innovationspolitik ist hier gefordert, eigenständige Wissenschafts- und Forschungspotenziale zu entwickeln.

■ Die fünfte Gruppe sind Länder mit einem **diffusionsorientierten Innovationssystem**, das gleichzeitig fast keine gesamtwirtschaftlichen Erträge aus Innovationen erzielen kann und nur geringe eigene Kapazitäten für die Wissensschaffung hat. Diese Länder, zu denen Russland, Indien, Südafrika, die Türkei und Indonesien gezählt werden können, liegen im Innovationsindikator meist auf den letzten Rängen. Die Stärke im Teilprozess der Wissensdiffusion beruht oft auf dem Bildungs- und Hochschulsystem, das Wissen von außen in die Qualifikation der Arbeitskräfte umsetzt. Da es aber an industriellen Innovationskapazitäten mangelt, kann dieses Humankapital nur begrenzt für die wirtschaftliche Umsetzung von Innovationen genutzt werden. Die Innovationspolitik steht somit vor der schwierigen Aufgabe, sowohl die Inputseite als auch die Umsetzungsseite zu stärken, ohne dabei auf wirtschaftliche Erträge aus Innovationen zurückgreifen zu können. Russland und Brasilien nehmen innerhalb dieser Gruppe eine gewisse Sonderrolle ein, da sie im Umsetzungsbereich deutlich besser aufgestellt sind. Brasilien hat in seiner Innovationsstrategie auch klar vorgegeben, dass sowohl die Stärkung von Wissenschaft und Forschung als auch der Aufbau industrieller Cluster auf Basis eigener Innovationen das Land voranbringen sollen. Der weiterhin niedrige Indikatorwert Brasiliens zeigt aber, dass der Weg noch lang ist.

## ZUR METHODE

Der Innovationsindikator hat zum Ziel, die Innovationsfähigkeit von 35 Ländern zu messen. Aufbauend auf einem systemischen Verständnis von Innovation wird erfasst, wie Innovationen generiert, eingeführt und produktiv genutzt werden. Hierfür sind das Zusammenspiel vieler Akteure – Unternehmen, Wissenschaft, Politik, Gesellschaft – und das Vorhandensein einer innovationsunterstützenden Infrastruktur sowie innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen notwendig.

## VERÄNDERUNG BEI INDIKATOREN, DIE DEN WISSENSCHAFTLICHEN OUTPUT ABBILDEN



Indikatoren, die den Output in der Wissenschaft abbilden: Publikationen, Zitatrate, Top-Publikationen, Wissenschaftspatente.

Quelle: Innovationsindikator 2025

Der Innovationsindikator versucht, anhand von 23 Einzelindikatoren diese Vielfalt an Einflussfaktoren abzubilden. Hierfür werden vier Dimensionen betrachtet:

- Schaffung von neuem, für Innovationen relevantem Wissen
- Diffusion dieses Wissens
- Umsetzung von Wissen in marktfähige Innovationen
- Erzielung wirtschaftlicher Erträge aus diesen Innovationen

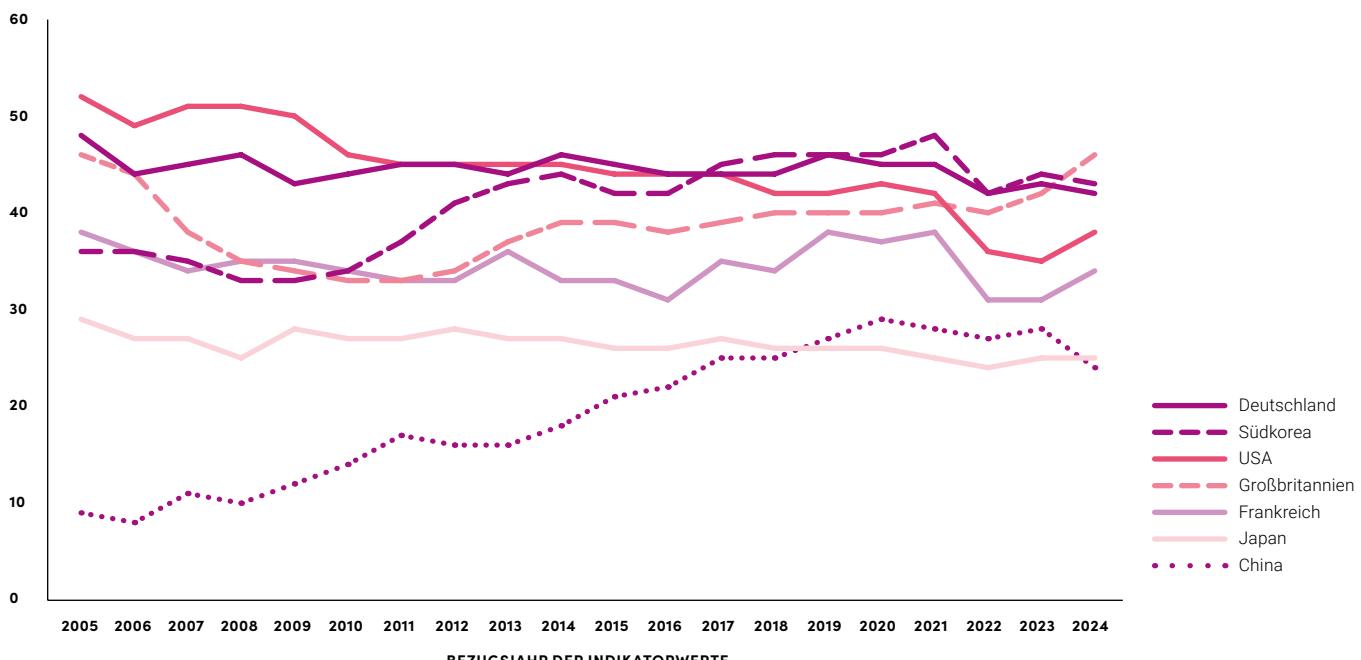
Bei der Auswahl der Indikatoren wird auf eine Balance geachtet zwischen Indikatoren, die die aktuelle Innovationsperformance eines Landes messen, und zukunftsgerichteten Indikatoren, die die künftige Innovationsfähigkeit abbilden. Die aktuelle Innovationsperformance beruht auf Investitionen, die in der Vergangenheit getätigt wurden, und sagt somit nicht unbedingt etwas über die Potenziale aus, die ein Land in den kommenden Jahren im Innovationswettbewerb nutzen kann. Sie ist jedoch eine bedeutsame Kennzahl, denn sie gibt an, wie viel Innovationen zum gegenwärtigen Wohlstand einer Gesellschaft beitragen. Gleichzeitig generiert die aktuelle Innovationsperformance jene Erträge, die für Investitionen in die künftige Innovationsfähigkeit benötigt werden. Für diese künftige Innovationsfähigkeit eines Landes spielen insbesondere jene Faktoren eine zentrale Rolle, die an Bedeutung für das Innovationsgeschehen gewinnen werden. Dazu

zählen beispielsweise die internationale Ausrichtung des Innovationssystems, die Leistungsfähigkeit des Forschungssystems und die Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Alle Einzelindikatoren des Innovationsindikators sind an der Größe einer Volkswirtschaft normiert (Bruttoinlandsprodukt [BIP] oder Bevölkerungszahl). 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 (siehe Box auf Seite 18).

Die Werte der Einzelindikatoren werden auf einen Wertebereich zwischen 0 und 100 normiert. Hierfür wird der Indikatorwert eines Landes in Bezug zu den Indikatorwerten einer Referenzgruppe gesetzt.<sup>2</sup> Ein Wert von 0 zeigt, dass der Indikatorwert des betrachteten Landes gleich oder niedriger ist als der niedrigste Indikatorwert in der Referenzgruppe, während ein Wert von 100 angibt, dass der Indikatorwert dem höchsten Wert in der Referenzgruppe entspricht oder darüberliegt. Werte größer 0 und kleiner 100 ergeben sich, wenn der Indikatorwert eines Landes im Wertebereich der Referenzgruppe liegt. Der Gesamtindex des Innovationsindikators entspricht dem Mittelwert der normierten Einzelindikatoren und liegt zwischen 0 und 100 Punkten.

## INNOVATIONSFÄHIGKEIT: ENTWICKLUNG GROSSER VOLKSWIRTSCHAFTEN



# EMPFEHLUNGEN

Die weiterhin hohe Innovationsfähigkeit Deutschlands beruht auf einem ausdifferenzierten Innovations- system. Seine Stärke ist zum einen die Schaffung und Diffusion von Wissen, die sich unter anderem in den hohen Forschungsausgaben von Unternehmen und Wissenschaft sowie einer starken Publikations- und Patentleistung widerspiegelt. Zum anderen profitiert Deutschland weiterhin von einer effektiven gesamt- wirtschaftlichen Nutzung von Innovationen, etwa in Form einer hohen Produktivität, einer forschungs- orientierten sektoralen Industriestruktur und hoher Außenhandelserfolge. Viele dieser gesamtwirtschaft- lichen Beiträge des Innovationssystems beruhen jedoch auf vergangenen Innovationsanstrengungen. Aktuell liegt Deutschland bei der Umsetzung von Wissen und Forschungsergebnissen in neue Innova- tionen dagegen zurück.

Gleichzeitig stehen die deutsche Wirtschaft und Ge- sellschaft und damit auch das deutsche Innovations- system vor großen neuen Herausforderungen. Die Einschränkungen im internationalen Handelssystem durch Zölle und eine zunehmend auf nationale Ab- schottung ausgerichtete Wirtschaftspolitik sowie internationale Konflikte und Kriege beeinträchtigen die Zukunftsperspektiven für Deutschland in besonderem Maße – da keine andere große Volkswirtschaft derart stark auf internationale Zusammenarbeit und offene Märkte angewiesen ist. Mit der Neubewertung der internationalen Sicherheitslage sind hohe Investitionen in die Fähigkeit zum Schutz der kritischen Infrastruk- tur und zur Abwehr möglicher Angriffe nötig. Und der fortschreitende Klimawandel erfordert umfassende Anpassungen in vielen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft, wofür neue Technologien und Innovatio- nen unerlässlich sind.

**Vor diesem Hintergrund sind große zusätzliche Anstrengungen der Innovationspolitik notwendig.**



Um die **Umsetzung von Wissen in Innovationen** voran- zubringen, muss erstens die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft weiter ausgebaut werden. Das deutsche Innovationssystem ist hier insgesamt gut aufgestellt. Doch gerade bei neu aufkommenden Themenfeldern und Technologien fehlt es oft an einer raschen Kommerzialisierung und einer Skalierung von Innovationen innerhalb eines Ökosystems. Hierzu braucht es mehr Transferanreize in der Wissenschaft, Risiko- kapital und marktorientierte IP-Regelungen. Zweitens müssen für viele neue Themen und Technologien – von Sicherheitstechnologien bis zu Technologien zur Bewäl- tigung des Klimawandels – zusätzliche Forschungs- und Innovationskapazitäten in Wirtschaft und Wissenschaft geschaffen werden. Hierfür können die Mittel eingesetzt werden, die zur Erreichung des 3,5-Prozent-Ziels bis 2030 benötigt werden. Im Bereich der Wirtschaft kann dies zum Beispiel über die öffentliche Beschaffung und staatliche FuE-Aufträge erfolgen. In der Wissenschaft sind Formate der langfristig orientierten Projekt- und Pro- grammförderung angezeigt, um vorhandene Forschungs- kapazitäten und -strukturen neu auszurichten und Dual- Use-Ansätze zu forcieren.



Ein zweiter Aktionsbereich betrifft die **Schaffung von Technologiesouveränität und Resilienz** in einer sich wandelnden globalen Wirtschaft. Technologiesouveränität ist insbesondere bei jenen Themen gefährdet, zu denen Deutschland bisher auf internationale Arbeitsteilung gesetzt hat. Dies reicht von kritischen industriellen Vorprodukten wie Halbleitern oder Spezialmaterialien bis zu komplexen Technologien in Bereichen wie Automatisierung, Gesundheit, Raumfahrt, IT-Infrastruktur oder Energieversorgung. Um hier die benötigten Forschungs-, Innovations- und Produktionskapazitäten zu schaffen, muss europäisch gedacht und europaweit zusammen-gearbeitet werden. Dies kann im Rahmen von EU-Initiativen, wie dem Important Project of Common European Interest (IPCEI), sektorspezifischen Maßnahmen wie zum Beispiel dem Chips Act oder dem European Innovation Council erfolgen, aber auch bilateral mit anderen europäischen Ländern, um gemeinsame Stärken zu entwickeln und zu bündeln.

Das Innovationssystem muss insgesamt effizienter werden. Ein zentraler Hebel hierfür ist der **Bürokratieabbau**. Denn immer mehr Bürokratie hemmt zunehmend auch Forschung, Innovation und die Anwendung neuer Technologien. Dies reicht von aufwendigen Antragsverfahren über Berichtspflichten und Monitoring-Anforderungen bis zu detailverliebten Kontrollsystmen. Was häufig fehlt, ist eine flexible und praxisnahe Anwendung von Regelungen. Die Bundesregierung hat hierzu ein Innovationsfreiheitsgesetz angekündigt, das nun endlich implementiert werden muss. Dabei sollten auch weitere Rechtsbereiche wie das Gemeinnützige Recht, das Beihilferecht und das Wettbewerbsrecht in den Blick genommen werden, um im internationalen Wettbewerb eine agile Umsetzung von Wissen in Wettbewerbsfähigkeit zu unterstützen.



## 4 – SCHWERPUNKT 1: EFFIZIENZ

# WER MACHT AM MEISTEN AUS SEINEN MITTELN?

Innovationsprozesse sind teuer und aufwendig. Gleichzeitig sind sie mit hohem Risiko und mit hoher Unsicherheit über den Innovationserfolg verbunden. Unsicherheit besteht dabei von der technischen Lösung oder der Idee und deren Umsetzung bis hin zur Marktentwicklung und letzten Endes auch erfolgreichen Kommerzialisierung. An jeder Stelle kann der Prozess scheitern und die Investitionen können ins Leere laufen. Die Komplexität von technologischen Innovationen und die Menge und Spezialisierung des benötigten Wissens zum erfolgreichen Innovieren sind in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Der Anstieg der marginalen Effekte von Innovationsausgaben ist gesunken oder, um es weniger im ökonomischen Fachjargon auszudrücken: Jeder weitere in Innovation investierte Euro hat einen geringeren Effekt als der bereits davor investierte Euro. Hinzu kommt eine gesteigerte Wettbewerbssituation in vielen Branchen und Technologiefeldern. Daneben haben sich Innovationszyklen verkürzt, sodass insgesamt weniger Zeit für die Amortisation der Innovationsausgaben bleibt.

Spätestens mit dem Einsetzen der Coronapandemie, aber zusätzlich angetrieben durch die Kosten der militärischen Konflikte, gestiegene Energiekosten, Transformationskosten, steigende Kosten auch in anderen Politikfeldern, die beispielsweise von der demografischen Entwicklung sowie einer generell schwierigen wirtschaftlichen Lage beeinflusst werden, werden die öffentlichen Budgets für Wissenschaft, Forschung und Innovation in vielen Ländern in den kommenden Jahren kaum steigen. Durch die Veränderung der Innovationsprozesse, den größeren Aufwand zu deren Zielerreichung und einen vielerorts steigenden Wettbewerb stehen auch die FuE-Budgets der Unternehmen unter Druck. Insgesamt bedeutet dies, dass in den meisten Ländern die öffentlichen wie die privaten FuE-Budgets kaum steigen, eventuell sinken, aber sicherlich nicht generell ausgeweitet werden. Für die wissenschaftlich-technologische Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften heißt das, dass sie entweder

weniger innovativ sein werden oder möglichst effizient in der Nutzung ihrer Mittel sein sollten, um die jeweilige Innovationsfähigkeit aufrechterhalten zu können. Wer macht am meisten aus den zur Verfügung stehenden Mitteln? Dieser Frage soll in diesem Kapitel anhand der vorliegenden Daten des Innovationsindikators nachgegangen werden.

### INPUTS UND OUTPUTS ALS POSITIVE BEITRÄGE

Die Methodik dieses Kapitels unterscheidet sich von der des Hauptindikators, welche auf sogenannten Kompositindikatoren beruht, also der gewichteten oder ungewichteten Aggregation von Einzelindikatoren zu einem Gesamtindikator. In diesen Gesamtindikator fließen sowohl Einzelindikatoren, die als Input klassifiziert werden können, als auch solche, die als Output klassifiziert werden können, ein. Beispiele für inputorientierte Indikatoren sind FuE-Ausgaben oder Beschäftigte mit Hochschulabschluss. Outputorientierte Indikatoren messen dagegen konkrete Ergebnisse wie Patente oder die Wertschöpfung in der Hochtechnologie. Das heißt, der Innovationsindikator wertet sowohl Inputs als auch Outputs als positiven Beitrag zur gemessenen Innovationsfähigkeit der Länder im Vergleich. Obwohl Kompositindikatoren in der Innovationsmessung etabliert sind, haben sie methodische Nachteile. Insbesondere kann durch sie eine Doppelzählung von Inputs und Outputs verursacht werden, und zwar genau dann, wenn ein Input erfolgreich zu einem Output transformiert wird. In diesem Fall erfasst der Innovationsindikator sowohl den Input also auch den Output. Daher ist zuweilen vorgeschlagen worden, nur Outputs, also real erzielte Erfolge, messtechnisch zu erfassen<sup>3</sup>. Auch dieser Ansatz hat aber seine Schwierigkeiten, weil er zum Beispiel Schwellenländer, deren Innovationssysteme sich noch im Aufbau befinden, eher schlecht bewertet. Diese Länder, insbesondere wenn sie Technologie-Push-Strategien verfolgen, haben häufig hohe Inputs

und aufgrund des zeitlichen Verzuges noch geringe Outputs. Sie würden also messtechnisch gleichgestellt mit Ländern, die nur geringe Investitionen tätigen. Produktionstechnisch sinnvoller wäre es, die Inputniveaus und gleichzeitig die Effizienz der Transformation von Inputs in Outputs zu erfassen.

Die Erfassung von Effizienzen lässt sich über Kompositindikatoren nur sehr eingeschränkt abbilden. Einen sinnvollen Ansatz bieten aber Verfahren aus der Effizienzanalyse, die auf der sogenannten Data Envelopment Analysis (DEA) aufbauen. Grundgedanke dieser Methode ist es, aus den „besten“ Observationen im Sample eine theoretisch mögliche Produktionsfunktion als Benchmark zu schätzen und dann die Entfernung jeder Beobachtung im Sample von dieser Benchmark-Produktionsfunktion zu ermitteln. Diese Entfernung kann dann als Maß für die Ineffizienz verstanden werden. Oder anders: Jede Observation, die den Benchmark erreicht, wird als effizient klassifiziert. Observation, die den Benchmark nicht erreichen, weisen (im unterschiedlichen Maß) Ineffizienzen auf. Die Methodenbox „DEA-Analysen – Grundidee“ verdeutlicht dieses Effizienzkonzept an einem einfachen Beispiel.

In diesem Kapitel verwenden wir eine Fortentwicklung der ursprünglichen DEA-Methodik, wie sie speziell für die Messung von Innovationseffizienzen vorgeschlagen wurde.<sup>4</sup> Dieser Ansatz ist konzeptionell mit dem funktionalen Innovationssystemverständnis des Innovationsindikators kompatibel und unterscheidet zwei aufeinander aufbauende Hauptfunktionen des Innovationsystems: erstens die Wissensgenerierungsfunktion, durch die neues akademisches und technologisches Wissen aus Inputs erzeugt wird, und zweitens die Güterbereitstellungs- bzw. die Kommerzialisierungsfunktion, durch die finale Güter und Dienstleistungen bereitgestellt werden. Diese werden zum einen mit normalen Produktionsfaktoren, insbesondere Arbeit, erzeugt. Zum anderen wird innerhalb

dieser Funktion auch das technologische Wissen, das in der Wissensgenerierung erzeugt wurde, genutzt. Diese Modellstruktur ist der Abbildung unten dargestellt.

Innerhalb dieser Modellstruktur ist es möglich, drei unterschiedliche Effizienzen zu unterscheiden: a) die Effizienz, mit der ein Land neues Wissen generiert, b) die Effizienz, mit der ein Land unter Nutzung dieses Wissens Güter und Dienstleistung erzeugt, somit also Wissen kommerzialisiert, c) die Effizienz des Gesamtsystems, die sich aus dem Zusammenspiel der Wissensgenerierung und der Kommerzialisierung ergibt.<sup>5</sup>



**IN VIELEN LÄNDERN WERDEN  
DIE ÖFFENTLICHEN BUDGETS  
FÜR WISSENSCHAFT, FOR-  
SCHUNG UND INNOVATION  
KAUM STEIGEN. «**

## DEA-ANALYSEN: DIE GRUNDIDEE

Um die Idee von DEA zu veranschaulichen, nehmen wir an, ein Innovationssystem produziere nur einen Innovationsoutput (Patente) mit einem Innovationsinput (FuE-Ausgaben). Die Produktionsfunktion ist in der DEA-Analyse als das Produktionsmaximum definiert. Sie gibt also für jedes Inputniveau an, wie viel Output maximal produziert werden kann (siehe gepunktete und gestrichelte Kurve). Ein Land kann auf der Produktionsfunktion liegen oder darunter. Liegt es auf der Produktionsfunktion, ist es effizient. Liegt es darunter, gibt es Ineffizienzen.

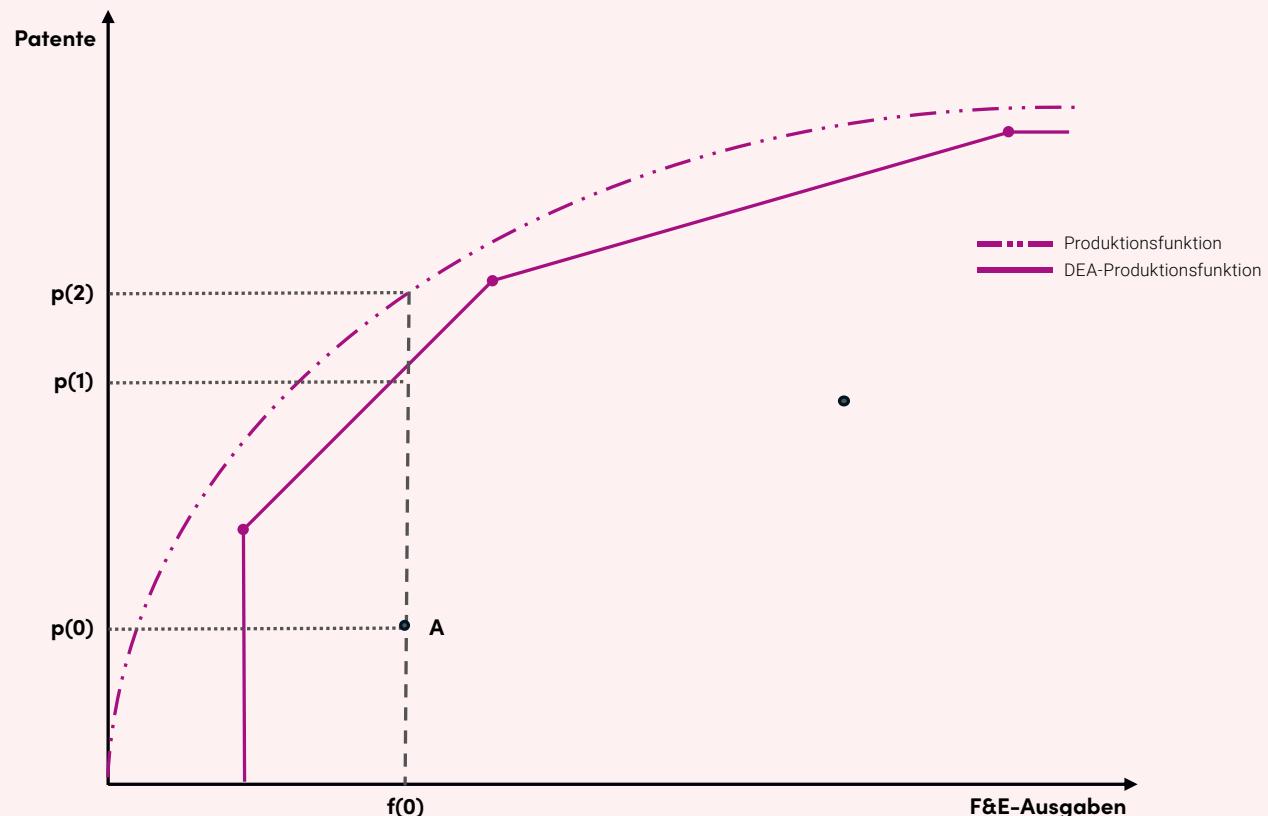
Schauen wir uns zum Beispiel ein Land A an, das eine Anzahl von Patenten in der Höhe von  $p(0)$  mit FuE-Ausgaben der Höhe  $f(0)$  produziert. Offensichtlich könnte es mit  $f(0)$  FuE-Ausgaben aber mehr Patente erreichen, nämlich  $p(2)$  Patente.

Ein Maß für die Effizienz von Land A ergibt sich aus dem relativen Abstand zur Produktionsfunktion,  $p(0)/p(2) < 1$ , also der Anzahl der tatsächlichen Patente geteilt durch die maximal erreichbaren Patente. Nun ist aber die Produktionsfunktion in der Regel nicht bekannt, sodass sich auch die Effizienz des Landes nicht direkt ermitteln lässt. DEA behilft sich damit, dass sie die Produktionsfunktion aus empirischen Beobachtungen weiterer Länder schätzt (siehe die Punkte in der Abbildung). Der sehr flexible DEA-Schätzer Variable Returns to Scale (VRS) schätzt die unbekannte Produktionsfunktion, indem er die konvexe Hülle der Punktwolke ermittelt – gewissermaßen indem er eine abschnittsweise, lineare Funktion bildet, die nur aus beobachteten Ländern gestützt wird. Diese DEA-Produktionsfunktion wird von der durchgezogenen Linie dargestellt. Unterstellt man nun

diese Funktion, lassen sich geschätzte Effizienzmaße bestimmen. In unserem Fall ergibt sich für das Land A eine Effizienz von  $p(0)/p(1)$ . Offensichtlich ist die geschätzte Effizienz nicht exakt gleich der tatsächlichen. Aber wenn man sehr viele Länder beobachtet, dann wird die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass man viele Länder hat, die sehr nahe an der tatsächlichen Produktionsfunktion liegen, sodass die geschätzten Effizienzen in großen Datensätzen sehr genau sind.

Insgesamt werden wir in diesem Kapitel deutlich komplexere DEA-Schätzer verwenden, die erstens eine Vielzahl von Inputs und Outputs gleichzeitig berücksichtigen und die zweitens unterschiedliche Subsysteme trennen. Die effizienztheoretischen Grundkonzepte sind in diesen komplexeren Modellen aber dieselben.

## EINE SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER DEA-METHODE MIT EINEM INPUT UND EINEM OUTPUT



Letzteres ist also als ein zusammenfassendes Maß der beiden konstitutiven Maße für die Wissensgenerierung und die Kommerzialisierung zu verstehen. Konzeptuell können diese Effizienzen vom Innovationsindikator abweichen, obwohl auch in diesem sowohl die Wissensgenerierung als auch die Kommerzialisierung durch Indikatoren abgebildet werden. Der Fokus dieses Kapitels liegt abweichend vom Innovationsindikator nicht auf den erreichten Niveaus der Outputs und Inputs, sondern darauf, wie verlustfrei, sprich effizient, gegebene Inputs und Outputs umgewandelt werden können. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Effizienzmaße ergibt sich also daraus, dass sie Effizienzpotenziale quantifizieren. Ein Land, das in einem oder allen der drei Effizienzmaße hinten liegt, muss also nicht zwangsläufig seine Investitionen erhöhen, sondern könnte bereits durch eine effizientere Verwendung vorhandener Ressourcen in der Wissensgenerierung oder der Kommerzialisierung seine Position verbessern.

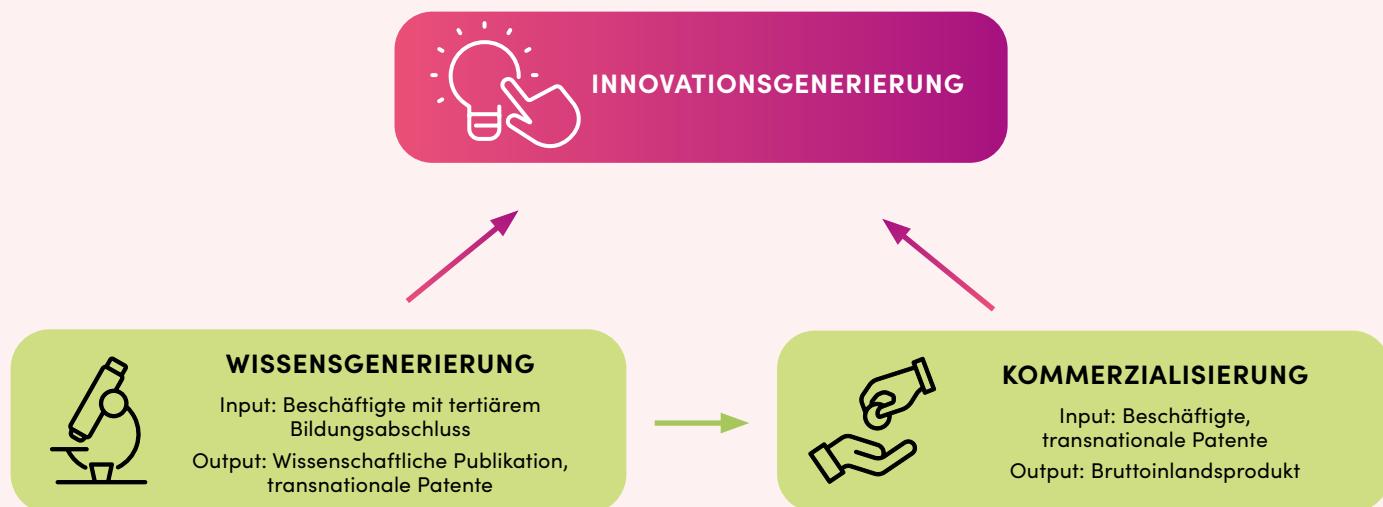
## SOLIDE ERGEBNISSE BEI ETABLIERTEN INNOVATIONSDATIONEN

Auf die Daten des Innovationsindikators angewendet zeigen sich die Ergebnisse in den Abbildungen auf Seite 28 und Seite 29. Schaut man zunächst auf die Wissensgenerierungseffizienz, also die Effizienz, mit der ein Land neues Wissen generiert, zeigt sich, dass Länder vorne liegen, die im Innovationsindikator meist keine Spitzensätze belegen. Dies sind die USA, Italien, Dänemark, Österreich, Großbritannien und Deutschland. Effizienz in der Ressourcenverwendung ist also nicht ohne Weiteres mit dem im Innovationsindikator impliziten Messkonzept, nach dem Inputs und Outputs gleichzeitig positiv berücksichtigt werden, identisch.

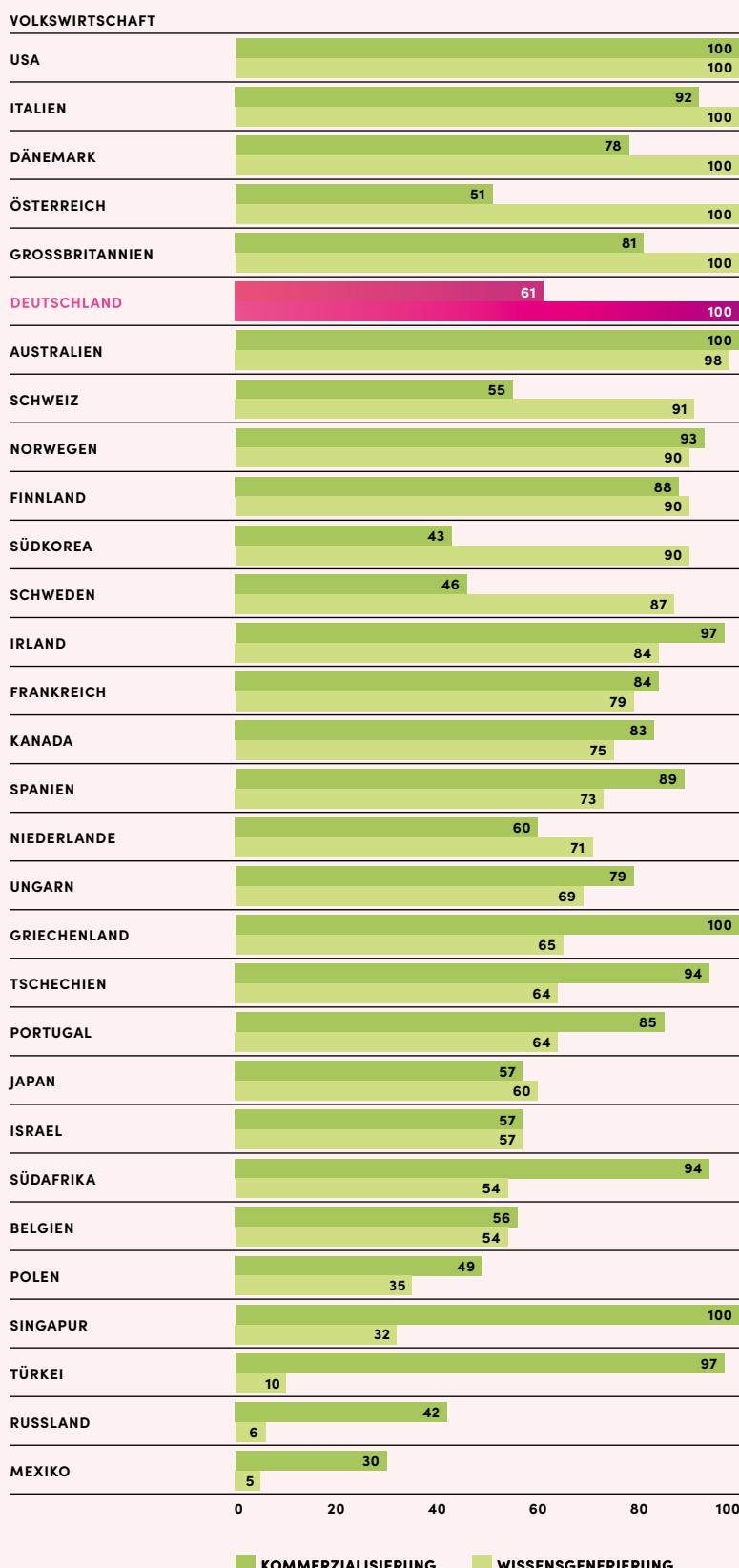
Für die Länder im Innovationsindikator zeigen sich unterschiedliche Bilder. Die dort führende Schweiz erreicht zwar nicht ganz die Spitze, ist bei der Wissensgenerierungseffizienz mit einem Wert von 91 Prozent aber sehr gut platziert. Für das im Innovationsindikator zweitplatzierte Singapur gilt dies nicht. Seine Wissensgenerierungseffizienz liegt nur bei 32 Prozent. An der Größe des Landes gemessen liefert Singapur hervorragende Ergebnisse. Es benötigt dafür aber zu viele Inputs. Da Singapurs Aufstieg in den 1990er-Jahren begann, stellt sich hier die Frage, ob dies das Resultat eines natürlichen Zeitverzugs ist oder es systemische Ineffizienzen gibt, die aktiv durch entsprechende Maßnahmen behoben werden müssten.

Die meisten etablierten Innovationsnationen weisen solide Ergebnisse bezüglich der Wissensgenerierungseffizienz auf, darunter Australien (98 Prozent), Norwegen (90 Prozent), Südkorea (90 Prozent), Irland (84 Prozent), Frankreich (79 Prozent) und Spanien (73 Prozent). Das Mittelfeld setzt sich unter anderem aus Ländern Südosteuropas zusammen. So erreicht Ungarn beispielsweise 69, Griechenland 65 und Portugal 64 Prozent. Auch Israel mit 57 Prozent und Japan mit 60 Prozent fallen in diese Gruppe. Das eher mäßige Abschneiden Japans im Bereich der Wissensgenerierung hat vielschichtige Gründe. Einer ist sicherlich die geringe internationale Orientierung des japanischen Wissenschaftssystems. Abgeschlagen liegen die meisten Schwellenländer, wie zum Beispiel die Türkei mit 10 Prozent, Russland mit 6 Prozent und Mexiko mit 5 Prozent, am unteren Ende der Verteilung.

## STRUKTURMODELL DER INNOVATIONSGENERIERUNG



## EFFIZIENZ IN DEN BEREICHEN WISSENSGENERIERUNG UND KOMMERZIALISIERUNG



Trotz vieler Ähnlichkeiten weicht die Kommerzialisierungseffizienz für einige Länder von der Wissensgenerierungseffizienz ab. Bei der Kommerzialisierungseffizienz liegen unter anderem die USA, Singapur sowie Australien mit 100 Prozent ganz vorne. Singapur gelingt es also, die Effizienzschwächen im Bereich Forschung durch hohe Effizienzen im Bereich Kommerzialisierung wieder auszugleichen. Die USA und Australien hingegen waren bereits in der Wissensgenerierungseffizienz sehr gut aufgestellt. Auffällig sind darüberhinaus zwei weitere Beobachtungen: Viele, insbesondere europäische Länder, die in der Wissensgenerierungseffizienz gut sind, fallen bei der Kommerzialisierungseffizienz zurück. So erreicht Deutschland bei der Kommerzialisierung nur 61 Prozent. Dänemark kommt auf 78 Prozent und Schweden auf 46 Prozent (Wissensgenerierungseffizienz von 87 Prozent). Ein ähnliches Bild zeigt sich für die Schweiz, die nur 55 Prozent erreicht. Andere Länder – darunter auch europäische – erzielen in der Wissensgenerierungs- und Kommerzialisierungseffizienz ähnliche Ergebnisse. Ein Beispiel ist Finnland mit einer Kommerzialisierungseffizienz von 88 Prozent und einer Wissensgenerierungseffizienz von 90 Prozent. Belgien liegt mit 56 Prozent und 53 Prozent im unteren Mittelfeld. Spanien erreicht bei der Kommerzialisierungseffizienz mit 89 Prozent sogar etwas bessere Werte als bei der Wissensgenerierung. Gleiches gilt für Portugal (85 Prozent vs. 64 Prozent).

Diese Observationen haben weitreichende innovationsökonomische Implikationen mit Blick auf das sogenannte europäische Paradox, also die Hypothese, dass die Schwäche Europas nicht in der Wissensgenerierung, sondern der Kommerzialisierung liegt: Interessanterweise sind die Länder, bei denen die Kommerzialisierungseffizienz deutlich niedriger ist als die Wissensgenerierungseffizienz tatsächlich auf Europa begrenzt (Deutschland, Schweden, Schweiz, Dänemark, Österreich, Großbritannien). Das europäische Paradox scheint also durchaus zu existieren. Allerdings sind zwei Einschränkungen dieser Interpretation wichtig. Erstens ist die Mehrheit der europäischen Länder nicht davon betroffen. Viele andere Länder in Europa, zum Beispiel Frankreich, Spanien, oder Ungarn, zeigen systematisch bessere Ergebnisse in der Kommerzialisierungseffizienz als in der Forschungseffizienz. Zweitens gehört die überschaubare Gruppe der Länder mit Anzeichen des europäischen Paradoxes zu den ökonomisch führenden Ländern. Ihnen gelingt es trotz der festgestellten Ineffizienzen, zumindest derzeit noch im Bereich der Kommerzialisierung und der Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen hohe Wohlstands niveaus zu erzielen. Die europäischen Länder ohne Hinweise auf ein europäisches Paradox liegen in der ökonomischen Leistungsfähigkeit weiter hinten.

Es ist aber festzuhalten, dass die festgestellte Kommerzialisierungsschwäche bei den ökonomisch führenden Ländern innerhalb Europas kein allgemeines Charakteristikum wirtschaftlich starker Länder ist. Wie bereits erwähnt sind Australien, die USA, Japan (im Mittelfeld) sowie Singapur nicht davon betroffen. Ein Grund liegt vermutlich in sehr gut ausgebauten Transfersystemen. In den USA zum Beispiel trägt die breite Verfügbarkeit von Wagniskapital zu einer schnellen kommerziellen Skalierung von wichtigen Innovationen bei. In der Tat weist außer Südkorea keines der außereuropäischen Länder im Vergleich ein Profil auf, in dem die Wissensgenerierungseffizienz deutlich niedriger als die Kommerzialisierungseffizienz liegt. Das absolute Gegenteil zeigt sich unter anderem in allen Schwellenländern, denen es gelingt, trotz nur sehr geringer Effizienzen in der Forschung zumindest mittelmäßige Werte bei der Kommerzialisierung zu erzielen. Hierunter fallen die Türkei, Südafrika und auch Russland. In diesem Sinne lassen sich in unseren Daten also durchaus Hinweise auf das Vorhandensein eines europäischen Paradoxes finden, das allerdings auf die führenden europäischen Wirtschaftsnationen in Mittel- und Nord-europa beschränkt bleibt.

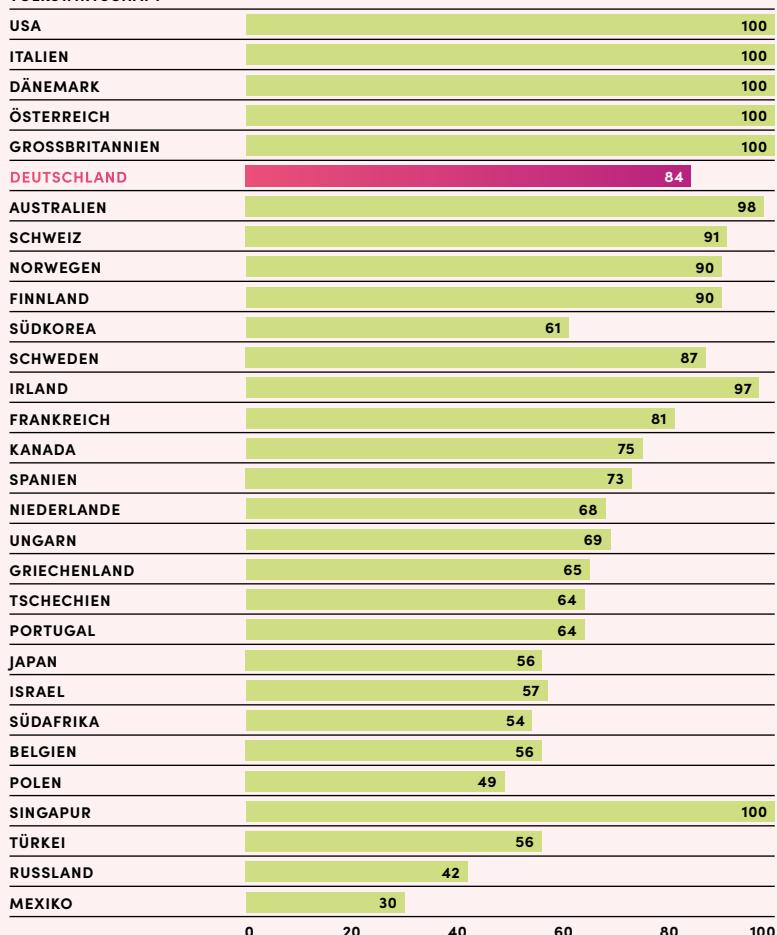
Blickt man abschließend auf die summarische Systemeffizienz, sieht man, dass sich in manchen Fällen die Systemeffizienz als mittlerer Wert zwischen Wissensgenerierungseffizienz und Kommerzialisierungseffizienz ergibt. Dies gilt zum Beispiel für Deutschland mit einer Systemeffizienz von 84 Prozent. Dieser Wert liegt zwischen seiner Wissensgenerierungseffizienz von 100 Prozent und seiner Kommerzialisierungseffizienz von 61 Prozent. Somit kann das starke Wissenschaftssystem die Kommerzialisierungseffizienzen zum Teil kompensieren. Allerdings limitiert die Kommerzialisierung das Gesamtsystem und führt dazu, dass Deutschland nicht die volle Effizienz erreicht. Deutschland müsste also seine Fähigkeit, Wissen in ökonomische Werte umzuwandeln, stärken. Ansätze können eine Stärkung des Transfers von Universitäten zur Wirtschaft oder aber die bessere Verfügbarkeit von Wagniskapital zur Skalierung innovativer Technologien sein.



## DEUTSCHLAND MUSS SEINE FÄHIGKEIT, WISSEN IN ÖKONOMISCHE WERTE UMZUWANDELN, STÄRKEN. «

### SYSTEMEFFIZIENZ

#### VOLKSWIRTSCHAFT



Die Sortierung des Rankings richtet sich nach der zur Wissensgenerierung auf der linken Seite.  
Quelle: Innovationsindikator 2025

## EFFIZIENZ HAT MEHRERE GESICHTER

Allerdings gibt es auch Fälle, in denen Ineffizienzen in einem Bereich durch den anderen komplett kompensiert werden können. Ein Beispiel ist Italien, das in der Systemeffizienz absolut effizient ist, obwohl es in der Kommerzialisierung mit 92 Prozent zumindest leichte Ineffizienzen aufwies. In anderen Ländern fallen die Effizienzen in beiden Subsystemen zusammen. So erreichten die USA sowohl bei der Wissensgenerierung als auch der Kommerzialisierung die volle Effizienz und sind somit auch bei der Systemeffizienz bei 100 Prozent. Heißt dies nun, dass Italien so leistungsfähig ist wie die USA? In der Tat sind beide Länder absolut effizient, allerdings auf sehr unterschiedlichen absoluten Outputniveaus. Ein Blick in die Methodenbox verdeutlicht das Problem. Eine technische Effizienz, wie sie DEA-Schätzer ermitteln, sagt nichts darüber aus, ob ein Land genug investiert und hinreichend skaliert. Es sagt nur etwas über den Abstand zur Produktionsfunktion bei gegebenen Inputs aus. So können auch Länder mit sehr begrenzten Inputs technisch effizient sein, wenn sie die geringen Inputs effizient nutzen. Aber dennoch ist ihr absolutes Leistungsniveau gering, weil sie zu wenig investieren. Dies dürfte auch für Italien gelten: Es wendet insgesamt (zu) wenig Ressourcen zum Beispiel für die Finanzierung des Wissenschaftssystems auf, was sich im Haufranking des Innovationsindikators zeigt, erzielt aber aus den geringen vorhandenen Investitionen gute Ergebnisse.

Einige andere Beobachtungen sind ebenfalls interessant: Die Schweiz erreicht 91 Prozent und kompensiert ihre Schwächen in der Kommerzialisierung durch ihr recht starkes Wissenschaftssystem. Da die Schweiz aber in keinem System absolut effizient war, würde wohl eine weitere Verbesserung sowohl eine weitere Stärkung des Wissenschaftssystems als auch der Kommerzialisierung erforderlich machen. Österreich erreicht trotz Schwächen in der Kommerzialisierung (51 Prozent) bei sehr starker Performance in der Wissenschaftseffizienz (100 Prozent) auch in der Systemeffizienz die vollen 100 Prozent. Hier gelingt es also, die Schwächen in einem Bereich komplett zu kompensieren. Auch Singapur schafft das. Bei Ländern wie Südafrika zeigt sich das genau umgekehrte Bild, dass nämlich die Schwächen durchschlagen. So lag Südafrika bei der Kommerzialisierung bei 94 Prozent und bei der Wissenschaft bei 54 Prozent. In der Systemeffizienz kommt es ebenfalls nur auf 54 Prozent. Das Engpasssystem ist also die Wissensgenerierung, ein Bild das sich in mehr oder weniger starkem Ausmaß für nahezu alle Schwellenländer im Innovationsindikator zeigt.

Insgesamt liefert diese Effizienzanalyse wichtige Hinweise darauf, wie effizient die Länder in der Nutzung ihrer Ressourcen sind. Außerdem gibt die Analyse Hinweise darauf, ob Schwächen beziehungsweise Stärken eher in der Wissensgenerierung oder der Kommerzialisierung liegen. Diese Analyse ist aber nur komplementär zum Innovationsindikator zu verstehen. Die Aussagen beziehen sich auf die reine Effizienz bei der Ressourcennutzung. Die Analyse zeigt nicht, ob die Länder hinreichend investieren. Darüber geben eher der Innovationsindikator beziehungsweise seine Einzelindikatoren Aufschluss.



**DIE SCHWEIZ KOMPENSIERT IHRE SCHWÄCHEN IN DER KOMMERZIALISIERUNG DURCH IHR RECHT STARKES WISSENSCHAFTSSYSTEM. «**

# EMPFEHLUNGEN

Die Ergebnisse dieses Kapitels haben gezeigt, dass neben den Investitionsniveaus auch in der Effizienz der Ressourcenverwendung zwischen den Ländern erhebliche Unterschiede bestehen. In vielen der ökonomisch führenden Länder Europas scheinen die Schwächen insbesondere beim Technologietransfer zu liegen. Gleichzeitig wird die Steigerung der Forschungseffizienz bei knapper werdenden öffentlichen Budgets immer wichtiger. Öffentliche Mittel müssen so eingesetzt werden, dass sie maximalen gesellschaftlichen Nutzen erzeugen. Das erfordert Priorisierung strategischer Themen, strengere Bewertungskriterien, bessere Koordination und gemeinsam genutzte Infrastruktur, um Doppelarbeiten zu vermeiden. Open Science, standardisierte Datenformate und digitale Prozesse verbessern die Wiederverwendbarkeit und reduzieren den Overhead. Bürokratieabbau und gezielte Public-private-Partnerships mobilisieren zusätzliche Ressourcen. Ergebnisorientierte Fördermodelle und klare Impact-Metriken lenken die Forschung auf anwendungsrelevante Lösungen, erhalten Exzellenz und steigern den Return öffentlicher Investitionen.

1

**Publikationsstärke** ist das dominierende Kriterium bei der Berufung auf eine (universitäre) Professur. Dies ist einerseits wichtig, um die Funktionsfähigkeit der akademischen Forschung aufrechtzuerhalten. Andererseits werden dadurch die Anreize für den Wissenstransfer geschwächt. Die gleichrangige Behandlung von Anwendungsorientierung in speziellen Transferprofessuren mit Schwerpunkt Wissens- und Technologie-transfer könnten die Trennung von Grundlagenforschung und Praxis überwinden, indem ein gewisser Teil der Professuren gezielt auf Brückefunktionen ausgerichtet wird – etwa moderierte Industriepartnerschaften oder Unterstützung bei Ausgründungen. So könnte gleichzeitig der Transfer institutionell gestärkt werden und eine Überfrachtung akademischer Anforderungsprofile vermieden werden.

**Bürokratie** behindert nicht nur die Wirtschaft, sondern verlangt auch der Wissenschaft einen hohen Ressourceneinsatz ab. Dies reicht von Berichtspflichten, über Monitoring-Aktivitäten bis hin zu Kontrollsystmen. Während es für die meisten Fälle gute Begründungen geben mag, ist in der Summe ein System entstanden, das zahlreiche Ressourcen bindet, die nicht für das Schaffen neuen Wissens zur Verfügung stehen. Wie in der Wirtschaft sollten auch in der Wissenschaft die Bürokratieanforderungen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden und konsequent jene Anforderungen reduziert oder abgeschafft werden, die hier nicht positiv abschneiden.

2

3

Die **Förderung von Scale-ups** ist entscheidend, um Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte zu überführen. Scale-ups schaffen technologische Reife, validierte Geschäftsmodelle und Produktionskapazitäten, ziehen Kapital, Talente und Zulieferernetzwerke an und senken Marktrisiken. Zentral ist die ausreichende Verfügbarkeit von Wagniskapital: Während Frühphasenrisikokapital in Deutschland und Europa durch verschiedene Maßnahmen (zum Beispiel Hightech-Gründerfonds) breiter zur Verfügung steht, sind die Zahl der Scale-ups und das Volumen von Wagniskapital nach wie vor gering. In der Scale-up-Phase wandern daher besonders vielversprechende Start-ups immer wieder in die USA ab und schaffen dort den aus ihren Erfindungen resultierenden ökonomischen Wohlstand.

## 5 – SCHWERPUNKT 2: OFFENHEIT

# WIE OFFEN SIND DIE SYSTEME?

Wissen ist die Grundlage aller Innovationen – ob technische Produktinnovationen, Prozessinnovationen, Dienstleistungsinnovationen oder neue Geschäftsmodelle. Die Komplexität des Wissens und die Menge des notwendigen Wissens für Innovationen steigen in vielen wissenschaftlichen und technologischen Bereichen deutlich – bisweilen exponentiell – an. Da aber einzelne Unternehmen oder auch einzelne Forschungseinrichtungen häufig weder diese Menge an aktuellem Wissen noch die große disziplinäre Vielfalt bereitstellen können, die für die entscheidenden Neuerungen notwendig sind, sind Kooperation und Austausch von Wissen mit anderen Unternehmen oder Organisationen essenziell.

Die Offenheit von Wissenschafts- und Innovationssystemen wurde bereits in den 1990er- und den frühen 2000er-Jahren propagiert. Die Konzepte von Chesbrough<sup>6</sup> oder von Hippel<sup>7</sup> fanden sowohl Anerkennung als auch Umsetzung und leiteten in vielen Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen ein Überdenken der bis dato gepflegten Kooperationsaktivitäten ein, mit dem Ziel, sich stärker zu öffnen und zu vernetzen. Die Konzepte fielen in die Zeit der Globalisierung und versprachen im Wesentlichen einen zügigen Fortschritt durch Kooperation und einen möglichst freien Fluss von Wissen. Obwohl die zentralen Konzepte weiterhin gelten, haben eine protektionistische Politik, das Ende der Globalisierung und geopolitische Spannungen seit dem letzten Jahrzehnt internationale Wissenschaftskooperationen verändert. Neue Schwerpunkte sind Forschungssicherheit und technologische Souveränität, was viele Länder zur Anpassung ihrer Strategien gezwungen hat.

Beim Thema Forschungssicherheit geht es um die Sicherung des Wissens, die Vermeidung der vorsätzlichen Manipulation von Forschungsergebnissen oder deren missbräuchliche Nutzung, nicht gewollte Wissensabflüsse durch Spionage und/oder Diebstahl sowie die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere – aber nicht

ausschließlich – im Bereich von sogenannten Dual-Use-Technologien, also solcher Technologien, die sowohl eine zivile als auch eine militärische Nutzung ermöglichen können.<sup>8</sup> Zahlreiche Länder, darunter Deutschland, haben solche Politikmaßnahmen auf den Weg gebracht oder sie bereits implementiert.<sup>9</sup>

Die zweite Dimension ist die der technologischen Souveränität, was so viel bedeutet wie Handlungsfreiheit in Bezug auf wesentliche staatliche und/oder gesellschaftliche Aufgaben, darunter Gesundheit, Energieversorgung, Kommunikation, Mobilität oder auch militärische und zivile Sicherheit. Letzen Endes geht es darum, einseitige Abhängigkeiten zu vermeiden und eigene Kompetenzen aufzubauen oder zu erhalten sowie Verlässlichkeit, Planbarkeit und Vertrauenswürdigkeit sicherzustellen.<sup>10</sup>

### DIE UNTERNEHMENS PERSPEKTIVE

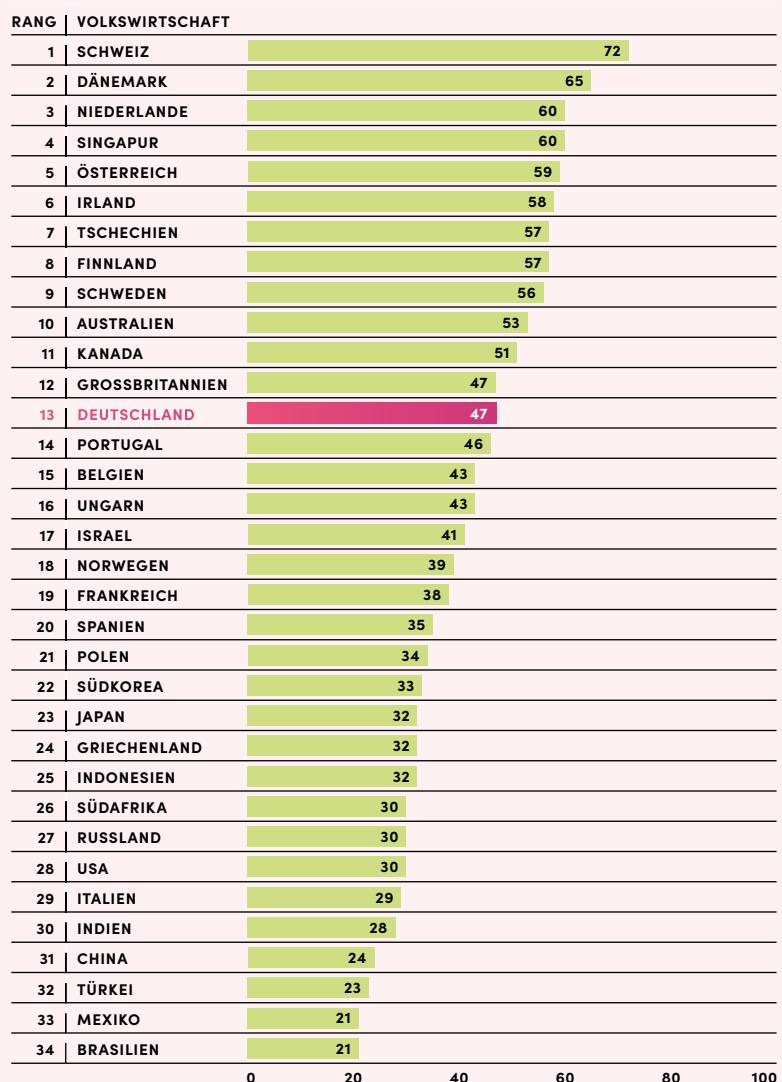
Diese Dimensionen sind auch für Unternehmen relevant. Hinzu kommt jedoch die Kostendimension. Insbesondere in Europa ist der Kostendruck auf die Entwicklung in den letzten Jahren stark gewachsen. Gleichzeitig steigt der Innovationsdruck auf europäische Unternehmen, unter anderem aufgrund des deutlich stärker gewordenen Innovationssystems in China. Unternehmen reagieren darauf einerseits mit Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Verlagerung von FuE-Zentren in Länder mit geringeren Lohnniveaus. Jedoch spielt auch die Nähe zu Märkten oder relevanten Technologieclustern bei der Verlagerung von FuE eine Rolle. Angesichts des zunehmenden Einflusses (geo-)politischer Erwägungen auf die Unternehmen ist teilweise eine Gegenbewegung wahrzunehmen, also dass Unternehmen Forschung zurückverlagern. Das ist aber kein allgemeiner Trend, weil sowohl der Kostendruck als auch die Attraktivität ausländischer Märkte sehr hoch bleiben. Zudem kann die Verlagerung von FuE-Aktivitäten im Sinne einer Local-for-local-Strategie zur Risikostreuung beitragen.

Die Unternehmen setzen also darauf, dass die Informationsflüsse zumindest innerhalb des Unternehmens weiterhin über Grenzen hinweg offen und möglich sind. Auch partnerschaftliche und Open-Innovation-Ansätze werden zur besseren und schnelleren Innovation eingesetzt, wenngleich dadurch das Risiko eines unfreiwilligen Technologietransfers besteht. Es ist deshalb wichtig, eine kluge Balance zwischen Offenheit und die Sicherheit der Forschung gewährenden Maßnahmen herzustellen. Denn die Einschränkung von Offenheit geht potenziell mit Kosten für die Gewährleistung von Forschungssicherheit wie auch höheren Kosten durch den Aufbau neuer (Technologie-)Kooperationen mit vertrauenswürdigeren Partnern einher. Dadurch steigen die Kosten für Innovationen, die Effizienz des Innovationssystems sinkt. Klar ist, dass die Gesamtkosten eines solchen Ansatzes insgesamt höher sind und damit die Effizienz des Innovationssystems reduzieren (weil in der Wissensgenerierungs- oder Kommerzialisierungsfunktion gegebenenfalls mehr Inputs aufgewendet werden müssen, um die gleichen Outputs zu erzielen).

## EU-PERSPEKTIVE

Die EU-Kompass-Strategie, die 2025 als Antwort auf den Draghi-Bericht von 2024 erschien, betont eine verstärkte Zusammenarbeit und fordert technologische Souveränität in Europa. „Der Handel mit Drittländern ist ein zentraler Faktor für den Wohlstand Europas. Ein hohes Maß an Handelsoffenheit ist daher nicht nur für die Erhaltung des Wohlstands in Europa, sondern auch für die Stärkung seiner Widerstandsfähigkeit von entscheidender Bedeutung.“ (eigene Übersetzung).<sup>11</sup>

## OFFENHEIT INSGESAMT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Die Datenlage lässt leider keine Berechnung der Indexwerte für Taiwan zu.  
Quelle: Innovationsindikator 2025

In seiner Stellungnahme im Jahr 2024 zur Veröffentlichung des Berichts zur Wettbewerbssituation in Europa<sup>12</sup> hob der Vorsitzende der Expertengruppe, Mario Draghi, hervor, wie offen die EU und die Mitgliedsländer einerseits und wie abhängig sie von einzelnen Technologien aus dem Ausland andererseits sind, insbesondere im Bereich von digitalen Technologien. Vor dem Hintergrund der sich ändernden Weltlage, in der etablierte Geschäftsmodelle mitunter nicht mehr funktionieren und geopolitische Herausforderungen wirtschaftliche Abhängigkeiten neu definieren, ist eine neue Perspektive sowohl auf die eigenen Ziele als auch die Offenheit und die Kooperationsbeziehungen notwendig.

## OFFENHEIT HEUTE

Offenheit von Wissenschaft, Forschung und Innovation bedeutet heute in erster Linie gezielte und intendierte Offenheit. Dabei werden sowohl die Forschungssicherheit als auch die technologische Souveränität explizit mitberücksichtigt. Das erklärte Ziel ist heute, nicht nur so offen wie möglich zu sein, sondern gleichzeitig so geschlossen wie nötig. Dabei muss allerdings stets bedacht werden, dass Offenheit und Kooperation einen Austausch in beide Richtungen implizieren. Wer offene Systeme erwartet, aber selbst verschlossen bleibt, wird damit langfristig kaum Erfolg haben.

Es wurden verschiedentlich Politikmaßnahmen und -ansätze eingeführt, die diese beiden zusätzlichen Dimensionen mitberücksichtigen. Zu Beginn dieses Jahrzehnts hat die deutsche Politik im Rahmen des sogenannten De-Riskings – einer kritischen Überprüfung von relevanten Themenbereichen und Kooperationsländern – Maßnahmen ergriffen, um die technologische Souveränität des Landes zu sichern und weiter auszubauen. Mit dem Europäischen Forschungsraum, der zwar bereits Mitte der 2000er-Jahre eingeführt, mit der Agenda von 2021 jedoch eine neue Entwicklungsrichtung und eine neue Sichtbarkeit erhalten hat, zielt auch die EU auf die Kooperation der Mitgliedsstaaten untereinander sowie mit den assoziierten Staaten ab.<sup>13</sup> Das erste Ziel der Politikagenda des Europäischen Forschungsraums (EFR) aus dem Jahr 2021 adressiert entsprechend einen offenen Wissensaustausch und die Verwendung von Forschungsergebnissen innerhalb des EFR.

Instrumente von Open Science aufseiten der Wissenschaft sind in erster Linie Open Access – damit ist der für Leserinnen und Leser möglichst freie Zugang zu wissenschaftlichen Zeitschriftenveröffentlichungen gemeint – sowie Open Data, was sowohl die Dokumentation von in wissenschaftlichen Veröffentlichungen verwendeten Daten als auch generell einen breiten Zugang zu wissenschaftlich nutzbaren Daten meint.

Die Offenheit von Wissenschafts- und Innovationssystemen ist kein Selbstzweck, sondern dient dem wissenschaftlichen Fortschritt und der technologischen Leistungsfähigkeit. Die Dimensionen von Offenheit reichen von wissenschaftlichem Austausch über FuE-Prozesse bis hin zur Diffusion von Innovationen und deren wirtschaftlicher Wirkung. Wir haben vier Gruppen von Indikatoren zusammengetragen, um die Offenheit der im Innovationsindikator betrachteten Länder zu vergleichen und die Entwicklung über die Zeit zu erfassen: wissenschaftlicher Austausch, technologischer Austausch, grenzüberschreitender Waren- und Finanzverkehr sowie gesellschaftliche Offenheit inklusive Mobilität (siehe Box).

## ERGEBNISSE

Ebenso wie beim Innovationsindex liegt auch beim Offenheitsindex die Schweiz an der Spitze mit 72 Punkten, gefolgt von Dänemark (65 Punkte). Im Anschluss daran findet sich eine Gruppe von Ländern bestehend aus den Niederlanden, Singapur, Österreich, Irland, Tschechien, Finnland und Schweden.<sup>14</sup> Die Gründe für das gute Abschneiden der einzelnen Länder sind dabei durchaus unterschiedlich. Neben inhaltlich-strukturellen Gründen schneiden kleinere Länder auch beim Offenheitsindex tendenziell besser ab. Dies liegt unter anderem daran, dass Organisationen in kleineren Ländern, wenn sie kooperieren, tendenziell mit dem Ausland kooperieren, da sie im Inland weniger wahrscheinlich passende Partner finden (siehe auch Box im Kapitel Innovationsfähigkeit). In diesem Kapitel wird allerdings nicht der Frage nachgegangen, welche die für die einzelnen Länder optimale Offenheit wäre, sondern sie werden entlang ihrer Intensität betrachtet.

In der Schweiz, den Niederlanden, Österreich, Dänemark und Schweden ist das jeweilige Wissenschaftssystem stark international vernetzt. Ebenfalls in der Schweiz, Irland, Finnland, Schweden und Dänemark tritt ein deutlich international ausgerichtetes FuE-System zusätzlich zum guten Abschneiden bei. Hinzu kommen bei Dänemark, den Niederlanden, der Schweiz sowie Schweden ein stark integrierter Waren- und Finanzverkehr. Singapur erreicht mittlere Rangplätze bei der Offenheit von Wissenschaft und Forschung. Es hat zwar hohe Anteile internationaler Ko-Publikationen, veröffentlicht aber vergleichsweise nur wenige Beiträge in Open-Access-Zeitschriften, steht aber beim Waren- und Finanzverkehr sowie der gesellschaftlichen Offenheit in unserem Vergleich an der Spitze. Das Land ist in der Tat multikulturell und dient vielen multinationalen Unternehmen als Ausgangsbasis für Märkte in Asien. Tschechien kann durch internationale Direktinvestitionen sowie international finanzierte und durchgeführte FuE im Land punkten.

## DIE INDIKATOREN DES INTERNATIONALEN VERGLEICHS VON OFFENHEIT VON WISSENSCHAFTS- UND INNOVATIONSSYSTEMEN

### Wissenschaftlicher Austausch

- 1 Anteil nationaler und internationaler Ko-Publikationen an allen wissenschaftlichen und technischen Artikeln (Quelle: Elsevier – Scopus)
- 2 Anteil von Open-Access-Publikationen an allen Veröffentlichungen eines Landes (Quelle: Elsevier – Scopus)
- 3 Anteil der im Ausland eingeschriebenen Studierenden an allen immatrikulierten Studierenden (Quelle: OECD – EAC)

### Technologischer Austausch

- 4 Ausländisch finanzierte FuE-Ausgaben insgesamt (Prozent des BIP) (Quelle: OECD – MSTI)
- 5 FuE von ausländischen Tochtergesellschaften (Prozent des BIP) (Quelle: OECD – DSD\_SBRD)
- 6 Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen (Quelle: EPO – PATSTAT)
- 7 Anteil internationaler PCT-Patentanmeldungen an allen nationalen Patentanmeldungen eines Landes (Quelle: EPO – PATSTAT)
- 8 IPR-Zahlungen (Prozent des BIP) (Quelle: Weltbank)
- 9 IPR-Einnahmen (Prozent des BIP) (Quelle: Weltbank)
- 10 GitHub-Repositories pro Kopf der Bevölkerung (Quelle: GitHub)

### Grenzüberschreitender Waren- und Finanzverkehr

- 11 Ausländische Direktinvestitionen, Nettozuflüsse (Prozent des BIP) (Quelle: Weltbank)
- 12 Ausländische Direktinvestitionen, Nettoabflüsse (Prozent des BIP) (Quelle: Weltbank)
- 13 Zahlungsbilanz als Prozent des BIP (Quelle: OECD)
- 14 Nettoauslandsvermögen (Prozent des BIP) (Quelle: Weltbank)
- 15 Importquote (Prozent des BIP) (Quelle: UN – COMTRADE)
- 16 Angewandter Zollsatz, gewichteter Mittelwert, alle Produkte (Prozent) (Quelle: Weltbank)

### Gesellschaftliche Offenheit und Mobilität

- 17 Rechtsstaatlichkeit (Quelle: Weltbank)
- 18 Arbeitsmarktteilnahme von im Ausland Geborenen in Prozent der Bevölkerung derselben Untergruppe (Quelle: OECD)
- 19 Inbound-Mobilitätsrate (Quelle: UIS UNESCO)
- 20 Zustrom ausländischer Bevölkerung (Quelle: OECD)
- 21 Möchte ... nicht gern als Nachbarn haben (Menschen anderer Herkunft; Einwanderer/Gastarbeiter; Homosexuelle; Menschen anderer Religion; Menschen, die eine andere Sprache sprechen) (Quelle: World Value Survey)

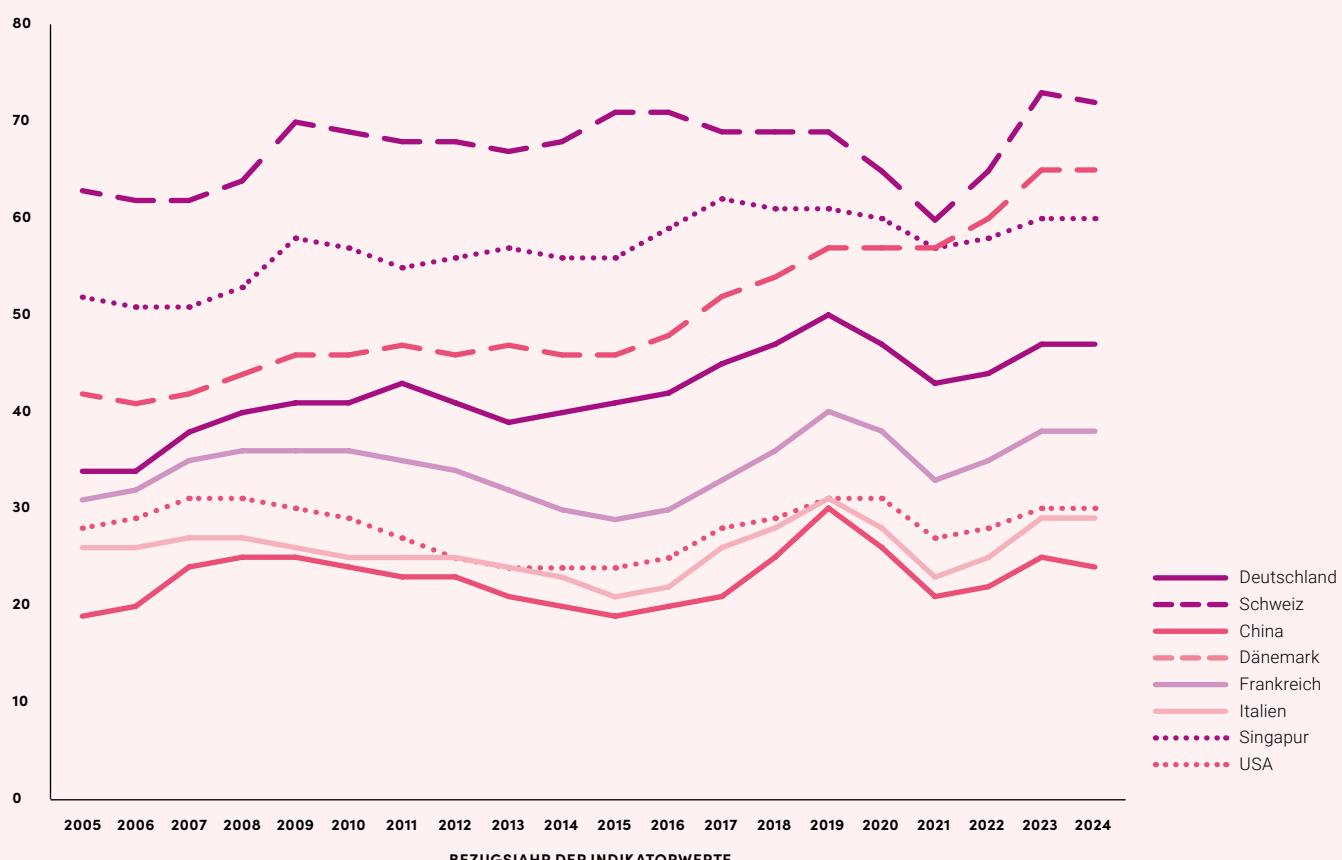
Es folgt ein breites Mittelfeld, dem sich Australien, Kanada, Großbritannien und auch Deutschland auf dem 13. Rang sowie auch Portugal, Belgien, Ungarn und Israel zuordnen lassen. Großbritannien kann bei der gesellschaftlichen Offenheit punkten, erreicht aber bei der Offenheit des Wissenschaftssystems sowie dem FuE-System mittlere und dem Waren- und Finanzverkehr leicht unterdurchschnittliche Werte, trotz der Brückenkopffunktion für US-amerikanische Unternehmen in den europäischen Markt. Hier kann mittlerweile Irland deutlich mehr punkten.

Deutschland hingegen hat ein besonders international ausgerichtetes Wirtschaftssystem (Waren- und Finanzverkehr) sowie auch ein durchaus offenes Wissenschaftssystem, kann jedoch bei den gesellschaftlichen Indikatoren nur wenig punkten. Zwar wird die Rechtsstaatlichkeit in Deutschland hoch bewertet, doch bei an-

deren Aspekten schneidet Deutschland schlecht ab. Dies gilt ganz besonders für die kulturelle Offenheit.

Belgien, das beim Innovationsindex im vorderen Mittelfeld abschneidet, ist bei der Offenheit lediglich auf Rang 15, aufgrund von mittelmäßigen Indexwerten bei der Offenheit von Wissenschaft, FuE sowie Waren- und Finanzverkehr, während es bei der Wirtschaftsstruktur und den gesellschaftlichen Indikatoren nur im unteren Bereich abschneidet. Zwar ist die Wissenschaft international sehr gut vernetzt, die Anteile von Open-Access-Publikationen und von ausländischen Studierenden sind jedoch im Vergleich zu den anderen betrachteten Ländern eher gering. Die Arbeitsmarktbeteiligung ausländischer Personen und zuletzt auch die Einwanderung aus dem Ausland erreichen lediglich Werte im unteren Bereich der Vergleichsländer.

## ENTWICKLUNG DES OFFENHEITSINDEX FÜR AUSGEWÄHLTE LÄNDER, GLEITENDE DREI-JAHRES-DURCHSCHNITTE, 2005–2024



Quelle: Innovationsindikator 2025



## CHINA HAT BEI DER INTERNATIONALEN INTEGRATION SEINES FORSCHUNGSSYSTEMS WEITERHIN DEUTLICHE DEFIZITE. «

Norwegen, Frankreich, Spanien, Polen und Südkorea erreichen Werte zwischen 39 und 33 Punkten, was sie auf den Plätzen 18 bis 22 einordnet. Polen zeichnet sich im Jahr 2024 durch eine durchschnittliche gesellschaftliche Offenheit und eine leicht überdurchschnittlich internationale integrierte Wirtschaft aus, was in erster Linie auf ausländische Direktinvestitionen sowie günstige Zollbeschränkungen zurückzuführen ist. Bei Wissenschaft und Forschung ist eine internationale Integration hingegen kaum sichtbar.

Japan folgt auf Rang 23 mit 32 Indexpunkten. Japan hat eine mittelmäßig offene Gesellschaft – es erreicht sehr hohe Werte bei der Offenheit gegenüber Minderheiten in der Nachbarschaft (World Value Survey) und bei der Rechtsstaatlichkeit. Es gelingt Japan jedoch vergleichsweise schlecht, sein Wissenschaftssystem und auch sein FuE-System international integriert aufzustellen. Beim Durchführen von FuE in Japan sind multinationale Unternehmen sehr zurückhaltend. Zwar sind beim Waren- und Finanzverkehr die Direktinvestitionen in Japan sowie aus Japan im Ausland durchaus hoch, bei den übrigen Indikatoren erreicht es jedoch nur mittlere oder niedrige Werte im internationalen Vergleich.

Griechenland und Indonesien folgen auf den weiteren Plätzen, ehe eine punktgleiche (30 Punkte) Gruppe bestehend aus Südafrika, Russland und den USA sowie davon etwas abgesetzt Italien (29 Punkte) und Indien (28 Punkte) die Rangplätze 26 bis 30 einnimmt. Die USA lassen sich damit nicht mehr dem oberen Mittelfeld zuordnen, denn sie erreichen mit 30 Punkten lediglich den 28. Rang beim Offenheitsindex. Das Wissenschaftssystem kann nach unseren Analysen nur als mäßig international kooperativ eingestuft werden. Bei den Ko-Publikationen – es werden sowohl internationale wie auch nationale Ko-Publikationen berücksichtigt – rangieren die USA im Mittelfeld, der Anteil von Open-Access-Publikationen aus den USA ist weiterhin sehr niedrig und auch die Anteile von ausländischen Studierenden sind als niedrig einzustufen. Letzteres liegt an niedrigen Anteilen von Bache-

lor- und Masterstudierenden, was vermutlich zu einem großen Teil den Studiengebühren in den USA geschuldet ist. Demgegenüber kommen Doktorandinnen und Doktoranden (PhD-Studierende) in den USA recht häufig aus dem Ausland. Es ist bekannt, dass die wissenschaftliche Forschung zu substanziellen Teilen von ausländischen PhDs getragen wurde und noch getragen wird. Das FuE-System der USA ist auch durchaus als international integriert einzustufen, nicht zuletzt weil eine Vielzahl multinationaler Unternehmen Forschungseinrichtungen in den USA unterhält. Beim Waren- und Finanzverkehr auf Basis der hier verwendeten Kennzahlen rangieren die USA im unteren Bereich des Länderrankings. Zwar schlagen hohe Indexwerte bei den Direktinvestitionen in den USA sowie von den USA im Ausland zu Buche, die Zahlungsbilanz, die Importquote (als Anteil der Importe am BIP) sowie das Nettoauslandsvermögen sind jedoch im Vergleich der hier betrachteten Länder niedrig. Es handelt sich dabei um Indikatoren, die am BIP normiert werden und durch das enorme BIP der USA entsprechend relativiert werden.

Am unteren Ende wird eine Gruppe von vier Ländern von China angeführt, zu der auch die Türkei, Mexiko und das Schlusslicht Brasilien gehören. China kann zwar bei den internationalen Ko-Publikationen punkten, im Bereich von Open-Access-Publikationen schneidet China allerdings am unteren Ende der Skala ab. Es hat daneben insbesondere bei der internationalen Integration seines Forschungssystems weiterhin deutliche Defizite, ebenso wie bei der gesellschaftlichen Offenheit. Der internationale Waren- und Finanzverkehr trägt zur Steigerung des Gesamtindex der Offenheit bei. Allerdings sind dies in erster Linie die Direktinvestitionen, die hier zu Buche schlagen und ein wenig auch die Zahlungsbilanz sowie das Nettoauslandsvermögen, während sowohl die Importquote am BIP als auch die Zollsätze die Werte nach unten ziehen.

Zwar sind die Positionen der Länder im Zeitverlauf vergleichsweise stabil, es gibt aber dennoch einige Entwicklungen über die Zeit, die erwähnenswert sind. Würden wir die Offenheit beziehungsweise Vernetzung nicht normiert

über den internationalen Vergleich, sondern über die Entwicklung für jedes der Länder für sich darstellen, dann würde sich insbesondere getrieben durch intensive Handelsverflechtungen und Investitionen beziehungsweise Auslandsvermögen ein Höhepunkt in der ersten Hälfte der 2010er-Jahre zeigen. Dieser Höhepunkt fällt zusammen mit dem Höhepunkt der Globalisierung, der sich ebenfalls zu Beginn des vergangenen Jahrzehnts terminieren lässt. Im Nachgang der Finanzkrise 2007/2008 setzte weltweit eine dynamische wirtschaftliche Entwicklung ein, die auf Spezialisierung und intensivem internationalem Handel aufbaute. In diese Zeit fällt auch der

Beginn einer dynamischen Entwicklung Chinas, die auf einer intensiven internationalen Arbeitsteilung (Werkbank der Welt) gepaart mit einem geplanten technologischen Aufholprozess beruht. Gleichzeitig setzen wissenschaftliche und technologische Entwicklungen ein, die nicht mehr länger ausschließlich vom Westen getrieben wurden, sondern zusehends auch in aufholenden (neben China sind hier insbesondere Indien und Brasilien zu nennen) beziehungsweise bereits aufgeschlossenen Ländern wie Singapur und Südkorea angetrieben wurden. Entsprechend haben sowohl internationale Unternehmen als auch Wissenschaftseinrichtungen sich mit Partnern im

ABBILDUNG 3: INNOVATIONS- UND OFFENHEITSINDEXWERTE, 2024



AT = Österreich, AU = Australien, BE = Belgien, BR = Brasilien, CA = Kanada, CH = Schweiz, CN = China, CZ = Tschechien, DE = Deutschland, DK = Dänemark, ES = Spanien, FI = Finnland, FR = Frankreich, GB = Großbritannien, GR = Griechenland, HU = Ungarn, ID = Indonesien, IE = Irland, IL = Israel, IN = Indien, IT = Italien, JP = Japan, KR = Südkorea, MX = Mexiko, NL = Niederlande, NO = Norwegen, PL = Polen, PT = Portugal, RU = Russland, SE = Schweden, SG = Singapur, TR = Türkei, US = USA, ZA = Südafrika

Die Datenlage lässt leider keine Berechnung der Indexwerte für Taiwan zu.

Quelle: Innovationsindikator 2025

Ausland auf verschiedene Weise vernetzt. Einerseits wollten gerade Unternehmen keine technologischen Trends und Neuerungen verpassen, das heißt, das Knowledge-Sourcing der Unternehmen hat sich deutlich verbreitert und geöffnet (Stichwort: Open Innovation). Andererseits zeichnete sich durch die gestiegerte Komplexität und die zunehmenden Kosten von Innovationsprozessen ein wachsender Kooperationsbedarf ab, der neben Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen auch zwischen Wissenschaftseinrichtungen zu erhöhten Kooperationen geführt hat. Bis zum Beginn der Coronakrise beziehungsweise dem Beginn des neuen Jahrzehnts waren die Indexwerte und damit die Intensität der Offenheit und der Vernetzung recht stabil. Mit dem Beginn des dritten Jahrzehnts ging die Offenheit dann aber verstärkt zurück, was einerseits durch die Coronapandemie und andererseits durch verstärkten Protektionismus und Ausrichtung auf technologische Souveränität begründet werden kann. Allerdings bleibt es für multinationale Unternehmen relevant – gerade solche mit FuE-Kapazitäten im Ausland – den Austausch zwischen Standorten sicherstellen zu können. Staatliche Ziele wie die nationale technologische Souveränität oder beispielsweise auch verschiedene regulative Eingriffe (extremes Beispiel ist das chinesische „Cybersecurity Law“<sup>15</sup>) stellen hier große Herausforderungen und vor allem Kostentreiber dar.

Um eine Bewertung der Entwicklung der Länder vorzunehmen, die unabhängig ist von den Phasen der Globalisierung beziehungsweise den auf internationalen Austausch durchschlagenden Effekten, führen wir hier einen normierten Vergleich durch. Die Kernfrage ist somit nicht, ob ein Land über die Zeit offener oder weniger offen wurde, sondern ob sich im Vergleich zu den allgemeinen Trends Intensivierungen (oder Rückentwicklungen) der Offenheit der Länder feststellen lassen. Entsprechend

dieser und der systemischen – das heißt in diesem Fall mehrdimensionalen und auf mehreren Indikatoren beruhenden – Perspektive finden sich im Zeitverlauf sehr stabile Trends. Dennoch haben einige Länder abweichend von diesen generellen Trends über die Zeit Entwicklungen genommen, die an dieser Stelle besonders betrachtet werden sollen. Im Vergleich zum Jahr 2005 verzeichnet Tschechien den höchsten Zuwachs bei den Indexwerten im Bereich Offenheit. Während nahezu alle Einzelindikatoren steigende Trends der Offenheit zeigen, sind es insbesondere ausländische Direktinvestitionen, vom Ausland finanzierte Forschungs- und Entwicklungsausgaben sowie von multinationalen Unternehmen durchgeführte FuE-Aktivitäten im Land, die zu einer deutlichen Steigerung des Offenheitsindex geführt haben und Tschechien auf den siebten Platz im Jahr 2024 befördern.

Auch Dänemark hat im Zeitverlauf deutlich zugelegt und sogar während der Coronakrise sein Niveau noch erhöhen können. Stetig nach oben ging es insbesondere seit Mitte der 2010er-Jahre im Bereich der wissenschaftlichen Integration (internationale Ko-Publikationen), aber auch bei den ausländischen Direktinvestitionen und der Arbeitsmarktbeteiligung von im Ausland Geborenen.

Interessant ist auch die Entwicklung der USA, die zwischen 2008 und 2016 sinkende Indexwerte zu verzeichnen hatten und von 2017 bis 2019 – dies fiel in die erste Amtsphase des Präsidenten Donald Trump – beim Indexwert sogar zulegen konnten, ehe dann ein „Coronaknick“ einsetzte. Direktinvestitionen im Land und auch Investitionen US-amerikanischer Unternehmen im Ausland sind ein wesentlicher Grund für das gute Abschneiden beziehungsweise die positive Entwicklung, ebenso wie Open-Source-Software-Repositorien, Studierende aus dem Ausland und libertäre gesellschaftliche Werte.



**STAATLICHE ZIELE WIE DIE  
NATIONALE TECHNOLOGISCHE  
SOUVERÄNITÄT STELLEN GROSSE  
HERAUSFORDERUNGEN DAR. «**

Deutschlands Offenheitsindex hat sich über weite Strecken der Beobachtungsperiode positiv entwickelt, bis auch hier im Jahr 2020 beziehungsweise 2021 die Effekte der Coronapandemie besonders sichtbar wurden. Die Entwicklung ist stark getrieben durch die Indexwerte der ausländischen Direktinvestitionen in Deutschland sowie auch im Ausland. Gleichzeitig sind aber auch Effekte im Wissenschaftssystem sichtbar, die sich mit der Einführung politisch-strategischer Ansätze in zeitlichen Zusammenhang bringen lassen. So wurde beispielsweise im Jahr 2017 die Internationalisierungsstrategie der Bundesregierung zu Wissenschaft und Forschung neu aufgelegt, die eine Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit zum Ziel hatte. Mit der Hightech-Strategie der Bundesregierung aus dem Jahr 2018 wurde erstmals explizit das Konzept von Open Science propagiert und damit der Grundstein für die noch heute verfolgten Open-Access- und Open-Data-Bemühungen gelegt.

Betrachtet man die Offenheit der nationalen Wissenschafts- und Innovationssysteme, wie wir sie hier abbilden, und die Innovationsfähigkeit, wie sie im ersten Teil dieses Berichts dargestellt ist, dann zeigt sich ein eindeutig positiver Zusammenhang, das heißt, je offener und international integrierter ein Land ist, umso größer ist auch die Innovationsfähigkeit. Zwar kann von den hier dargestellten Korrelationen nicht auf einen kausalen Zusammenhang geschlossen werden, allerdings ist ein Zusammenhang unübersehbar und entspricht den konzeptionellen Überlegungen, wie sie eingangs skizziert wurden.

Es zeigen sich jedoch im Zeitverlauf auch hier Veränderungen.<sup>16</sup> Während der Zusammenhang seit Beginn der Beobachtungsperiode im Jahr 2005 zugenommen hat, hat er sich ab circa dem Jahr 2020 wieder in die andere Richtung entwickelt, auch wenn er weiterhin hoch bleibt. Dies stützt die Annahme, dass zu Zeiten der Globalisierung die internationale Vernetzung und die Offenheit der Systeme einen starken und steigenden Beitrag zum Innovationserfolg geleistet haben, in der jüngeren Vergangenheit aber neue Perspektiven eingenommen wurden. Konzeptionell wurde es mit den beiden zusätzlichen Dimensionen der Forschungssicherheit und der technologischen Souveränität begründet, dass Offenheit und Kooperation vielerorts eine Neuausrichtung erfahren. Die Daten scheinen die These der Neuausrichtung zu stützen. Der Zusammenhang zwischen Offenheit und Innovationsfähigkeit geht ein wenig zurück, bleibt aber weiterhin hoch, wenngleich Effekte der Pandemie sowie der geopolitischen Krisen ebenfalls zu Buche schlagen.

Würde man eine lineare Trendlinie durch die Datenpunkte legen, dann wären Länder wie Singapur, Schweden, Finnland, Großbritannien, Deutschland, Israel, Frankreich, Spanien oder auch Japan auf oder in der Nähe dieser Linie verortet. Länder unterhalb der Linie erreichen eine hohe Innovationsfähigkeit trotz eines vergleichsweise niedrigeren Engagements bei Offenheit und Austausch. Hierzu gehören Belgien, Südkorea, China, Mexiko oder auch die USA. Umgekehrt finden sich Länder wie Dänemark, die Niederlande, Österreich, Australien, Kanada oder auch Tschechien, die ihre Offenheit nicht wie andere Länder durch eine entsprechende Leistungsfähigkeit bei Innovationen belohnen können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Korrelation zwischen Offenheit – wie wir sie hier gemessen haben – und der Innovationsfähigkeit von Ländern besteht. Allerdings haben sich die Bedingungen und auch die Zielrichtungen von internationaler Kooperation in Wissenschaft, Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft im Zeitverlauf verändert. Waren es in den 2000er- und 2010er-Jahren vor allem die Opportunitäten, die aus der Globalisierung erwachsen sind, so sind es spätestens seit der Coronapandemie und den geopolitischen Verwerfungen der jüngeren Vergangenheit nun stärker Sicherheits- und Souveränitätsaspekte, die Eingang in die politischen und strategischen Überlegungen gefunden haben. Es wird in allen Ländern vermutlich zukünftig eine Offenheit und einen internationalen Austausch geben, der nicht mehr nur Opportunitätsmanagement als Basis der Strategien hat, sondern deutlich stärker als in früheren Jahren eine Zielorientierung sowie Beiträge zur Souveränität zugrunde legt.

## EMPFEHLUNGEN

Für Deutschland ist Wissen der wichtigste Rohstoff. Vor diesem Hintergrund verfolgt die deutsche Politik seit Langem einen sehr offenen Internationalisierungs- und Kooperationsansatz von Wissenschaft und Forschung. Ungewollte Abflüsse von Wissen an Dritte können jedoch nachteilige Effekte haben. In der heutigen Situation haben Fragen von gemeinsamen Werten, Forschungssicherheit, technologischer Souveränität und Effekten auf die Wettbewerbsfähigkeit größere Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig machen die Dynamiken der globalen Wissensproduktion den internationalen Austausch noch wichtiger. Deutschland muss daher weiterhin international kooperieren, hat aber derzeit noch keinen Modus Operandi unter den neuen Rahmenbedingungen gefunden.

1

**Strategie:** Deutschland braucht eine neue Strategie für die internationale Zusammenarbeit, die Forschungssicherheit und technologische Souveränität bei gleichzeitig möglichst großer Offenheit sicherstellt. Ein selbstreferenzielles System, bei dem wir nur innereuropäisch oder mit wenigen Ländern außerhalb Europas kooperieren, können wir uns wissenschaftlich und aufgrund der Rückwirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit nicht leisten. Die derzeitige Situation der extremen Zurückhaltung in nahezu allen Disziplinen und Themen – die sich vor allem im Fehlen internationaler Kooperationsprogramme manifestiert – führt im Wesentlichen nur dazu, dass Deutschland abgehängt wird und die relevanten Länder außerhalb Europas andere Partnerschaften eingehen.

**Kulturwandel:** Die Berücksichtigung von Forschungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit kann nicht länger mit Verweis auf die Freiheit der Wissenschaft zurückgewiesen werden. In einem Dialog<sup>17</sup> haben sich Wissenschaft und Politik bereits auf Eckpunkte geeinigt. Es gilt jetzt, gemeinsam einen Kulturwandel zu schaffen und die Sensibilität zu erhöhen. Vor allem müssen Prozesse gestaltet werden, die dies sicherstellen. Allerdings muss nicht nur die Wissenschaft in die Verantwortung genommen werden, sondern dies gilt mindestens ebenso für Unternehmen. Kooperationen, aber auch Marktaktivitäten, die auf Wissen aus Deutschland aufbauen, sollten stets unter der Maßgabe des Nutzens für Deutschland bewertet werden.

2

3

**Rahmen für Unternehmen:** Offenheit von Innovationssystemen bedeutet auch, die Rahmenbedingungen für Unternehmen so zu gestalten, dass sie Wissen aus Deutschland für den Erfolg auf internationalen Märkten einsetzen können und gleichzeitig international verfügbares Wissen nach Deutschland holen. Eine Willkommenskultur kombiniert mit einfacheren und schnellen Visaverfahren ermöglicht den Zuzug von qualifiziertem Humankapital. Ausländische Studierende in Deutschland und deutsche Studierende im Ausland bilden die Basis des Wissensaustauschs und ermöglichen ein gegenseitiges kulturelles Verständnis.

## 6 – SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

# DÄNEMARK ÜBERNIMMT DIE FÜHRUNG

Nicht alle Technologien und Technologiefelder sind in ihrer wirtschaftlichen und technologischen Bedeutung gleichwertig. In der heutigen Zeit nehmen Schlüsseltechnologien eine besondere Rolle für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung ein. Eine etablierte Abgrenzung von Schlüsseltechnologien orientiert sich dabei an dem Querschnittscharakter sowie an deren Disruptionspotenzial für einzelne Branchen und Märkte.<sup>18</sup> Einerseits gibt es solche Schlüsseltechnologien, die für eine Vielzahl an Branchen oder für andere Technologiefelder von generellem Nutzen sind, das heißt, es sind Querschnittstechnologien, die einen ermöglichen Charakter haben (General Purpose Technologies). Etablierte Querschnittstechnologien wie Mikroelektronik und medizinische Biotechnologie bieten bereits viele ausgereifte Lösungen, sie entwickeln sich jedoch dynamisch weiter. Eine der dynamischsten Querschnittstechnologien ist die künstliche Intelligenz (KI). Sie durchdringt nahezu alle Bereiche und zeigt bereits für viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) eine konkrete Wettbewerbsrelevanz. Diese Technologie ist äußerst vielfältig und entwickelt sich rasant, unterstützt durch eine Vielzahl von Anwendungsfällen.

Andererseits gibt es solche Schlüsseltechnologien, denen in erster Linie ein großes wirtschaftliches Potenzial und die Erschließung neuer Märkte unterstellt werden. Hierzu gehören beispielsweise Energietechnologien, Nachhaltigkeitstechnologien oder auch moderne Produktions-technologien (Industrie 4.0). Während die erstgenannte Art von Schlüsseltechnologien das wirtschaftliche und gesellschaftliche Leben in zahlreichen Bereichen bereits durchdringt und eine konkrete Wettbewerbsrelevanz hat, hat die zweitgenannte Gruppe von Schlüsseltechnologien derzeit in erster Linie das Potenzial, Verbesserungen und Effizienzsteigerungen von bereits in vielen Bereichen ausgereiften Lösungen zu bieten. Für beide hier genannten Technologietypen gibt es aktuell Märkte beziehungsweise wirtschaftliche Effekte von bereits entwickelten technologischen Anwendungen. Bisweilen wird eine dritte Gruppe von Technologien den Schlüsseltechnologien zugerechnet, die zukünftig das Potenzial haben, eigene

Märkte zu schaffen oder bestehende Märkte gänzlich zu verändern. Hierzu gehören beispielsweise Quantentechnologien oder auch die sogenannte Kalte Fusion.

In diesem Teil des Innovationsindikators geht es darum, die Potenziale der Länder beim Hervorbringen und der Adressierung von Schlüsseltechnologien zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und zur Erzielung wirtschaftlicher Effekte zu untersuchen. Daher fokussieren wir uns hier auf die beiden erstgenannten Typen, während Schlüsseltechnologien, die erst in Zukunft in der Breite marktrelevant werden, an dieser Stelle außen vor bleiben. Insgesamt betrachten wir sieben Technologien beziehungsweise Technologiefelder, die in einzelnen Branchen oder in mehreren Branchen eine Schlüsselrolle einnehmen und auf Basis einer langfristigen Perspektive und mit besonderer Relevanz für Deutschland und die EU ausgewählt wurden. Die Auswahl folgte den oben genannten konzeptionellen Überlegungen zum Charakter von Schlüsseltechnologien. Die im Innovationsindikator betrachteten Technologiefelder sind: digitale Hardware, digitale Vernetzung, neue Produktionstechnologien, Energietechnologien, neue Werkstoffe, Biotechnologie sowie die Kreislaufwirtschaft, die wir technologisch in erster Linie durch Recyclingtechnologien abbilden. Im Folgenden werden zunächst zusammenfassend über alle sieben Bereiche hinweg die Indexwerte der hier betrachteten Länder berichtet und diskutiert, ehe dann in den folgenden Abschnitten jede der sieben Technologien für sich erörtert wird.

### INDEX DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT BEI SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN INSGESAMT

Fasst man die Ergebnisse der sieben Schlüsseltechnologien zusammen, dann zeigt sich eine über die Zeit recht stabile Rangordnung, bei der die einzelnen Länder nur geringen Änderungen und Verschiebungen unterliegen. Allerdings hat die Pandemie bei vielen Ländern sehr unterschiedliche Spuren hinterlassen und geopolitische Konflikte und globale ökonomische Unsicherheiten

## 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
- Markenanmeldungen am Europäischen Amt für geistige Eigentumsrechte (European Intellectual Property Office, EUIPO) im Bereich der einzelnen Schlüsseltechnologien
- Für die Frühphase eingesetztes Venture-Capital (alle VC-Investitionen, inklusive Series C und D) 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 computerimplementierter Erfindungen (Softwarepatente) an allen Erfindungen im Bereich der jeweiligen Schlüsseltechnologie



## DEUTSCHLAND GEHÖRT BEI VIER VON SIEBEN TECHNOLOGIEFELDERN ZU DEN TOP-5-LÄNDERN. «

### SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN: GESAMTRANKING DER VOLKSWIRTSCHAFTEN

RANG	2007	2010	2015	2020	2024
1	SCHWEIZ	SCHWEIZ	SCHWEIZ	FINNLAND	DÄNEMARK
2	JAPAN	JAPAN	FINNLAND	JAPAN	SCHWEIZ
3	USA	FINNLAND	JAPAN	SCHWEIZ	SÜDKOREA
4	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND	DEUTSCHLAND	SINGAPUR	DEUTSCHLAND
5	SINGAPUR	USA	USA	DÄNEMARK	SCHWEDEN
6	SCHWEDEN	SINGAPUR	SINGAPUR	CHINA	JAPAN
7	DÄNEMARK	SCHWEDEN	SCHWEDEN	DEUTSCHLAND	SINGAPUR
8	FINNLAND	DÄNEMARK	DÄNEMARK	SCHWEDEN	FINNLAND
9	NIEDERLANDE	NIEDERLANDE	SÜDKOREA	SÜDKOREA	CHINA
10	IRLAND	IRLAND	IRLAND	USA	NIEDERLANDE
11	ÖSTERREICH	ÖSTERREICH	NIEDERLANDE	IRLAND	USA
12	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN	CHINA	NIEDERLANDE	ÖSTERREICH
13	ISRAEL	BELGIEN	ÖSTERREICH	GROSSBRITANNIEN	GROSSBRITANNIEN
14	BELGIEN	CHINA	GROSSBRITANNIEN	ÖSTERREICH	IRLAND
15	FRANKREICH	SÜDKOREA	BELGIEN	ITALIEN	ITALIEN
16	KANADA	FRANKREICH	SPANIEN	BELGIEN	NORWEGEN
17	CHINA	NORWEGEN	FRANKREICH	ISRAEL	INDIEN
18	NORWEGEN	ISRAEL	PORTUGAL	SPANIEN	GRIECHENLAND
19	ITALIEN	PORTUGAL	ISRAEL	NORWEGEN	BELGIEN
20	SPANIEN	KANADA	KANADA	FRANKREICH	FRANKREICH
21	SÜDKOREA	SPANIEN	NORWEGEN	AUSTRALIEN	SPANIEN
22	AUSTRALIEN	AUSTRALIEN	ITALIEN	INDIEN	ISRAEL
23	INDIEN	TSCHECHIEN	UNGARN	TSCHECHIEN	TSCHECHIEN
24	GRIECHENLAND	ITALIEN	AUSTRALIEN	KANADA	AUSTRALIEN
25	BRASILIEN	GRIECHENLAND	INDIEN	PORTUGAL	PORTUGAL
26	TSCHECHIEN	BRASILIEN	TSCHECHIEN	POLEN	POLEN
27	POLEN	INDIEN	MEXIKO	UNGARN	KANADA
28	RUSSLAND	RUSSLAND	POLEN	GRIECHENLAND	BRASILIEN
29	PORTUGAL	POLEN	BRASILIEN	SÜDAFRIKA	UNGARN
30	SÜDAFRIKA	SÜDAFRIKA	RUSSLAND	RUSSLAND	INDONESIEN
31	UNGARN	MEXIKO	SÜDAFRIKA	INDONESIEN	SÜDAFRIKA
32	TÜRKEI	UNGARN	TÜRKEI	BRASILIEN	RUSSLAND
33	MEXIKO	TÜRKEI	GRIECHENLAND	MEXIKO	TÜRKEI
34	INDONESIEN	INDONESIEN	INDONESIEN	TÜRKEI	MEXIKO

Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

tragen zu verstärkten Verschiebungen bei, insbesondere beim Handel und beim Warenaustausch. Hinzu kommt, dass zahlreiche Länder versuchen – wenngleich mit unterschiedlicher Ausrichtung und Schwerpunktsetzung –, diese Schlüsseltechnologien in ihrem nationalen Innovationssystem zu platzieren und zu entwickeln. Dieser erste Abschnitt dieses Kapitels befasst sich mit der zusammenfassenden Betrachtung und erlaubt daher in erster Linie eine breite Bewertung der grundlegenden Ausrichtung auf Schlüsseltechnologien.

Dänemark belegt erstmals den ersten Platz. Es liegt bei zwei der sieben Schlüsseltechnologien an erster Stelle (Energie- und Biotechnologie) und bei drei weiteren unter den Top-10-Ländern in unserem Vergleich. Bei digitaler Hardware und bei neuen Materialien liegt es jedoch lediglich knapp oberhalb der Mitte der 34 Vergleichsländer. Dänemark hatte sich von einer guten Platzierung, beispielsweise einem sechsten Platz im Jahr 2018, an die Spitze gearbeitet. Dänemark kann damit ein auf Schlüsseltechnologien besonders ausgerichtetes und gut über die Innovationsstufen integriertes nationales Innovationssystem vorweisen. Das System baut vor allem auf einem starken und breit aufgestellten Wissenschaftssystem auf und setzt Schwerpunkte in einigen Kernbereichen.

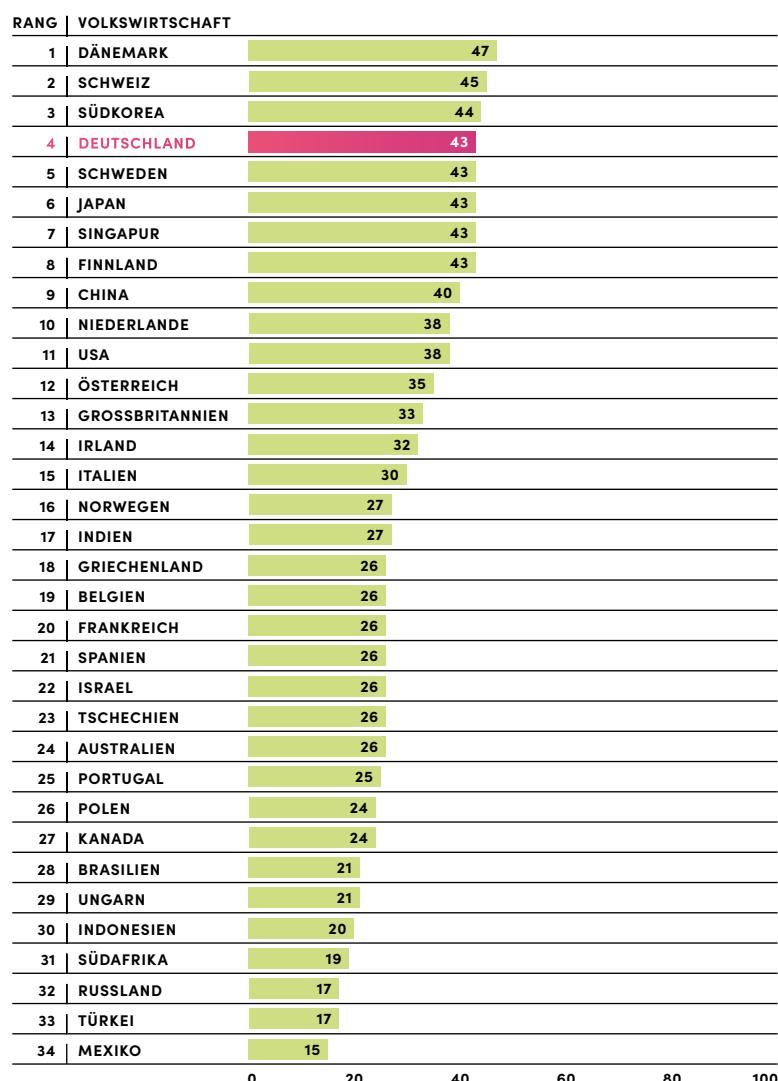
Die Schweiz rangiert an zweiter Stelle bei den Schlüsseltechnologien nur knapp hinter Dänemark. In diesem Jahr ist die Schweiz in keiner der betrachteten Schlüsseltechnologien an der Spitze – im vergangenen Jahr belegte die Alpenrepublik bei Produktionstechnologien den vordersten Platz –, gehört aber in allen sieben Technologien zu den Top-8-Ländern. Auch in der Schweiz basiert der Erfolg des Innovationssystems zu einem Großteil auf einem exzellenten Wissenschaftssystem, das auf eine industrielle Basis trifft, die mit dieser Wissenschafts- und Forschungsexzellenz umzugehen weiß. Von einem bevölkerungsmäßig kleinen Land wie der Schweiz (oder auch Dänemark) kann man aufgrund der Notwendigkeit der Spezialisierung und der Fokussierung der Ressourcen kein breites Technologieprofil erwarten. Dass die Schweiz bei den Schlüsseltechnologien so gut abschneidet, belegt ihre deutliche Ausrichtung auf Hochtechnologie und Innovation, während Lowtech-Bereiche im Profil der Schweiz so gut wie nicht vorhanden sind.

Südkorea liegt an dritter Stelle mit 44 Indexpunkten. Das Land steht bei digitaler Hardware an der Spitze und gehört bei allen anderen Technologien, mit Ausnahme der Kreislaufwirtschaft, zu den Top-8-Ländern in unserem Vergleich. In Südkorea finden sich häufig hohe Patentzahlen und auch hohe Anteile von computerimplementierten Erfindungen, was die Ausrichtung auf digitale Prozesse unterstreicht.

Es folgt eine Gruppe von punktgleichen Ländern (Unterschiede zeigen sich lediglich in den Nachkommastellen), zu der Deutschland, Schweden, Japan, Singapur und Finnland gehören. Deutschland gehört bei vier von sieben Technologiefeldern zu den Top-5-Ländern und kann bei

der Kreislaufwirtschaft sogar den ersten Rang belegen. Lediglich bei Biotechnologie schneidet Deutschland nur im Mittelfeld ab. Gründe hierfür zeigen sich in der gesamten Innovationskette (siehe Darstellung im Kapitel). Insgesamt zeigt sich die starke Exportorientierung des Landes in zumeist positiven Handelsbilanzsalden. Ausgeprägte Patent- und Markenprofile stützen diese Orientierung auf internationale Märkte. Gleichzeitig bleibt die Digitalisierung der deutschen Waren und Dienstleistungen hinter den in zahlreichen anderen Ländern zurück, wie beispielsweise die Anteile an computerimplementierten Erfindungen (Softwarepatente) belegen. Dies droht auch die angestammten Stärken Deutschlands zu untergraben, beispielsweise im Bereich neuer Produktionstechnologien, wo es in diesem Jahr erstmals nicht unter den Top-3 zu finden ist, was allerdings kurzfristig in Handelshemmnissen und der globalen wirtschaftlichen Lage

## SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN INSGESAMT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN\*



\*Die Datenlage lässt leider keine Berechnung der Indexwerte für Taiwan zu.

Quelle: Innovationsindikator 2025

aufgrund der internationalen Orientierung Deutschlands begründet ist, langfristig möglicherweise jedoch durch eine vergleichsweise geringe Diffusion digitaler Prozesse konsolidiert werden könnte.

Japan schneidet bei der Innovationsfähigkeit, die im vorangegangenen Kapitel dargestellt wurde, weniger gut ab, kann aber bei Schlüsseltechnologien eine starke Position dokumentieren und unterstreicht damit seine ausgeprägte Ausrichtung auf einige der Querschnittstechnologien unserer Zeit. Lediglich bei Biotechnologie und auch bei digitaler Vernetzung (vor allem Kommunikationstechnologien) befindet sich Japan nicht unter den Top-7-Ländern unseres Vergleichs. Zu den generellen Schwächen des Systems gehört ein nach internationalen Maßstäben wenig performantes Wissenschaftssystem, während Patente und Außenhandel die technologischen Stärken stützen. Insbesondere in den Bereichen Materialien (unter anderem Batterien), Produktionstechnologien und digitale Hardware (Mikroelektronik) nimmt Japan eine führende Rolle ein. Insgesamt steht Japan jedoch vor der Herausforderung, seine Innovationskraft in Schlüsseltechnologien zu stärken, um global wettbewerbsfähig zu bleiben. Singapur hatte in den Jahren 2022 und 2023 den ersten Platz belegt und ist nun wieder sogar hinter das Vorpandemie-Niveau zurückgefallen. Gründe hierfür finden sich neben der Enge des Feldes in erster Linie bei der Handelsbilanz in den Bereichen neue Materialien, Biotechnologie und Kreislaufwirtschaft, während Singapur in mehreren der Schlüsseltechnologien bei Patenten und Publikationen leicht zulegen konnte.

China reiht sich hinter der genannten Gruppe auf Platz 9 ein. Die generelle Dynamik Chinas über die Zeit zeigt sich dabei auch in der Zusammensetzung der sieben Schlüsseltechnologien, hatte jedoch in den letzten Jahren aufgrund der Pandemie und der globalen Wirtschaftslage stark schwankende Effekte hinzu. Bei digitaler Hardware (vor allem Chips) und Produktionstechnologien gehört China nicht zu den Top-10-Ländern, ist aber bei Energietechnologien und Materialien Dritter und bei Biotechnologie mittlerweile Fünfter im Vergleich der 34 Länder. Der wissenschaftliche Output ist in allen diesen Schlüsseltechnologien absolut gesehen der höchste weltweit, das heißt, das chinesische Wissenschaftssystem ist stark auf diese anwendungsorientierten Disziplinen fokussiert und kann in allen Bereichen kritische Massen an Forschungskapazitäten vorweisen. Die ausgeprägte Exportorientierung des Landes basiert auf der Erschließung zahlreicher internationaler Märkte sowohl durch Kostenvorteile, aber zusehends eben auch durch ein starkes Kompetenzprofil. In den meisten der hier betrachteten Technologiefelder hat China also den Schritt zu einer innovationsgetriebenen Volkswirtschaft bereits vollzogen.

Die Niederlande sind Zehnte, punktgleich mit den USA. Die USA stehen bei Biotechnologie an zweiter Stelle und bei der Kreislaufwirtschaft an fünfter, bei den anderen hier betrachteten Schlüsseltechnologien gehören sie jedoch nicht zu den Top-10-Ländern. Dies liegt zum Teil

auch daran, dass wir in den Analysen Lizenzzahlungen für geistige Eigentumsrechte auf der Ebene der einzelnen Technologien nicht berücksichtigen können. Insofern ist die Leistungsfähigkeit der USA gerade in den digitalen Technologien vermutlich leicht unterschätzt. Allerdings zeigt sich auch bei den Schlüsseltechnologien, dass das Wissenschaftssystem der USA in der Breite keine ausgeprägte Ausrichtung und auch keine über die Größe des Landes normierte Leistungsfähigkeit vorweisen kann. Ja, es gibt die besonders forschungs- und transferstarken Universitäten und es gibt natürlich auch die Bigtech-Konzerne. Im Vergleich mit anderen Ländern ist die Wissenschaftsproduktion daher in der Spur sehr gut, in der Breite aber eben unterdurchschnittlich. Hinzu kommt das große Handelsdefizit der USA, das sich auch in fast allen hier betrachteten Technologien zeigt, das heißt, die USA haben eine höhere Nachfrage nach diesen Technologien, als sie selbst in der Lage sind zu produzieren. Das schafft einerseits Abhängigkeiten, unter anderem auch von China, und verursacht andererseits Zahlungen an das Ausland, das heißt, es wird Wertschöpfung an anderer Stelle finanziert.

Die obere Hälfte des Feldes wird komplettiert durch die Länder Österreich, Großbritannien, Irland und Italien. Italien schafft es gerade so in zwei der sieben Technologien unter die Top-10 (neue Materialien und Kreislaufwirtschaft) und befindet sich in zwei der Technologien nicht unter den Top-20 (digitale Vernetzung und Biotechnologie), was in der Summe keine explizite Ausrichtung auf die Schlüsseltechnologien attestiert. In einigen Bereichen lassen sich wissenschaftliche Aktivitäten identifizieren, die den hier betrachteten Technologien zugeordnet werden können. Eine spezifische Ausrichtung – weder relativ noch absolut – lässt sich aber auch hier für Italien nicht feststellen.

Norwegen führt eine große Gruppe von Ländern mit sehr ähnlicher Punktzahl an (27 bis 24 Punkte), die vom 16. bis zum 27. Platz reicht. Dieser Gruppe gehören Indien, Griechenland, Belgien, Frankreich, Spanien, Israel, Tschechien, Australien, Portugal, Polen und schließlich Kanada an.

Frankreich hat ähnlich wie Italien keine Ausrichtung auf die hier untersuchten Schlüsseltechnologien, weder wissenschaftlich noch technologisch. Die Mitte 2024 veröffentlichte Investitionsstrategie France2030 adressiert eine Reihe von Infrastrukturinvestitionen, aber auch einige innovationsrelevante Themen, darunter die Entwicklung der Biomedizin oder die Dekarbonisierung der Industrie. Ein zentraler Baustein der Dekarbonisierung ist die Produktion von Wasserstoff mithilfe von Atomenergie. Parallel soll aber auch in erneuerbare Energien investiert werden. Eine Wirkung dieser Strategie kann bisher noch nicht erwartet werden, eine Verschiebung des Fokus auf die hier betrachteten Schlüsseltechnologien ist allerdings in dieser Strategie auch nicht ablesbar. In den meisten Bereichen findet sich auch ein Handelsdefizit, so dass insgesamt festgehalten werden kann, dass in Frankreich große Abhängigkeiten vom Ausland bei Schlüsseltechnologien bestehen und weder eigene Kompetenzen

noch eigene Kapazitäten vorhanden sind. Frankreich erreicht als beste Platzierung einen zehnten Rang bei digitaler Hardware, was zumindest in Teilen die Stärken in der Mikroelektronik der 1980er- und 1990er-Jahre zu konservieren scheint. Bei allen anderen Technologien rangiert Frankreich deutlich im unteren Teil des Länderrankings. Im Zeitverlauf hat Frankreich in der Gesamtschau der Schlüsseltechnologien auch deutlich an Platzierungen eingebüßt.

Am unteren Ende stehen vor allem die sogenannten aufholenden Länder wie Brasilien, Südafrika oder auch Ungarn sowie Länder, die bisher noch kein breites Innovationssystem entwickeln konnten. Dies sind Indonesien, Russland, Türkei und Mexiko. Ungarn bleibt damit in der gesamten Leistungsfähigkeit zwar hinter den anderen hier betrachteten EU-Ländern zurück, kann sich aber in einzelnen Technologiefeldern im Mittelfeld platzieren, hierzu gehören digitale Vernetzung, Energietechnologien, neue Materialien und auch Biotechnologie. Zwar kann Ungarn bisher nicht auf eine starke Wissens- und Technologiegenese aufbauen, das heißt, bei Publikationen und Patenten ist das Land meist nicht auf internationalem Niveau angekommen. Es kann aber bei einigen der Technologien als Produktionsstandort Erfolge vorweisen und wenn es gelingt, die Wissensproduktion damit zu verknüpfen, dann kann auch in Ungarn eine entsprechende Dynamik einsetzen.

Einige der europäischen Länder schneiden bei den einzelnen Schlüsseltechnologien durchaus gut ab, sodass von einer innerhalb der EU vorhandenen technologischen Basis über alle betrachteten Schlüsseltechnologien gesprochen werden kann. Allerdings sind es häufig nur wenige

und auch nur hinsichtlich der Bevölkerung und damit der gesamteuropäischen Wirtschaftskraft kleine Länder, die hier zu nennen wären. Im Bereich digitaler Technologien (Hardware und Vernetzung) sind dies beispielsweise Irland, Österreich, Finnland oder Schweden sowie in Teilen auch Dänemark. Länder wie Frankreich oder Italien schneiden bestenfalls bei einzelnen Schlüsseltechnologien im oberen Mittelfeld ab, meist jedoch deutlich weiter hinten. Einzig Deutschland kann sich in einigen Technologien behaupten und Platzierungen im vorderen Bereich oder gar unter der Spitzengruppe sichern. Lediglich bei Biotechnologie und den digitalen Technologien werden von Deutschland Rangplätze im Mittelfeld oder leicht dahinter erreicht.

Bezogen auf die hier betrachteten Schlüsseltechnologien müsste es bei hinreichender Koordination und Kooperation der EU als Ganzes möglich sein, sowohl ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erreichen als auch ihre technologische Souveränität zu sichern. Der europäische Forschungsraum ebenso wie die öffentlich-privaten Partnerschaften in einzelnen Technologiebereichen – die sogenannten Important Projects of Common European Interest (IPCEIs) – sollen dabei helfen, diese Ziele zu erreichen. Die Fragmentierung des europäischen Binnenmarktes bleibt allerdings weiterhin ein Hindernis, da bei Schlüsseltechnologien, noch mehr als bei anderen Technologien, kritische Massen, Marktentwicklung und Skalierung zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von entscheidender Bedeutung sind. Die Europäische Kommission hat unter anderem diese Herausforderungen zwar erkannt, konnte bisher aber noch keine Breitenwirkung erzielen, wengleich die genannten Politikansätze durchaus vielversprechend zu sein scheinen.



**IN DER EU IST EINE HINREICHENDE KOORDINATION UND KOOPERATION NÖTIG, UM IHRE WETTBEWERBS-FÄHIGKEIT UND TECHNOLOGISCHE SOUVERÄNITÄT ZU ERREICHEN. «**

## 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, werden aber auch in weiteren Schlüsseltechnologiebereichen wie digitale Vernetzung und insbesondere im Bereich der künstlichen Intelligenz benötigt. Neben der Leistungsfähigkeit der Chips haben sich in der jüngeren Vergangenheit insbesondere Herausforderungen bei der Kühlung sowie dadurch auch dem Energieverbrauch der Chips als wichtige Faktoren gezeigt.

Im Jahr 2024 hat sich im Bereich digitaler Hardware Südkorea knapp an die Spitze gesetzt vor dem bisher führenden Japan, was gegenüber dem Vorjahr eine Verbesserung um fünf Rangplätze darstellt.<sup>19</sup> Auch Singapur hat sich noch vor Japan auf den zweiten Rang geschoben. Für Südkorea lassen sich im Jahresvergleich bei allen Indikatoren leichte Verbesserungen feststellen, der Handelsbilanzsaldo und der Anteil computerimplementierter Erfindungen haben jedoch wesentlich für den Sprung an die Spitze gesorgt. Singapur hat nahezu identische Werte wie im Vorjahr und weil Japan im Gegenzug Indexwerte beim Handelsbilanzsaldo verliert, aber sonst ebenfalls stabil bleibt, kann Singapur vorbeiziehen. Allerdings trennt die drei führenden Länder lediglich ein Punkt.

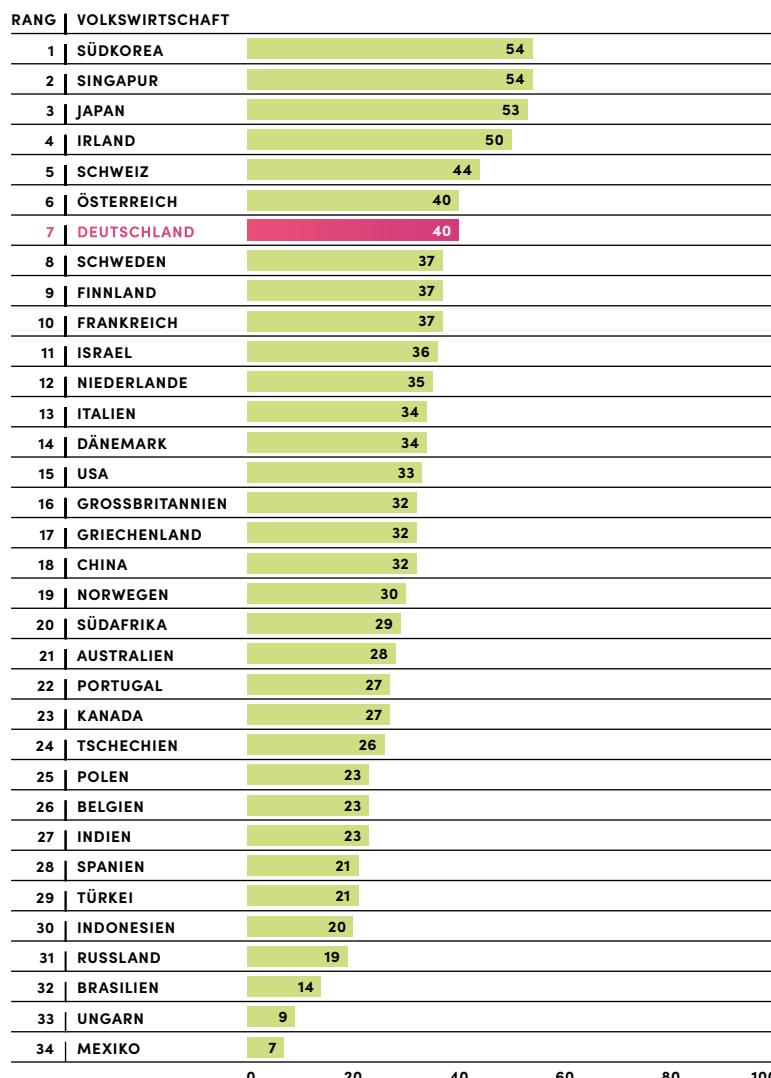
Mit etwas Abstand, aber noch Anschluss zur Spitzengruppe, folgt Irland vor einer etwas zurückliegenden Gruppe bestehend aus der Schweiz, Österreich und Deutschland. Österreich kann seine guten Einzelwerte in verschiedenen Indikatoren halten, bei Patenten und vor allem Publikationen gleichzeitig ausbauen, verliert allerdings etwas beim Risikokapital, sodass es unter dem Strich fünf Punkte besser abschneidet – eine Verbesserung um vier Rangplätze. Die Schweiz und Deutschland können ihre Rangplätze jeweils halten.

Nahezu punktgleich folgen auf den Rängen 8 bis 11 Schweden, Finnland, Frankreich und Israel. Dabei haben die Länder durchaus unterschiedliche Profile bei den grundeliegenden Indikatoren. Schweden schneidet bei wissenschaftlichen Publikationen sehr gut ab, während Frankreich und Israel einen positiven Handelsbilanzsaldo vorweisen können. Israel kann zusätzlich bei computerimplementierten Erfindungen punkten und Finnland hebt sich von den anderen drei Ländern beim Risikokapital ein wenig ab.

Die weitere Reihenfolge von Ländern mit Punktwerten zwischen 35 und 32 lautet: Niederlande, Italien, Dänemark, USA, Großbritannien, Griechenland und China. Trotz ähnlicher Gesamtpunktzahl entstehen diese Werte auf Basis sehr unterschiedlicher Profilsetzungen. Dänemark gibt sich bei der Wissenschaft stark, die Niederlande bei Patenten und Markenanmeldungen, Griechenland kann bei Anteilen computerimplementierter Erfindungen hohe Werte erreichen. Die USA können zwar aufgrund ihrer Größe und damit einer Marktmacht und mit Skalenerträgen punkten, liegen aber beispielsweise bei den wissenschaftlichen Publikationen in Relation zur Bevölkerung deutlich zurück.

Norwegen und Südafrika führen das untere Mittelfeld an und es folgen Australien, Portugal, Kanada und Tschechien. Australien und Tschechien können zwar bei wissenschaftlichen Publikationen respektable Werte vorweisen, treten aber bei allen anderen Indikatoren nicht hervor. Mit 23 Punkten etwas abgesetzt vom unteren Mittelfeld reihen sich Polen, Belgien und Indien ein, ehe die vier Länder Spanien, Türkei, Indonesien und Russland folgen. Vor dem Schlusslicht Mexiko können Brasilien

## DIGITALE HARDWARE: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

und Ungarn die rote Laterne gerade noch vermeiden. Insgesamt sind im unteren Mittelfeld und am Ende des Rankings viele europäische Länder vertreten (Portugal, Tschechien, Polen, Belgien und Spanien), was die häufig beklagte Rückständigkeit und Abhängigkeit Europas von Technologieimporten aus anderen Ländern unterstreicht. Insgesamt sind jedoch auch viele Länder Europas mit eigenen Kompetenzen in dieser für gegenwärtige und zukünftige Anwendungen so wichtigen Schlüsseltechnologie vertreten, bei den Kapazitäten bleiben viele Länder jedoch hinter den führenden asiatischen Ländern weit zurück. Der seit Mitte 2023 bestehende „EU Chips Act“, der durch zusätzliche Investitionen einen Kapazitätsausbau in Europa erreichen will, um so die Versorgungssicherheit und damit die technologische Souveränität zu erhöhen, hat bisher noch keine durchschlagenden Ergebnisse erzielen können. Die gescheiterten Ansiedlungspläne von Halbleiter-Produktionsstandorten in Deutschland haben sowohl national wie europäisch die Umsetzung deutlich zurückgeworfen.

## DIGITALE VERNETZUNG

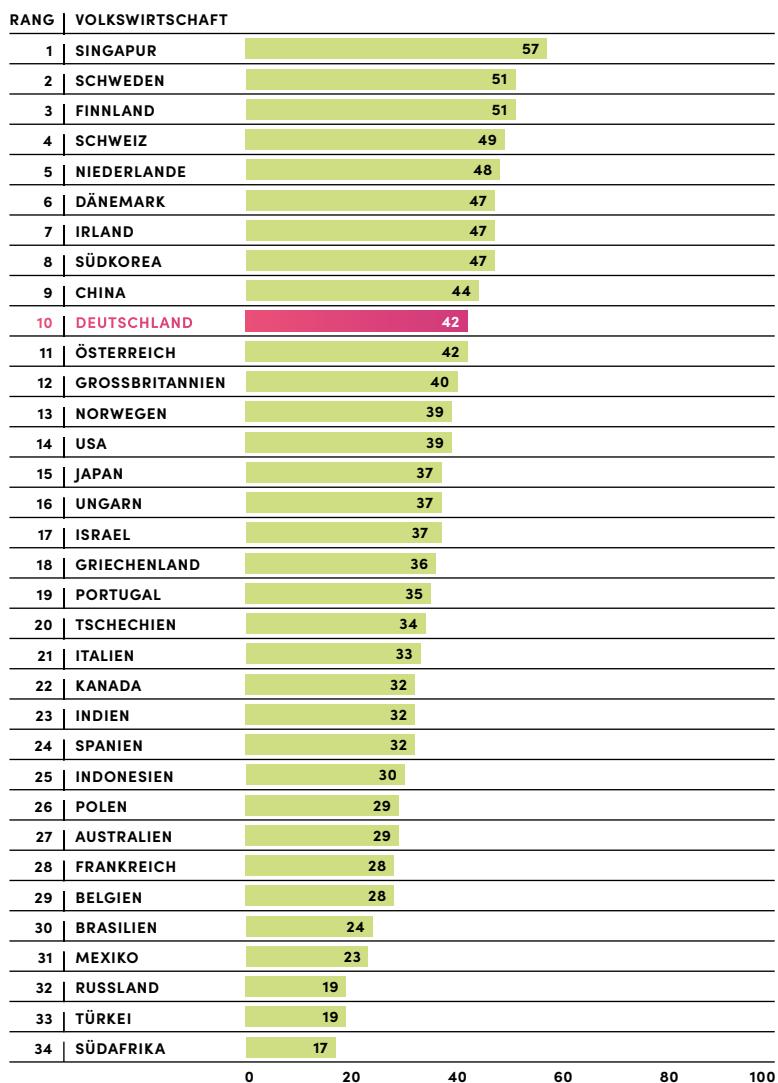
Der Bereich digitale Vernetzung fasst Technologien zusammen, die für die Entwicklung zukunftsfähiger digitaler Kommunikationsnetzwerke von Bedeutung sind. Dies sind in erster Linie Halbleiter und Halbleiterlaser, aber auch hochleistungsfähige Computer bis hin zu Quantenrechnern. Hinzu kommen softwarebasierte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

Singapur führt seit mehreren Jahren die Rangliste der Länder bei digitaler Vernetzung an. Diese Spitzenposition ist einmal mehr einem starken Wissenschaftssystem, aber in diesem Fall auch starken Positionen bei Patentanmeldungen und dem Handelsbilanzsaldo, das heißt bei der Anwendung der wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen, geschuldet. Punktgleich an zweiter und dritter Stelle rangieren Schweden und Finnland (Unterschiede in der Nachkommastelle). Die beiden skandinavischen Länder haben bekanntermaßen eine lange Tradition bei Kommunikationstechnologien, auch wenn Handys bereits seit längerer Zeit nicht mehr zum Produktpotential gehören. Beide Länder sind sowohl publikations- wie auch patentstark, haben einen nahezu ausgeglichenen Handelsbilanzsaldo und können sich insbesondere bei Markenanmeldungen behaupten. Insgesamt sind Schweden und Finnland damit in der gesamten Innovationskette von der Wissenschaft bis zum Markt gut aufgestellt.

Es folgt die Schweiz auf Rang 4 (Vorjahr: Rang 2), die insbesondere beim Welthandel mit Technologien der digitalen Vernetzung zurückgefallen ist und daher auch beim Ranking abgerutscht ist. Es folgen die Niederlande (48 Punkte) sowie punktgleich Dänemark, Irland und Südkorea auf Rang 8. Südkorea hat sich seit 2007 von Rang 23 bis zum Beginn dieses Jahrzehnts kontinuierlich nach oben gearbeitet. Im vergangenen Jahr belegte

das ostasiatische Land einen ähnlichen (neunten) Platz im Ranking bei digitaler Vernetzung, hat im Jahr 2024 aber bei allen hier betrachteten Indikatoren seine Position etwas verbessern können und ist entsprechend nach vorne gerückt. Ein OECD-Bericht bescheinigt Südkorea ein deutlich auf digitale Technologien ausgerichtetes Innovations-Ökosystem.<sup>20</sup> Das ist das Ergebnis langfristiger und kontinuierlicher Politikmaßnahmen der südkoreanischen Regierungen zur Entwicklung digitaler Technologien. Bereits in den 2000er-Jahren wurde unter anderem massiv in die Qualifikation und den Aufbau von Wissen investiert. Im Rahmen des sogenannten Digital New Deal wurden für den Zeitraum 2020 bis 2025 Gesamtinvestitionen in Höhe von circa 37 Mrd. US-Dollar für Dateninfrastrukturen und KI (inklusive KI-Forschung) allokiert. Neben For-

## DIGITALE VERNETZUNG: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.  
Quelle: Innovationsindikator 2025



## SINGAPUR HAT DEN HÖCHSTEN HANDELSÜBERSCHUSS ALS ANTEIL AM BIP BEI NEUEN PRODUKTIONS- TECHNOLOGIEN. «

schungsförderung wurde auch die Diffusion von digitalen Diensten und Geschäftsmodellen speziell in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) unterstützt.

China reiht sich mit 44 Indexpunkten bei dieser Schlüsseltechnologie auf Rang 9 ein. Auf dem zehnten Rang und mit 42 Punkten rangiert Deutschland leicht vor Österreich, Großbritannien, Norwegen und den USA. Deutschland tut sich bei digitaler Vernetzung wissenschaftlich nicht besonders hervor, tritt bei den anderen Indikatoren ebenfalls nicht sonderlich in Erscheinung und erreicht beim Risikokapital immerhin das obere Viertel der Verteilung. Die Anteile von Softwarepatenten sind in Deutschland im Vergleich zu den Anteilen in anderen Ländern, die in diesem Bereich des Rankings zu finden sind, eher niedrig. Wie bei Patenten insgesamt sind bei digitaler Vernetzung hier noch deutliche Entwicklungsmöglichkeiten zu finden. Das bedeutet, dass Deutschlands zehnter Rang im Wesentlichen auf ein breit aufgestelltes, technologie-spezifisches Innovationssystem zurückzuführen ist, das sich jedoch nirgendwo besonders hervortut.

Die USA wie auch China haben bei den bevölkerungs-normierten Indikatoren sowohl bei Patenten wie Publikationen schlechte Werte, können aber bei den auf die Welt normierten Werten Spitzenpositionen erreichen. Während die USA jedoch beim Handel mit diesen Technologien deutlicher Nettoimporteur sind, erreicht China hier als Produzent und Exporteur dieser Technologien die Höchstpunktzahl. Die USA müssen speziell an dieser Stelle jedoch als unterschätzt angesehen werden, da wir keine Daten zu Lizenzennahmen berücksichtigen können, die jedoch aufgrund der starken Position bei der Technologieentwicklung und -bereitstellung speziell im Bereich digitaler Vernetzung nicht unerheblich sein dürften im Vergleich zu den Einnahmen der meisten anderen Länder in unserer Untersuchung.

Japan hat bei digitaler Vernetzung im Gegensatz zu digitaler Hardware weniger wissenschaftliche und technologische Kompetenzen vorzuweisen und eine leicht negative Handelsbilanz, sodass es sich bei digitaler Vernetzung auf dem 15. Platz einreihet. Hinter Japan folgen mit 37 bis 32 Indexpunkten Ungarn, Israel, Griechenland, Portugal, Tschechien, Italien, Kanada, Indien und Spanien. Die ähn-

lichen Indexwerte dieser Länder kommen allerdings auf sehr unterschiedliche Weise zustande. Griechenland und Portugal haben einen hohen wissenschaftlichen Out-put in diesem Technologiefeld, Tschechien und Ungarn haben positive Handelsbilanzsalden, Israel und Indien sind recht gut bei Patenten aufgestellt und für Italien und Spanien lässt sich sagen, dass sie bei allen betrachteten Indikatoren ein wenig punkten.

Im weiteren Verlauf finden sich Indonesien, Polen, Australien, Frankreich, Belgien, Brasilien, Mexiko, Russland, Türkei und Südafrika. Diese Länder haben im Bereich der digitalen Vernetzung bei keinem der hier betrachteten Indikatoren wesentliche Ausschläge nach oben. Australien kann sich bei wissenschaftlichen Publikationen ein wenig hervortun, hat aber ebenso wie Frankreich und Belgien einen deutlich negativen Handelsbilanzsaldo. Interessanterweise kann Mexiko hier einen ausgesprochen positiven Handelsbilanzsaldo vorweisen, was es von den letzten Rängen ein wenig nach vorne schiebt, während es bei allen anderen Indikatoren auch in diesem Bereich deutlich zurückbleibt. Hier zeigt sich die Rolle Mexikos als verlängerte Werkbank der USA recht deutlich.

### 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 Innovations-indikators 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) oder auch die Vorbehandlung von Produktionsmitteln.

Im Jahr 2024 hat sich auch hier Singapur an die Spitze gesetzt und damit die Plätze mit der bisher führenden

Schweiz getauscht, die auf den zweiten Rang zurückgefallen ist. Ursache für den Platztausch ist der jeweilige Handelsbilanzsaldo. Singapur hat den höchsten Handelsüberschuss als Anteil am BIP bei neuen Produktionstechnologien. Zwar hat auch die Schweiz eine positive Bilanz, das Volumen ist jedoch deutlich zurückgegangen.

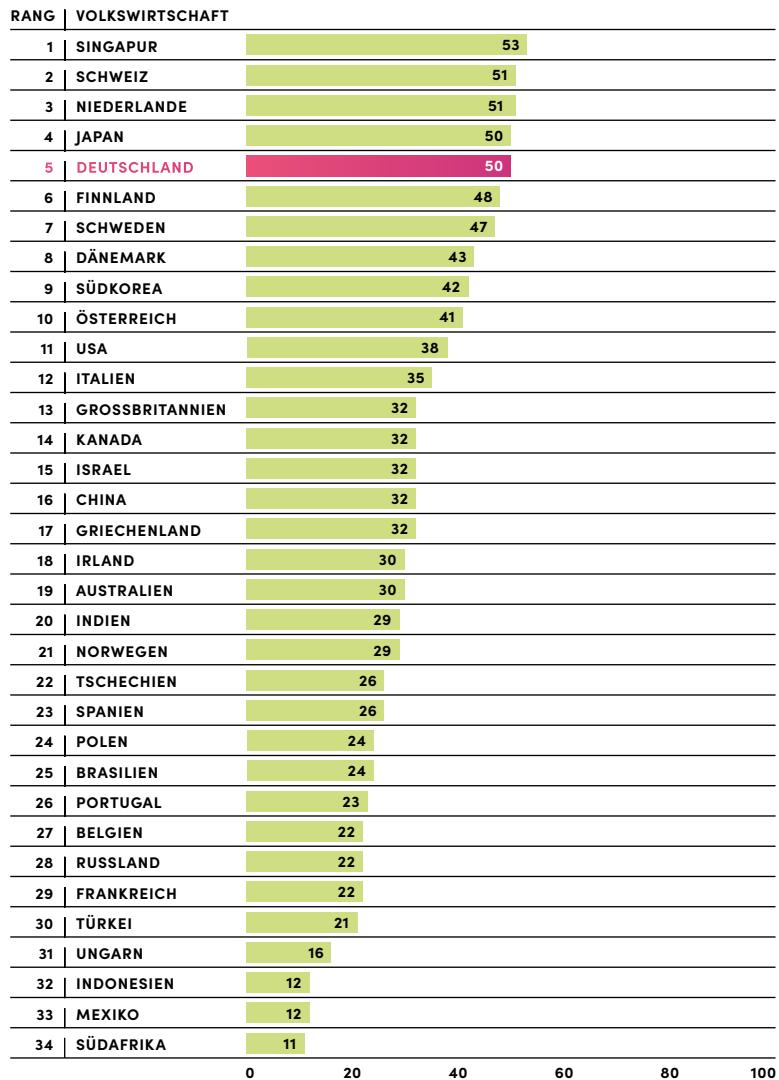
Den größten Sprung nach vorne haben jedoch die Niederlande gemacht vom elften auf den dritten Rang. Sie konnten sich bei wissenschaftlichen Publikationen und dem Risikokapital verbessern. Jedoch gibt auch hier der Handelsüberschuss den Ausschlag. Dies könnte unter anderem durch Sondereffekte im Bereich von Tiefdruckmaschinen (Lithografie) für gedruckte Schaltungen stark beeinflusst sein. Der Weltmarktführer hat seinen Sitz in den Niederlanden und die Exporte aus den Niederlanden nach China haben sich in diesem Bereich in den Jahren 2023 und 2024 etwa verfünfacht. Japan auf dem vierten Rang verhält sich hingegen sehr stabil bei allen Teilbereichen des Innovationssystems und hat nur geringfügige Änderungen der Indexwerte beim Handelsbilanzsaldo.

Hinter Japan auf dem fünften Platz reiht sich Deutschland ein, das bereits im vergangenen Berichtsjahr vom ersten auf den zweiten Platz zurückgefallen war und 2024 weitere Positionen einbüßen musste. Gründe sind auch hier in der Handelsbilanz zu suchen. Diese fällt zwar noch positiv aus, ihr Anteil am BIP ist jedoch zurückgegangen bei gleichzeitig deutlich positiver Bilanz anderer Länder wie Singapur, Niederlande, Israel und Japan. Deutschland konnte seine Indexwerte bei wissenschaftlichen Publikationen und auch beim Risikokapital im Bereich der neuen Produktionstechnologien zwar ein wenig verbessern, was jedoch nicht den Rückgang bei der Handelsbilanz kompensieren konnte. Für Deutschland bedeutet dies in erster Linie zwei Dinge in dieser für die deutsche Wirtschaft so grundlegenden Kompetenz. Einerseits haben weltwirtschaftliche Verwerfungen und Änderungen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau deutliche Spuren hinterlassen. Andererseits haben zahlreiche andere Länder sowohl ihre Kompetenzen als auch ihre Kapazitäten ausgebaut. Hierzu gehören sicherlich China und Südkorea, aber auch seit Längerem in diesen Technologiebereichen aktive Länder wie Italien oder Japan, die damit den Konkurrenzdruck weiter erhöhen, insbesondere über eine stärkere Digitalisierung ihrer Technologien und Produkte.

Insgesamt liegen die Länder auf den vorderen fünf Plätzen recht eng beieinander, während ab Platz sechs eine Abstufung zu finden ist, die dann ab Rang acht besonders deutlich wird. Finnland liegt mit 48 Indexpunkten zwei Punkte hinter Deutschland und es folgen Schweden, Dänemark, Südkorea und Österreich. Für Schweden ging es trotz leicht verbesserter Indexwerte um zwei Plätze nach unten, Südkorea hält seinen Platz und Dänemark hat drei Indexpunkte und drei Rangplätze eingebüßt. Österreich konnte sich um acht Indexpunkte und zwei Plätze verbessern.

Auch für die in diesem Jahr auf dem elften Rang eingeordneten USA ging es gegenüber dem Vorjahr bei neuen Produktionstechnologien um einen Platz nach unten, bei leicht sinkendem Indexwert, was auf leichte Verschlechterungen der Indexwerte bei Publikationen und Patenten zurückzuführen ist. Italien ist seit mehreren Jahren stabil in diesem Bereich des Rankings zu finden, gefolgt von Großbritannien, Kanada, Israel, China und Griechenland. Für China bedeutet der 16. Platz einen deutlichen Absturz um acht Rangplätze und eine Unterbrechung des seit Jahren andauernden Aufwärtstrends. Der alleinige Grund ist der Handelsbilanzsaldo, der in den vergangenen Jahren weniger ausgeprägt negativ war und jetzt mit fast 0,5 Prozent des BIP negativ zu Buche schlägt – eine Folge der Pandemie und der weltwirtschaftlichen Turbulenzen.

## NEUE PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



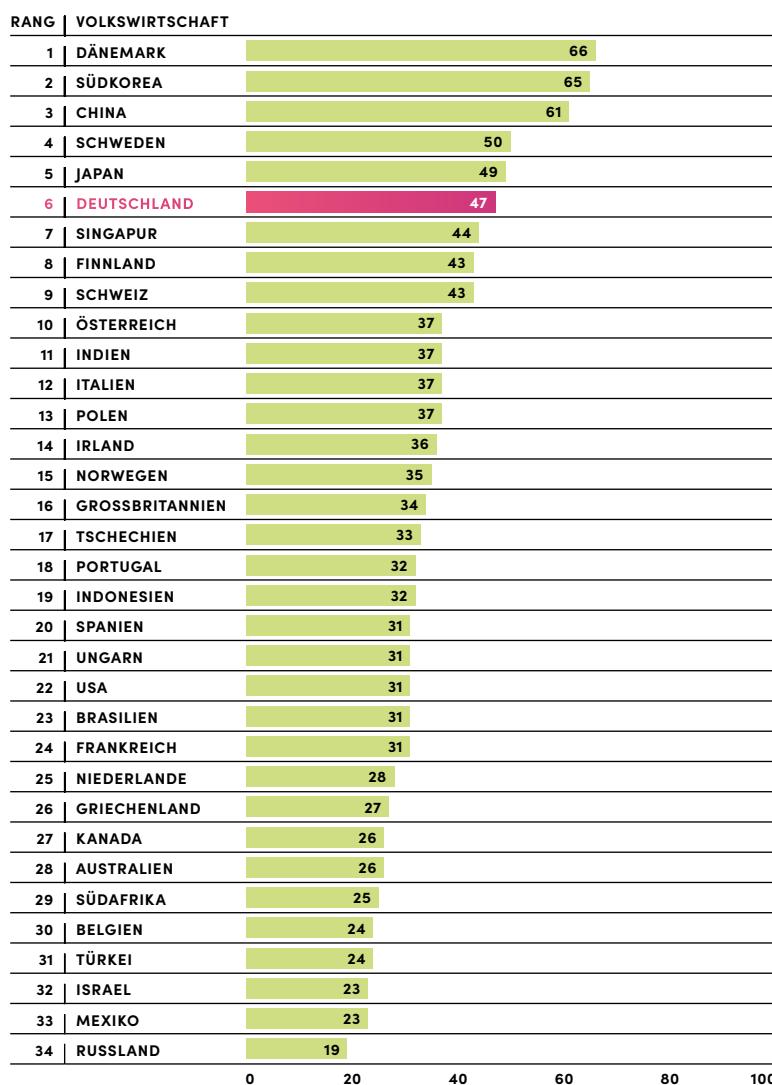
Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

Irland folgt auf dem 18. Rang und kann sich damit nicht wie in den Vorjahren weiter verbessern. Zwar kann es leicht höhere Indexwerte bei wissenschaftlichen Publikationen, Patenten und auch der Handelsbilanz erreichen, während es beim Anteil von computerimplementierten Erfindungen und den Markenanmeldungen leicht eingebüßt hat.

Auf den weiteren Plätzen folgen Australien, Indien und Norwegen, die zumindest hinsichtlich ihrer Indexwerte noch Anschluss an die Mitte des Feldes haben, während Tschechien, Spanien, Polen, Brasilien, Portugal, Belgien, Russland, Frankreich und die Türkei mit Indexwerten zwischen 26 und 21 bereits zurückliegen. Ungarn, Indonesien, Mexiko und Südafrika bilden mit weiterem Abstand den Schluss des Feldes.

## ENERGietechnologien: Ranking und Indexwerte der Volkswirtschaften



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

## 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. Energietechnologien umfassen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Wind, Sonne, Biomasse, Wasserkraft), die Erzeugung, Nutzung und Verteilung von Wasserstoff als Energieträger sowie Technologien zur Speicherung von Energie und Technologien zur Einsparung von Energie (Energieeffizienz).

Bei Energietechnologien befindet sich Dänemark (66 Punkte) mit deutlichem Abstand über den gesamten Beobachtungszeitraum an der Spitze, hat jedoch im Jahr 2024 vier Indexpunkte eingebüßt. Dänemark ist insbesondere bei Windenergietechnologien seit Jahrzehnten führend und kann bei den hier analysierten Indikatoren überall Höchstwerte vorweisen. Lediglich bei den Softwarepatent-Anteilen liegt das skandinavische Land zurück. Es folgen Südkorea und China, die beide bei Batteriespeichern eine starke Weltmarktposition einnehmen und im Falle Chinas zusätzlich bei erneuerbaren Energietechnologien (Wind und Photovoltaik) mittlerweile ausgeprägte Kompetenzen und Kapazitäten erreicht haben. Lediglich bei Markenanmeldungen und bei computerimplementierten Erfindungen (Softwarepatente) fallen die Werte niedrig aus.

Deutschland reiht sich mit deutlichem Abstand von 19 Indexpunkten zum Spitzene-reiter hinter Japan auf Rang sechs ein und schließt damit eine kleine Verfolgergruppe ab, der auch Schweden und Japan zugeordnet werden können. Deutschland kann trotz leicht negativem Handelsbilanzsaldo hier punkten und auch die Markenanmeldungen tragen hohe Indexwerte bei. Bei den übrigen Indikatoren liegt Deutschland eher im mittleren Bereich. Schweden erreicht bei Publikationen, Marken und dem Risikokapital hohe Werte und kann trotz negativem Handelsbilanzsaldo auch hier punkten. Grund ist, dass die USA in diesem Bereich den unteren Benchmark bilden und bei Energietechnologien einen ausgeprägt negativen Handelsbilanzsaldo von knapp 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts zu verzeichnen haben. Entsprechend sind alle anderen Länder beim Saldo vergleichsweise besser.

Singapur, Finnland und die Schweiz folgen mit etwas Abstand auf den Plätzen sieben bis neun. Bei Singapur sind es die wissenschaftlichen Publikationen und die computerimplementierten Erfindungen, die das Ergebnis wesentlich nach oben heben. Die Schweiz verzeichnet neben der Wissenschaft auch hohe Werte bei Markenanmeldungen und dem Risikokapital. Gleicher gilt in etwas anderer Verteilung auch für Finnland, das sich im Jahr 2024 um fünf Plätze gegenüber dem Jahr 2023 verbessern konnte.

Mit 37 bis 36 Punkten deutlich hinter der Schweiz (43 Punkte) rangieren Österreich, Indien, Italien und Polen sowie Irland. Während die drei erstgenannten Länder ähnliche Rangplatzierungen wie im Jahr 2023 erreichen, kann sich Irland aufgrund höherer Punktzahlen bei Risiko-kapital und Softwarepatenten um vier Plätze nach vorne schieben. Polen macht einen deutlichen Sprung nach vorne vom 22. auf den 13. Rang aufgrund des besseren Abschneidens beim Handelsbilanzsaldo. Es muss sich in Zukunft zeigen, wie substanzell dieser Sprung war.

Die weiteren Plätze 15 bis 24 belegen die Länder Norwegen, Großbritannien, Tschechien, Portugal, Indonesien, Spanien, Ungarn, USA, Brasilien und Frankreich mit Indexpunkten zwischen 35 und 31. Wie bereits erwähnt haben die USA bei Energietechnologien ein ausgeprägtes Handelsdefizit, das die Performance in diesem Technologiebereich deutlich nach unten zieht. Bei der absoluten Zahl von wissenschaftlichen Publikationen und Patenten liegen die USA zwar vorne, bei den übrigen Indikatoren können sie hingegen nur wenig punkten.

In Frankreich zeigen sich bei keinem der hier betrachteten Indikatoren ausgeprägte Ausschläge nach oben. Darin spiegelt sich die Ausrichtung Frankreichs auf die Atom-energie wider. Zwar wurde diese von der EU-Kommis-sion als CO<sub>2</sub>-neutrale Technologie eingestuft, in unserer Abgrenzung von Energietechnologien sind diese jedoch nicht enthalten, da aus deutscher Perspektive die Atom-kraft nicht zu den grünen Energietechnologien gezählt wird.

Hinter Frankreich platzieren sich die Niederlande, Griechenland, Kanada, Australien, Südafrika, Belgien, Türkei, Israel, Mexiko und schließlich Russland. Kanada hat über die gesamte Analyseperiode Rangplätze verloren, im We-

sentlichen weil andere Länder sich intensiv in den neuen Energietechnologien engagiert haben, während Kanada bei Publikationen nur wenig und bei Patenten so gut wie keine Aktivität zeigt.

## NEUE MATERIALIEN

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

Japan steht bei dieser Schlüsseltechnologie mit deut-lichem Vorsprung an der Spitze und kann seinen ersten Platz über den gesamten Analysezeitraum unangefoch-tten halten. Japan ist bei Patenten sowohl absolut wie auch relativ (bezogen auf die Bevölkerungszahl) die aktivste Nation und kann auch beim Handelsbilanzsaldo die maximale Punktzahl erreichen. Wenngleich nur zu einem geringen Prozentsatz von 0,07 Prozent, so tragen neue Materialien in Japan zum BIP positiv bei. Das ist der Spitzenwert unter den betrachteten Ländern. Bei wissen-schaftlichen Publikationen und bei Softwarepatenten erreicht Japan mittlere Werte.



**JAPAN STEHT BEI NEUEN MATERIALIEN  
UNANGEFOCHTEN AN DER SPITZE  
UND IST BEI PATENTEN DIE AKTIVSTE  
NATION. «**

Deutschland kann sich 2024 erstmals an die zweite Stelle setzen. Bis zur Mitte der 2010er-Jahre stand Deutschland auf dem dritten Rang, hatte dann zwei Plätze verloren und war während der Pandemie bis auf den zehnten Platz zurückgefallen. Deutschland hat eine positive Handelsbilanz bei neuen Materialien und meldet vergleichsweise viele Marken an, während Patente und Publikationen lediglich mittlere Beiträge zur guten Platzierung leisten. Der Rückschritt Deutschlands in den Jahren 2021/2022 war begründet durch einen Einbruch bei den Exporten und damit einem negativen Handelsbilanzsaldo sowie einem deutlichen Rückgang bei den computer-implementierten Erfindungen. Der zweite Platz im Jahr 2024 wurde möglich, da beim Handel und etwas weniger bei den computerimplementierten Erfindungen die Indexwerte wieder gesteigert werden konnten, während die übrigen Indexwerte auf einem ähnlichen Niveau gehalten werden konn-

ten. Einige der Länder, die 2023 noch vor Deutschland lagen, hatten gleichzeitig Einbrüche bei einigen Indikatoren zu verzeichnen, insbesondere bei der Handelsbilanz.

China erreicht mit 46 Indexpunkten den dritten Rang und dahinter reihen sich Finnland, Südkorea und Schweden mit 43 bis 39 Punkten ein. Diese Länder haben ebenfalls eine positive Handelsbilanz. Finnland und Schweden sind bei den Publikationen in Relation zur Bevölkerung und bei den Markenanmeldungen im vorderen Bereich der Verteilung angesiedelt, während China bei der absoluten Zahl der Veröffentlichungen die Höchstpunktzahl erreicht. Finnland kann außerdem beim Risikokapital punkten. Südkorea ist vom zweiten auf den fünften Platz verdrängt worden, weil auch hier die Handelsbilanz sich verschlechtert hat, während die Indexwerte bei Publikationen und Patenten etwas angestiegen sind.

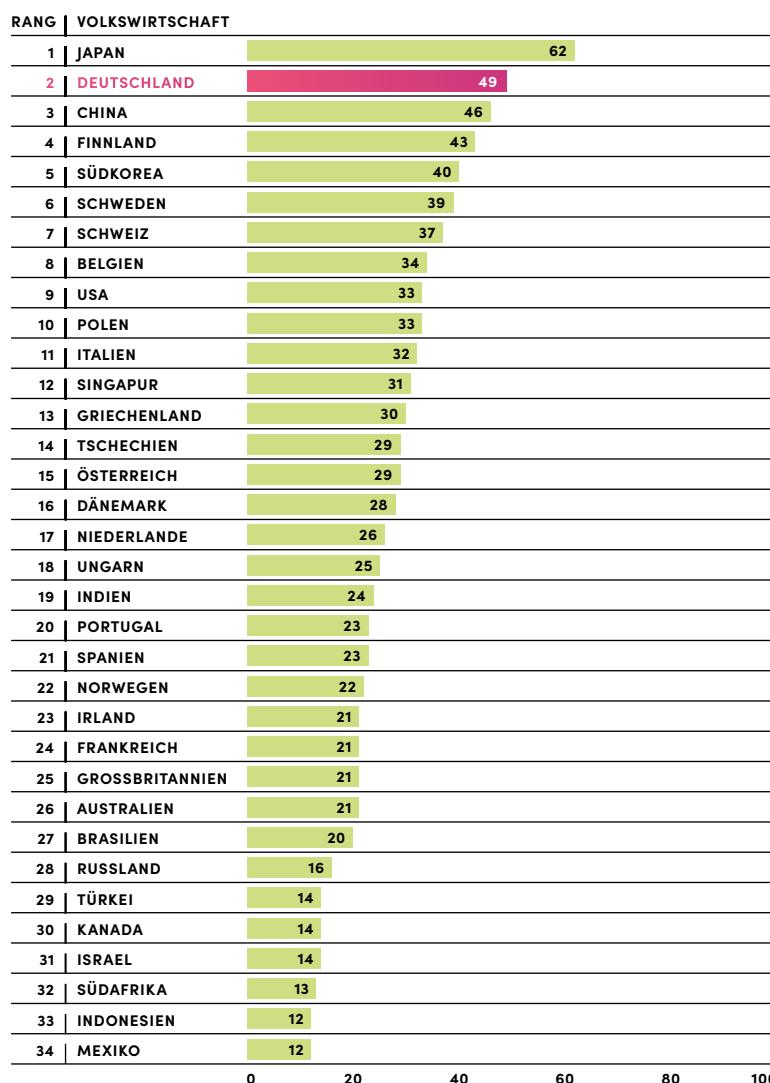
Auf den weiteren Rängen folgen Schweiz, Belgien, USA, Polen und Italien mit Punkten zwischen 37 und 32. Belgien hat zwischen 2023 und 2024 den größten Sprung nach vorne gemacht von Rang 24 auf Rang 8. Dies wurde möglich durch eine Verbesserung des Indexwerts von 25 auf 34. Begründet ist dieser einzig und allein in einem positiven Handelsbilanzsaldo, der im vergangenen Jahr noch negativ war. In Belgien tragen neue Materialien zu 0,06 Prozent des BIP bei.

Hinter Italien liegen Singapur, Griechenland, Tschechien, Österreich, Dänemark, die Niederlande und Ungarn auf den Plätzen 12 bis 18. Österreich hat dabei die anteilig schlechteste Handelsbilanz unter den betrachteten Ländern. Im Saldo kosten die Importe von neuen Materialien circa 0,11 Prozent des BIP in Österreich. Publikationen, Patente und Marken tragen positiv zu Österreichs Platzierung in der oberen Hälfte des Länderrankings bei. Tschechien war in den beiden Pandemiejahren 2022 und auch 2023 besonders stark zurückgefallen, hat aber 2024 wieder einige Positionen gutmachen können.

Die weiteren Platzierungen 19 bis 27 bei neuen Materialien lauten: Indien, Portugal, Spanien, Norwegen, Irland, Frankreich, Großbritannien, Australien und Brasilien. Die Indikatorwerte dieser Länder zeigen allesamt keine hohen Ausschläge, das heißt, die nationalen Innovationssysteme sind nicht auf neue Materialien ausgerichtet. Australien und Portugal haben bei den relativen Publikationszahlen nennenswerte Indexzahlen, Indien bei den absoluten Publikationszahlen.

Das untere Ende des Rankings wird angeführt von Russland, gefolgt von der Türkei, Kanada, Israel, Südafrika, Indonesien und schließlich Mexiko.

## NEUE MATERIALIEN: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

## 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. Damit hat die Biotechnologie ein breites Anwendungsfeld und nicht alle Länder sind stets auf alle Anwendungsfelder gleichermaßen ausgerichtet. Es gilt allerdings zu betonen, dass die Biotechnologie für Gesundheit wirtschaftlich und auch von der Forschungsseite betrachtet das größte Teilgebiet der Biotechnologie darstellt.

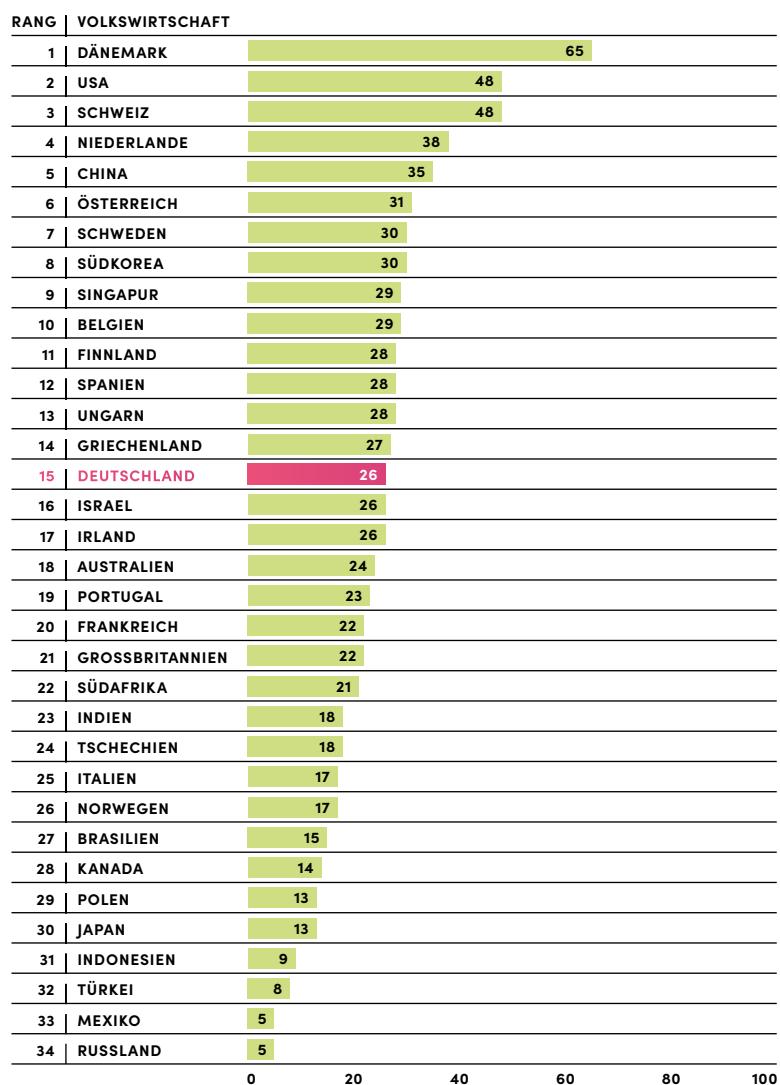
Die Schlüsseltechnologie Biotechnologie wird auch in diesem Jahr von Dänemark (65 Punkte) angeführt, das seine Spitzenposition sogar noch ausbauen kann. Dänemark erreicht bei nahezu allen hier betrachteten bevölkerungsnormalisierten Indikatoren Spitzenwerte. Mit deutlichem Abstand und punktgleich mit der Schweiz folgen auf dem zweiten Rang die USA, die sich damit 2024 um zwei Plätze verbessern konnten und ihre beste Platzierung über den gesamten Analysezeitraum erzielen. Dabei sind es weniger die wissenschaftlichen Publikationen – bei der absoluten Anzahl sind die USA allerdings durchaus an der Spitze –, sondern vielmehr die Patentanmeldungen und ein positiver Handelsbilanzsaldo, die die gute Platzierung wesentlich bedingen. Die Dominanz der USA auf den Weltmärkten für Biotechnologieprodukte (insbesondere zu Pharma-Anwendungen) ist in den Kennzahlen unverkennbar. Die Grundlage hatte im Wesentlichen die National Institutes of Health Agentur (NIH) in den 1990er-Jahren mit einem massiven FuE-Förderprogramm gelegt und damals auch erstmals einen konzentrierten und konzentrierten Politikansatz umgesetzt. Neben Wissenschafts- und Forschungskompetenzen sind damals wie heute zahlreiche Unternehmen entstanden und es wurden die qualifizierten Fachkräfte aufgebaut, die heute Medizinforschung und speziell die Biotechnologieforschung in den USA stützen.

Mit zehn Punkten Rückstand auf die Schweiz folgen die Niederlande auf Platz vier, eine Verbesserung um drei Rangplätze. China reiht sich auf dem fünften Platz ein, was ebenfalls eine Verbesserung um drei Plätze bedeutet. Damit kann China seinen Aufstieg auch in der Biotechnologie weiter fortsetzen, nachdem die Entwicklung während der Pandemiejahre an Dynamik verloren hatte. Es folgt ein breites Mittelfeld angeführt von Österreich mit 31 Punkten, das bis Südafrika mit 21 Punkten auf dem 22. Platz reicht. Dazwischen finden sich Schweiz, Südkorea, Singapur, Belgien, Finnland und Spanien. Ebenfalls dem Mittelfeld zuordnen lassen sich Ungarn, Griechenland, Deutschland, Israel, Irland, Australien, Portugal, Frankreich und Großbritannien. Ungarn hatte in den Pandemiejahren von den Schwächen der anderen Länder mit ähnlichen Punktwerten profitieren können und war

nach oben aufgestiegen, hat aber im Jahr 2024 wieder ein wenig an Boden verloren. Es ist aber interessant anzumerken, dass der Handelsbilanzsaldo der zweithöchste unter den betrachteten Ländern ist, nur übertroffen vom führenden Dänemark.

Deutschland hat mit dem 15. Platz wieder eine Platzierung wie vor der Pandemie eingenommen. Es kann sich bei keinem der hier betrachteten Indikatoren besonders hervortun. Bereits seit den 1990er-Jahren gibt es in Deutschland Biotechnologie-Förderprogramme. Mit dem BioRegio-Programm, das in der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre startete und regionale Netzwerke zum Ziel hatte, wurden nicht nur die Biotechnologieförderung intensiviert, sondern gleichzeitig auch neue Wege in Kooperation und Transfer beschritten. Biotechnologie-relevante Programmförderung gab es seitdem stetig,

## BIOTECHNOLOGIE: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.  
Quelle: Innovationsindikator 2025

sowohl auf der Bundes- wie der Bundesländerebene. Die New-Economy-Krise zu Beginn der 2000er-Jahre hatte die deutsche Biotechnologie massiv getroffen. Danach konnte der Vorsprung der USA sowie anderer Länder im Bereich der roten Biotechnologie (Gesundheit) nicht aufgeholt werden. In der Bioökonomie konnte durch die gute industrielle Ausgangsposition und dezidierte Förderung eine bessere Position erreicht werden. So ist Deutschland beispielsweise bei Biomaterialien sehr gut positioniert.

Eine Gruppe von Ländern am unteren Ende wird von Indien angeführt und es folgen Tschechien, Italien, Norwegen, Brasilien, Kanada, Polen und Japan. Etwas abgesetzt am Ende des Rankings befindet sich eine Gruppe von vier Ländern bestehend aus Indonesien, Türkei, Mexiko und dem Schlusslicht Russland.

## 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 Recyclingprozesse, die bereits bei der Entwicklung und Produktion der Produkte und beispielsweise der Materialauswahl ansetzen, zu diesem Technologiefeld. Im Innovationsindikator fokussieren wir auf eine engere Definition und erfassen im Wesentlichen Recyclingtechnologien zur Rückführung von Materialien in den Stoffkreislauf.

Deutschland steht, wie im vergangenen Jahr, bei dieser Schlüsseltechnologie deutlich an der Spitze der Vergleichsländer vor Finnland, Schweden und Dänemark. Deutschland erwirtschaftet einen hohen Handelsüberschuss, ist stark aufgestellt bei geistigen Eigentumsrechten (Patente und Marken), kann allerdings bei den anderen Indikatoren keine Spitzenwerte erreichen. Die Verfahrenstechnik, die im Wesentlichen die disziplinäre Grundlage für die Kreislaufwirtschaft darstellt, ist in



**BEI DER KREISLAUFWIRTSCHAFT IST  
DEUTSCHLAND UNTER ANDEREM BEI  
GEISTIGEN EIGENTUMSRECHTEN STARK  
AUFGESTELLT UND BLEIBT DIE NUMMER  
EINS IM RANKING. «**

Deutschland traditionell sehr angewandt – die Kompetenzen liegen hier in den Unternehmen und den Hochschulen für angewandte Wissenschaften, die im Allgemeinen geringe Publikationsintensitäten aufweisen. Insofern ist in Deutschland ein wissenschaftlicher Grundstock vorhanden, aber das entscheidende Wissen fokussiert sich stärker auf die Prozesse selbst. Insofern ist die deutsche Wissenschaft im internationalen Vergleich von Publikationen unterrepräsentiert. Finnland ist hingegen sehr gut aufgestellt bei wissenschaftlichen Publikationen und bei Patenten. Schweden hat bei vielen Indikatoren zwar hohe, aber keine Spitzenwerte, bei computerimplementierten Erfindungen (Softwarepatenten) kann Schweden jedoch die höchste Punktzahl erreichen.

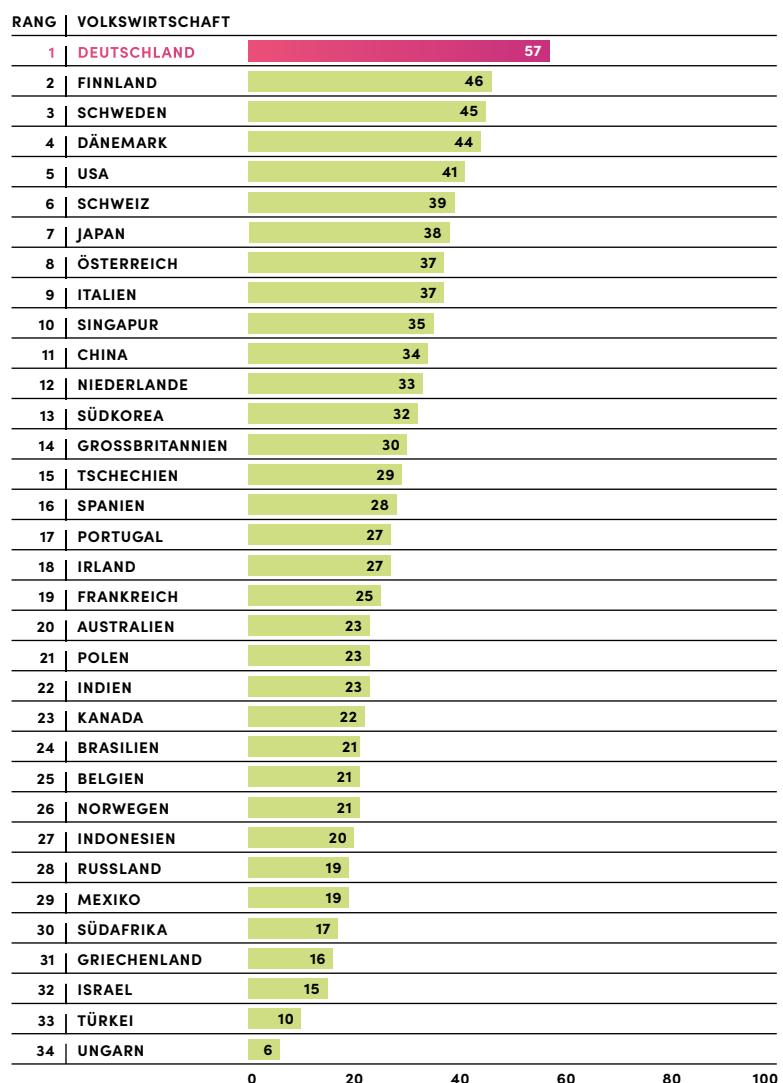
Die USA konnten den fünften Rang aus dem Vorjahr halten und die Schweiz hat sich um zwei Rangplätze nach vorne geschoben auf den sechsten Platz. Es folgen Japan, Österreich und Italien mit 38 beziehungsweise 37 Punkten. In der Schweiz baut, ähnlich wie in Deutschland, die gute Position auf anwendungsorientiertem Wissen im Bereich der Prozesstechnik auf, ist jedoch stärker auch auf wissenschaftliche Grundlagen in den Universitäten und Forschungsinstituten fokussiert. Dahinter reihen sich die drei asiatischen Länder Singapur, China und Südkorea gemeinsam mit den Niederlanden auf den Plätzen 10 bis 13 ein. China hat sich auch bei Technologien der Kreislaufwirtschaft über die vergangenen gut 15 Jahre sehr deutlich verbessern können vom 24. Rang im Jahr 2008 bis zum elften Rang im aktuellen Ranking. Bei der absoluten Anzahl der Publikationen erreicht China bereits seit der ersten Hälfte der 2010er-Jahre die Höchstpunktzahl und etwas zeitverzögert ab 2017 steigt dann auch die Positionierung bei Patenten. Die Handelsbilanz hat sich ebenfalls mit weiterem Zeitverzug verbessert, wenngleich hier noch nicht ausgeprägt hohe Punktzahlen erreicht werden, das heißt im Vergleich mit dem Benchmark – das ist in diesem Fall Deutschland – deutlich niedrigere Werte erzielt werden.

Die weiteren Ränge werden von Großbritannien, Tschechien, Spanien, Portugal und Irland mit Punktzahlen zwischen 30 bis 27 eingenommen. Das untere Mittelfeld wird angeführt von Frankreich mit 25 Punkten auf dem 19. Platz und es folgen Australien, Polen, Indien, Kanada, Brasilien, Belgien und Norwegen. Frankreichs Position hatte sich im Zeitverlauf kontinuierlich verschlechtert und war vor allem ab 2018 bis in die Pandemiejahre hinein gesunken. Ob der 19. Rang bereits eine Trendumkehr darstellt, wird sich erst noch zeigen müssen. Frankreich hat allerdings bei allen hier betrachteten Indikatoren zwar Punkte, aber es sticht nicht heraus. Die Indikatoren zu wissenschaftlichen Publikationen sind sehr niedrig und auch bei Patenten kann Frankreich keine Stärken im internationalen Vergleich vorweisen. Insgesamt kann man den Eindruck erhalten, dass das Thema in Frankreich zwar vorhanden ist, aber nicht mit sonderlichem Nachdruck oder Engagement verfolgt wird. Es ist allerdings auch fraglich, ob Frankreich hier durch größere Anstrengungen überhaupt seine Position nachhaltig und substanziel ver-

bessern könnte, denn wenn Wissenschaft und Forschung die Basis nicht stützen, dann ist auch eine Umsetzung von Technologien nur schwer möglich. Norwegen, das ebenfalls dieser Gruppe unterhalb der Mitte zugeordnet werden kann, hat zumindest bei wissenschaftlichen Publikationen eine etwas bessere Position als Frankreich.

Eine Gruppe bestehend aus fünf Ländern liegt hinter Indonesien etwas abgesetzt mit 19 bis 15 Punkten. Es handelt sich um Russland, Mexiko, Südafrika, Griechenland und Israel. Am unteren Ende findet sich die Türkei auf dem vorletzten Platz und sehr deutlich zurück liegt Ungarn, das mit sechs Punkten deutlich abgeschlagen ist.

## KREISLAUFWIRTSCHAFT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Taiwan wird hier aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

Quelle: Innovationsindikator 2025

# EMPFEHLUNGEN

**Schlüsseltechnologien sind für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von herausragender Bedeutung. Dabei gibt es solche Schlüsseltechnologien, die einen Querschnittscharakter haben und in vielen anderen Branchen und Technologiebereichen benötigt werden. Digitale Technologien und künstliche Intelligenz gehören hierzu und bilden wichtige Säulen zur Sicherung der technologischen Souveränität, von Märkten und damit von wirtschaftlicher Entwicklung. Dabei ist nicht nur die Fähigkeit zur Entwicklung dieser Technologien und eine starke Marktposition für ihre kommerzielle Verwertung wichtig. Auch die Diffusion und Anwendung in zahlreichen anderen Bereichen wie Bioökonomie, Maschinenbau oder Fahrzeugbau spielen eine große Rolle. Deutschland hat bei der Entwicklung digitaler Technologien eine gute Position, droht aber bei der Anwendung in zahlreichen Bereichen zurückzufallen. Es hat beispielsweise die Spitzenposition bei neuen Produktionstechnologien verloren. Insgesamt ist die zentrale Erkenntnis, dass Deutschland zwar nicht absolut schlechter geworden ist, dass aber andere Länder und Akteure eine höhere Dynamik erreichen. In anderen Ländern wird nicht nur mehr und intensiver geforscht, sondern die Erkenntnisse werden auch schneller in die Anwendung gebracht.**

**Neben den Querschnittstechnologien gibt es auch solche Technologien, die zukünftig zu einem „Game-changer“ werden (können) und damit einerseits durchaus einen ermöglichen Charakter haben, aber andererseits auch ein großes wirtschaftliches Potenzial bieten. Hier sind insbesondere die Energietechnologien zu nennen, aber auch Nachhaltigkeitstechnologien und neue Materialien.**



Die Setzung von **Prioritäten** ist unumgänglich, aber mindestens ebenso wichtig ist eine langfristige Perspektive in den einzelnen Schlüsseltechnologiefeldern, um Investitionen zu sichern und eine nachhaltige Wirkung zu ermöglichen. Zudem ist die Frage der technologischen Souveränität zentral, weil Schlüsseltechnologien Abhängigkeiten, Synergien und Schnittmengen auch untereinander haben. Kernaufgaben sind die Sicherung von Kontinuität, die Schaffung kritischer Masse und ein differenziertes, zielgerichtetes politisches Handeln in jeder Schlüsseltechnologie. Die Hightech Agenda Deutschland (HTAD) nennt sechs Schlüsseltechnologien, von denen wenigstens zwei (Quantentechnologien und Fusion) noch in einer sehr frühen Phase stecken und derzeit noch keine wirtschaftlichen Effekte erzielen. Durchbrüche in diesen Technologien sind jedoch in den nächsten Jahren zu erwarten. Deshalb ist es richtig, Maßnahmen zu ergreifen, um zu den First-Movern zu gehören. Gleichzeitig sind jedoch zwei der früher genannten Schlüsseltechnologien nicht mehr explizit erwähnt (neue Produktionstechnologien und neue Materialien). Diese mögen nun in den jeweiligen Anwendungsbereichen (Batterien, Kreislaufwirtschaft), in den Vorleistungsbereichen (Mikroelektronik bei Produktionstechnologien oder Biomaterialien) oder auch auf der Ebene einzelner Programme fortgeführt werden. Es ist dabei jedoch darauf zu achten, dass die bestehenden Spitzenpositionen und die daraus erwachsenden Beiträge zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit und zur wirtschaftlichen Entwicklung nicht verloren gehen. Diese Bereiche dürfen nicht zu „Technologien zweiter Klasse“ reduziert werden, denn ihre Bedeutung als Schlüssel für die deutsche Wettbewerbsfähigkeit besteht weiter.



Um die Entwicklung von Schlüsseltechnologien voranzutreiben, ist zum einen ein grundlegender **Kompetenzaufbau** nötig, der in den Europäischen Forschungsraum (ERA – European Research Area) eingebettet werden sollte. Daneben sind in Deutschland die Bundesländer und die jeweiligen regionalen Cluster als wesentliche Akteure einzubinden. Die HTAD sieht dies erstmals explizit vor, indem gemeinsame Roadmaps erarbeitet werden sollen. Gerade in den Bereichen von Schlüsseltechnologien muss allerdings strikt vermieden werden, dass Wissenschafts- und Innovationspolitik mit Strukturpolitik verbunden wird, denn das würde bei diesen wichtigen Themen zu Ineffizienzen und geringerer Effektivität führen, die sich Deutschland nicht leisten kann. Zum anderen sollten Start-ups und die breite Aufnahme der Technologien in Wirtschaft und Gesellschaft gefördert werden. Die Beteiligung Deutschlands an den IPCEIs ist daher sehr zu begrüßen, ebenso wie eine Unterstützung des Ausbaus des nächsten Forschungsrahmenprogramms. Auch national muss die Forschung koordiniert oder gebündelt und durch gezielte Investitionen in (öffentliche) Forschung und Entwicklung sowie Effizienzsteigerungen im Wissenschaftssystem an die internationale Spitze zurückgeführt werden.

Für Deutschland ist es entscheidend, das nationale Innovationssystem gerade mit Blick auf die Schlüsseltechnologien agiler zu gestalten und es an die neuen, weltweiten Dynamiken anzupassen. In der Ausgestaltung der High-tech Agenda Deutschland der Bundesregierung muss sich diese **Agilität** bei gleichzeitiger Kontinuität erst noch erweisen. Unsicherheiten wie beim Thema Wasserstoff oder früher auch beim Thema Brennstoffzelle kann sich Deutschland nicht mehr leisten. Und um das Ziel zu erreichen, 3,5 Prozent des BIP für FuE aufzuwenden, muss es ein klares Commitment der Bundesregierung zum öffentlichen Anteil an diesen Investitionen geben.



## 7 – NACHHALTIGKEIT

# AN DER SPITZE WIRD DIE LUFT DÜNNER

Nachhaltigkeit ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, die über die Wirtschaft hinausgeht. Sie verfolgt das Ziel, die Bedürfnisse der Bevölkerung zu erfüllen, ohne die Lebensgrundlagen künftiger Generationen zu gefährden. Für eine zukunftsfähige Volkswirtschaft ist es entscheidend, die planetaren Grenzen einzuhalten, um langfristigen Wohlstand zu sichern. Daher ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft erforderlich, um innovative Ansätze für eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. Der Innovationsindikator konzentriert sich dabei auf die sozial-ökologische Umgestaltung des Wirtschaftssystems, während gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit gewahrt bleibt.

Die Wirtschaft hat in zweierlei Hinsicht Auswirkungen auf Nachhaltigkeit: Einerseits führen wirtschaftliche Aktivitäten häufig zur Belastung natürlicher Systeme, sei es durch Emissionen, sei es durch den Verbrauch von natürlichen Ressourcen. Andererseits kann die Wirtschaft durch nachhaltige Innovationen dazu beitragen, negative Umweltauswirkungen zu reduzieren und die Produktion und die Nutzung von Gütern und Dienstleistungen nachhaltig zu gestalten.

Ein besonders wichtiger Aspekt ist der Übergang zur Kreislaufwirtschaft. Diese Wirtschaftsform legt Wert auf den sparsamen Umgang mit natürlichen Ressourcen. Im Unterschied zur traditionellen linearen Wirtschaftsweise, die Rohstoffe abbaut, verarbeitet und schließlich beseitigt, zielt die Kreislaufwirtschaft darauf ab, Produkte so zu gestalten, dass sie ressourcenschonend hergestellt, lange genutzt und am Ende ihrer Lebensdauer recycelt werden können. Ein Beispiel sind Cradle-to-Cradle-Designs, die auch die Entstehung neuer, umweltfreundlicher Geschäftsmodelle ermöglichen.

Die Empfehlungen des Innovationsindikators betonen die Rolle der politischen Rahmenbedingungen für ein nachhaltiges Wirtschaften. Die Politik kann durch Gesetzgebung und Fördermaßnahmen die Entwicklung einer umweltfreundlichen Wirtschaft vorantreiben. Dies schließt Anreize für erneuerbare Energien und Energieeffizienz ein. Regulierungen sowie steuerliche Maßnahmen können dazu beitragen, umweltschädliches Verhalten einzudämmen. Die öffentliche Beschaffung wird als effektives Mittel angesehen, da sie eine hohe ökonomische Hebelwirkung besitzt und oft auf eine wettbewerbsneutrale Weise gestaltet werden kann.

Neben der Wirtschaft und der Forschung spielt auch das Verhalten der Konsumenten eine entscheidende Rolle. Ein umweltbewusster Konsum senkt die Umweltbelastung und motiviert Unternehmen, nachhaltige Produkte anzubieten. Die Entscheidungen der Verbraucher haben wesentlichen Einfluss auf Sektoren, die für einen bedeutenden Teil der Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, wie Verkehr, Ernährung oder Bau. Um Veränderungen bei Konsum- und Mobilitätsgewohnheiten zu erreichen, ist es notwendig, das Bewusstsein der Gesellschaft für Nachhaltigkeit zu schärfen.

Der Innovationsindikator umfasst all diese Aspekte im Index Nachhaltiges Wirtschaften, der aus elf Einzelindikatoren besteht. Diese Indikatoren erfassen sowohl den Einsatz von Umwelttechnologien als auch zentrale Bereiche des Umweltinnovationssystems in Wirtschaft, Wissenschaft, Staat und Zivilgesellschaft. Ziel ist es, die Fortschritte der Volkswirtschaften in Richtung Nachhaltkeitsinnovationen zu bewerten. Dabei werden dieselben Länder betrachtet wie in den vorangegangenen Kapiteln. Alle Indikatoren sind normiert, um die unterschiedliche Größe der betrachteten Länder zu berücksichtigen.

## ZENTRALE ERGEBNISSE

Viele der Länder, die beim Thema Nachhaltigkeit führend sind, haben im diesjährigen Indikator Nachhaltig Wirtschaften Rangplätze verloren. Dies ist einerseits Resultat des starken Aufholens von Ländern wie China, das 16 Punkte zulegen konnte und bei einigen Indikatoren den Benchmark verschoben hat. Andererseits waren aber eigene Verschlechterungen im Bereich des nachhaltigen Wirtschaftens ausschlaggebend.

Dies trifft auch auf Dänemark zu, das in der Vorjahresausgabe das Nachhaltigkeitsranking mit 67 Punkten angeführt hat. Auch wenn es den ersten Platz verteidigen konnte, erreicht es in diesem Jahr nur 59 Punkte. Weiterhin folgt auf Platz 2 Finnland, das aber punktmäßig ebenfalls deutlich einbüßte und 53 Zähler erreicht

(sieben weniger als im Vorjahr). Das nun drittplazierte Norwegen (45 Punkte) übernimmt diesen Platz von Deutschland, das nur noch 41 Punkte erreicht (minus sieben Punkte) und damit auf den siebten Platz zurückfällt. Vor dem Hintergrund der zuletzt starken Fokussierung der Bundespolitik auf Nachhaltigkeitsthemen ist dies ein ernüchterndes Ergebnis. Im Folgenden wird gezeigt, dass Deutschland insbesondere im Bereich von Indikatoren, die die Innovationskraft bei Nachhaltigkeitsthemen wider spiegeln, verloren hat.

Vor Deutschland liegen nun unter anderem die Niederlande auf Platz 4, sowie Österreich auf Platz 6. Gewaltig nach vorne schieben konnte sich China, das mit plus 16 Zählern nun den fünften Platz erreicht. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass China für einige der

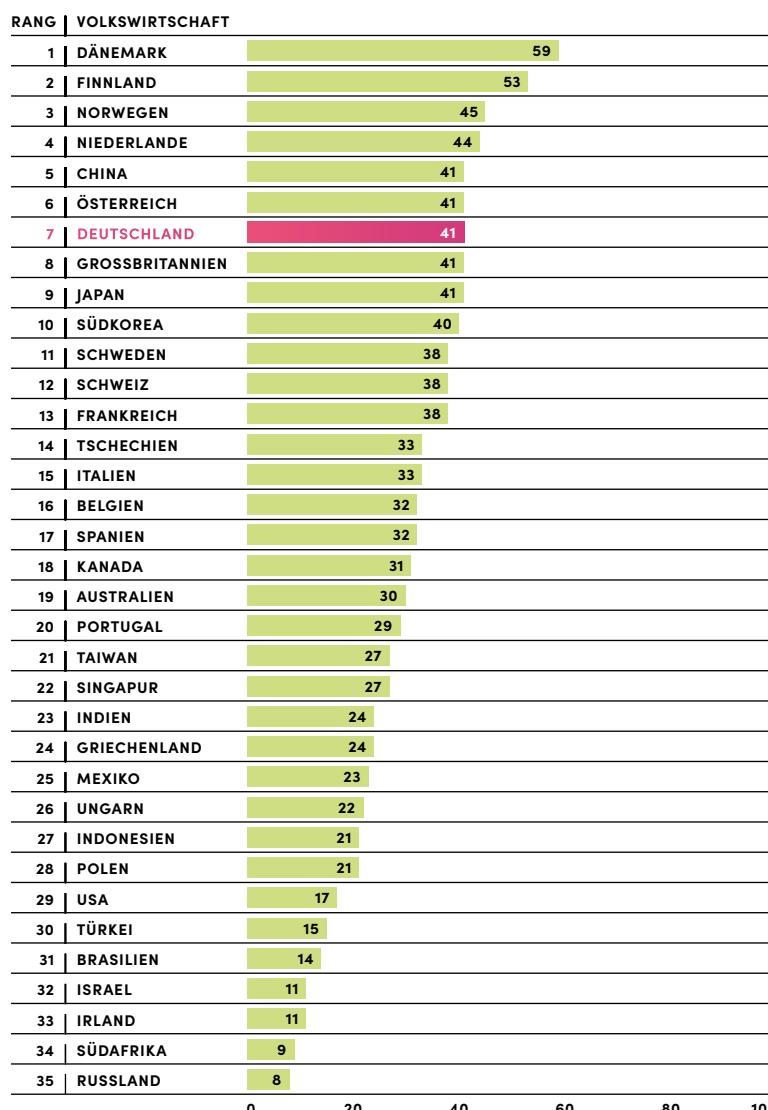
## EINZELINDIKATOREN ZUR MESSUNG DER NACHHALTIGKEIT UND IHRE QUELLEN

- FuE in erneuerbaren Energien und Energieeffizienz als Anteil am BIP (IEA)
- Grüne Frühphasen-Investitionen (EU und OECD)
- Staatliche FuE-Förderung Umwelt und Energie (OECD)
- Umweltfreundliches Kaufverhalten (World Value Survey)
- Umweltrelevante wissenschaftliche Publikationen pro Kopf der Bevölkerung (Scopus)
- Exporte nachhaltiger Güter als Anteil am BIP (Comtrade)
- Umweltinnovationen in Unternehmen (OECD)
- Umweltpolitik-Stringenz-Index (OECD)
- Umweltrelevante Patente pro Einwohner (PATSTAT)
- ISO-14001-Zertifizierungen (ISO-Survey)
- Umweltsteuern (OECD)



## MEHR BÜROKRATIE UND STEIGENDE ENERGIEKOSTEN BELASTEN DAS NACHHALTIGE WIRTSCHAFTEN IN DEUTSCHLAND. «

### NACHHALTIGKEIT: RANKING UND INDEXWERTE DER VOLKSWIRTSCHAFTEN



Quelle: Innovationsindikator 2025

Kernindikatoren keine Werte liefert, was das Ergebnis beeinflussen kann. Zu diesen Indikatoren gehören grünes Frühphasenkapital und die FuE-Förderung grüner Technologien. Reale Veränderungen sind ferner primär durch einen Indikator (Umweltinnovationen der Unternehmen) verursacht. Dennoch bestehen anerkannte Stärken: Verschiedene Quellen attestieren China eine weitere Ausweitung seiner Investitionen in grüne Technologien.<sup>21</sup> Spätestens mit dem zwölften Fünfjahresplan aus der Periode 2011 bis 2015 war China insbesondere in der Energieversorgung auf den Pfad von erneuerbaren Technologien eingeschwenkt, nicht zuletzt, um den steigenden Energiebedarf des dynamischen wirtschaftlichen Wachstums befriedigen zu können. Dieser Pfad wird auch mit den folgenden Fünfjahresplänen intensiv beschritten. China konnte in den vergangenen Jahren aber nicht nur den eigenen Technologie- und Kapazitätsbedarf bei erneuerbaren Energien bedienen, sondern ist in vielen Bereichen – in erster Linie bei Wind und Photovoltaik – zu einem wesentlichen globalen Spieler geworden.

Hinter Deutschland folgen auf den Plätzen 8 bis 11 Großbritannien, Japan, Südkorea und Schweden. Die Schweiz kann sich um vier Zähler auf 38 Punkte verbessern und erreicht damit den zwölften Rang. Punktgleich mit den Eidgenossen liegt Frankreich, das allerdings sechs Punkte verloren hat. Deutlich abgeschlagen auf Platz 16 liegt Belgien. Spanien folgt auf Platz 17 mit 32 Punkten. Punktetmäßig kann sich Spanien damit gegenüber dem Vorjahr um immerhin drei Zähler verbessern.

Das im Innovationsindikator weit vorne liegende Singapur kommt im Nachhaltigkeitsindex trotz Zugewinnen von sechs Punkten nicht über den 22. Platz hinaus. Die USA sind im Nachhaltigkeitsindex traditionell abgeschlagen auf den hinteren Rängen. Im Zuge des „Inflation Reduction Acts“, der insbesondere grüne Investitionen stark gefördert hat, konnten die USA bei einigen Indikatoren zwischenzeitlich leichte Verbesserungen erzielen. Weitere

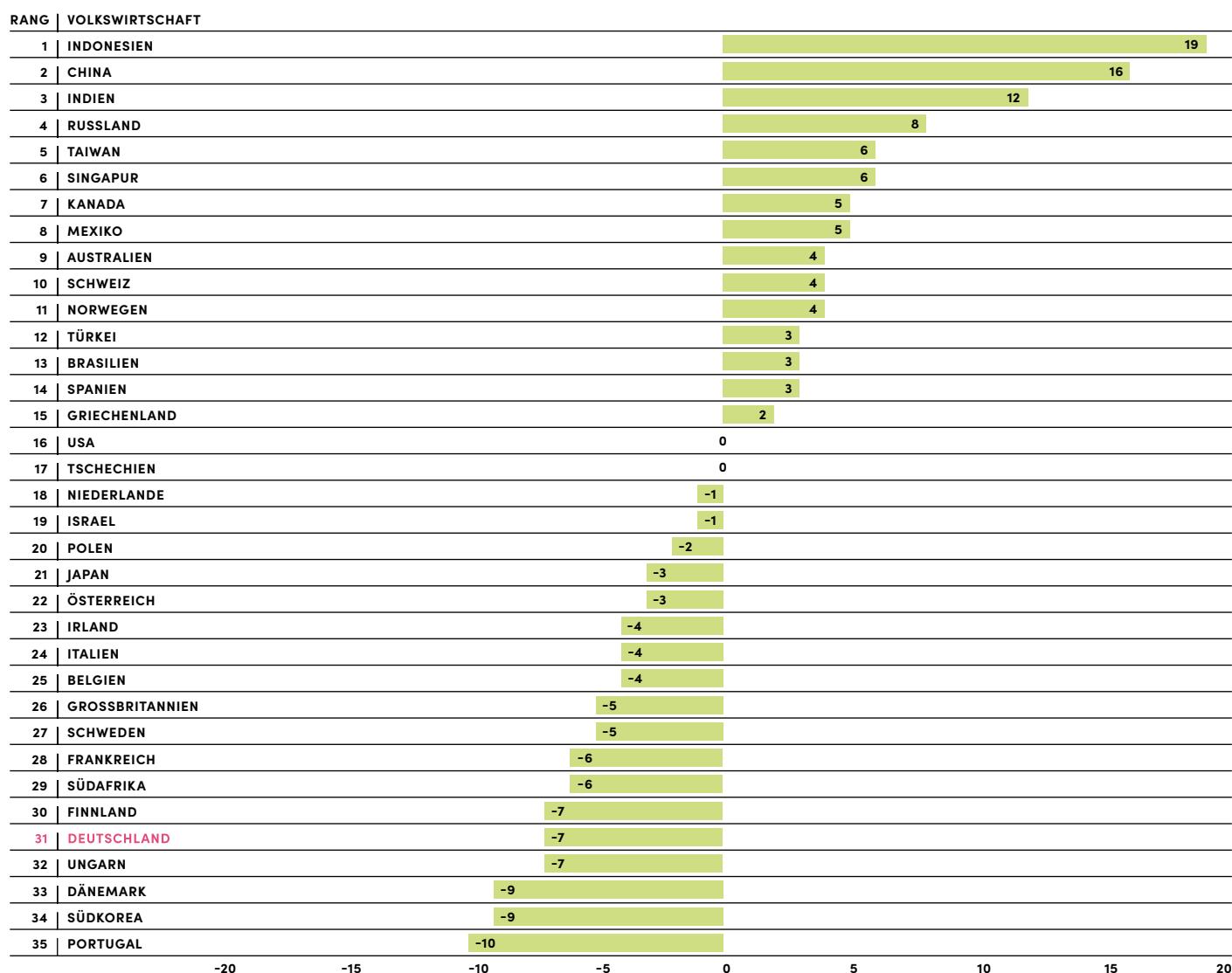
Verbesserungen waren danach aber nicht mehr möglich, sodass die USA punktemäßig unverändert 17 erreichen, was dem 29. Platz entspricht. Mit der Fokusverschiebung der Trump-Regierung in der Wirtschaftspolitik dürfte hier kaum eine Trendwende absehbar sein.

Ähnlich schlecht positioniert wie die USA sind Schwellenländer wie die Türkei (15 Punkte) und Brasilien (14 Punkte). Indonesien, das die größten Zugewinne im diesjährigen Nachhaltigkeitsindex erzielt hat, liegt sogar vor den USA. Mit Irland und Israel sind auch in diesem Jahr zwei etablierte Industrieländer am Ende des Rankings zu finden. Die beiden Schlusslichter bilden Südafrika und Russland mit neun beziehungsweise acht Punkten.

## DEUTSCHLAND VERLIERT BEI NACHHALTIGKEIT AN BODEN

Das deutlich schlechtere Abschneiden Deutschlands in der aktuellen Ausgabe des Index Nachhaltig Wirtschaften scheint zunächst verwunderlich, hatte doch die rot-grün-gelbe Bundesregierung einen starken Fokus auf die sozial-ökologische Transformation gelegt. Allerdings kann eingewendet werden, dass viele der Maßnahmen die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft durch mehr Bürokratie (zum Beispiel Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz) oder steigende Kosten für Energie belastet haben. Der Green-Growth-Ansatz demgegenüber betont, dass erfolgreiche Nachhaltigkeitstransformationen ökonomische, soziale und ökologische Ziele in Einklang bringen müssen, indem Innovationspotenziale gehoben und grüne Innovationen gestärkt werden. Im Idealfall führt ein solcher Fokus auf grüne Innovationen dazu, dass sich sowohl die Umweltbilanz der Wirtschaft verbessert als auch neue Märkte

## VERÄNDERUNGEN IM INDIKATOR NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN ZWISCHEN INNOVATIONSSINDIKATOR 2024 UND 2025



Quelle: Innovationsindikator 2025

geschaffen werden. Um dies zu erreichen, ist die Stärkung marktlicher Anreizmechanismen, die über den Preismechanismus wirken, zentral.

Dies spiegelt sich im Nachhaltigkeitsindex sehr deutlich wider. So erreichte Deutschland beim Export nachhaltiger Güter im letzten Innovationsindikator noch 99 Punkte und somit fast den Benchmark. Jetzt erreicht es in diesem Indikator nur noch 63 Zähler, was angesichts der Export-abhängigkeit der Wirtschaft ein besorgniserregendes Ergebnis ist. Verloren hat Deutschland auch bei energiebezogenen FuE-Ausgaben. Nach 34 Punkten kommt Deutschland nur noch auf magere acht Punkte. Ebenso hat Deutschland bei der Förderung umweltfreundlicher Technologien deutlich verloren und erreicht nach zuvor 79 Punkten nur noch 55 Punkte. Deutschland verliert also nicht nur aufgrund einzelner volatiler Handelsindikatoren, sondern verschlechtert sich bei vielen Indikatoren.

Ansonsten bleiben die Stärken-Schwächen-Profile der Länder bei den Einzelindikatoren recht konstant. Das führende Dänemark punktet vor allen Dingen durch eine relativ hohe Zahl umweltbezogener wissenschaftlicher Publikationen, Umweltinnovationen der Unternehmen und umweltrelevanter Patente (mit 100 Punkten jeweils der Höchstwert). Ausgeprägte Schwächen bestehen bei der ISO-14001-Zertifizierung, wo es auf null Punkte kommt. Diese Zertifizierungen reflektieren den Aufbau standardisierter Umweltmanagementsysteme und bilden somit systematische unternehmensseitige Bemühungen ab, negative Umweltwirkungen abzufedern. ISO 14001 versucht dabei, einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in den Unternehmen zu verankern und ist somit ein dynamisch wirkender Ansatz. Die Diffusion von ISO 14001 unterscheidet sich allerdings stark zwischen den Ländern, wobei insbesondere Japan, Großbritannien und China weit vorne liegen. Viele europäische Länder sind hier zögerlicher. So erreichen auch Norwegen, Finnland

und Österreich nur sehr geringe Werte. Die Gründe für die unterschiedlichen Verbreitungsgrade sind nicht immer ganz klar, aber neben institutionell unterschiedlichen Anreizmechanismen gibt es in der Literatur auch Hinweise, dass bilaterale Handelsbeziehungen zwischen den Ländern die Diffusion von ISO 14001 maßgeblich beeinflussen.

Norwegen, das im letzten Jahr noch nicht zur Gruppe der führenden Nationen im Nachhaltigkeitsindex gehörte, hat ähnlich wie Dänemark Stärken in umweltrelevanten Publikationen. Auch zeichnet es sich durch ein umweltfreundliches Kaufverhalten der Konsumenten aus und erreicht hier den Benchmark. Daneben verfügt es über Stärken im Implementierungsbereich. Einen guten Wert erreicht Norwegen bei den Unternehmen mit Umweltinnovationen (83 Zähler). Hinzu kommen ausgeprägte Stärken in Forschung und Entwicklung im Energiebereich. Österreich, das einen guten sechsten Platz erreicht, hat Stärken bei den grünen Frühphasen-Investitionen, wo es 100 Punkte erreicht. Einen soliden Wert von 60 erreicht es auch bei grünen Exporten. Mittlere Werte erreicht es unter anderem bei grünen Innovationen und umweltbezogenen Publikationen.

## UNTER DEN GROSSEN VOLKSWIRTSCHAFTEN GEWINNT CHINA AN BODEN

Innerhalb der Gruppe der großen Volkswirtschaften hatten bis zum letzten Jahr insbesondere Großbritannien und Südkorea ihre Plätze im Ranking verbessert. In diesem Jahr verlieren aber viele der großen Länder. Die große Ausnahme ist China, das 41 Zähler erreicht. Mitte der 2000er-Jahre lag es erst bei 15 Punkten, das heißt, es hat einen großen Schritt nach vorne gemacht. Dies unterstreicht Chinas politischen Willen, seine Wirtschaft nicht nur konkurrenzfähiger, sondern auch nachhaltiger aufzustellen.



**CHINA ZEIGT STARKEN POLITISCHEN WILLEN, SEINE WIRTSCHAFT NICHT NUR KONKURRENZFÄHIGER, SONDERN AUCH NACHHALTIGER ZU MACHEN. «**

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 könnte. Insgesamt hat sich für China aber in vielen grünen Energietechnologien auch ein Geschäftsmodell bewährt, das internationale Märkte mit Technologien und nicht mehr nur mit günstig produzierten Komponenten versorgt.

Chinas Stärken liegen im Nachhaltigkeitsindex wie zuvor bei den ISO-Zertifizierungen (100 Punkte). Die Steigerung im Ranking hat sich durch die Verbesserung beim Indikator Unternehmen mit Umweltinnovationen ergeben. Hier stellt China nun den Benchmark. Bei den meisten anderen Indikatoren liegt China aber nach wie vor noch recht weit zurück. Dies betrifft auch den Staat, der weder bei den Umweltsteuern (null Punkte) noch in Bezug auf umweltbezogene Regulierung (27 Punkte) besonders aktiv war, obwohl öffentlich-politische Willenserklärungen etwas anderes suggerieren.

Südkorea, das zwischenzeitlich noch unter den führenden Nationen war, nun aber zurückgefallen ist, hat ein ähnliches Profil wie Deutschland ohne sehr ausgeprägte Stärken und Schwächen. Es erzielt aber anders als Deutschland vor allen Dingen mit guten Positionierungen im Bereich der Wirtschaft, wie zum Beispiel umweltrelevante Patente (53 Punkte), vergleichsweise hohe Werte. Auch bei Umweltsteuern ist es mit 70 Zählern stark. Bei der FuE im Energiebereich und bei den grünen Exporten hingegen liegt Südkorea eher hinten.

Frankreichs ausgeprägte Stärken liegen insbesondere bei den umweltbezogenen Regulierungen, wo es auf den Bestwert von 100 Punkten kommt. Mit 14 Punkten schlecht aufgestellt ist es bei den umweltbezogenen Publikationen. Auch beim Anteil an Unternehmen mit Umweltinnovation ist es mit elf Punkten weit hinten. Leicht verbessern konnte sich Frankreich bei den umweltbezogenen Patenten und erreicht nun 19 Punkte.

Interessant ist auch das Profil von Großbritannien: Einen starken Wert erzielt es bei den ISO-14001-Zertifizierungen, wo es den Benchmark darstellt. Dies unterscheidet das Land deutlich von anderen europäischen Ländern, die hier eher schlecht sind. Moderate gute Werte erzielt Großbritannien ansonsten bei den umweltbezogenen Regulierungen mit 47 Punkten. Sehr schlecht schneidet es bei den umweltrelevanten Patenten ab, wo es nur elf Zähler erreicht.

# EMPFEHLUNGEN

**Nachhaltiges Wirtschaften vereint ökologische Verantwortung und ökonomische Ziele wie Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstandssteigerung. Ressourceneffizienz, Kreislaufprinzipien und Resilienz stärken langfristig Innovationen und die Marktposition. Entscheidend ist, dass ökonomische und nachhaltigkeitsbezogene Ziele in Einklang gebracht werden. Gleichzeitig müssen die Kosten nachhaltiger Transformationen möglichst gering gehalten werden, um wettbewerbliche Nachteile zu verringern.**

**In nicht wenigen Fällen eröffnet die nachhaltigkeitsorientierte Transformation der Wirtschaft aber auch neue Märkte, sodass die Wirtschafts- und Umweltziele Hand in Hand gehen können. Dazu gehören eine enge Zusammenarbeit mit allen Stakeholdern sowie eine transparente Berichterstattung entlang der Wertschöpfungskette. Der Einsatz digitaler Technologien und klare Regulierungsrahmen können diese Entwicklungen zusätzlich fördern.**



Die Innovationsförderung in der EU hat sich auch aus beihilferechtlichen Gründen stark auf die Entwicklung neuer Technologien konzentriert. Es ist unbestritten, dass disruptive Technologien eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung von Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit spielen. Dennoch wird oft übersehen, dass eine umfassende sozial-ökonomische Transformation der Wirtschaft in vielen Fällen vor allem von der Entwicklung zirkulärer **Geschäftsmodelle** abhängt. Diese Modelle können zwar auf innovativen Technologien basieren, verlangen jedoch auch eine grundlegende Neugestaltung der gesamten Wertschöpfungsketten. Die Nutzung vorhandener Technologien zur Steigerung der Nachhaltigkeit stellt aber oft eine Herausforderung dar, weil bestehende Geschäftsmodelle kurzfristig oft wenig wirtschaftlich attraktiv sind. Um die nachhaltige Transformation der Wirtschaft zügiger voranzutreiben, sollten Förderprogramme umfassender gestaltet werden, damit die Entwicklung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle gezielt unterstützt wird. Dazu sind geeignete rechtliche Rahmenbedingungen erforderlich. Synergien mit den über die European Circular Economy Stakeholder Platform koordinierten europäischen Förderungen beziehungsweise Programme mit Bezug zur Circular Economy können die Zielerreichung unterstützen.



Klima- und Umweltziele müssen nicht, aber können mit wirtschaftlichen Zielen, insbesondere mit wachstumsbezogenen Zielen, im Konflikt stehen. Um beide Zieldimensionen möglichst reibungsfrei zu erreichen, ist es wichtig, die **Kosteneffizienz** von klima- und umweltbezogenen Politiken stärker zu berücksichtigen. Besonders wirkungsvoll sind solche Maßnahmen, die auf marktlichen Mechanismen basieren, da diese in aller Regel eine optimale Anreizsteuerung erreichen können. Ein Beispiel hierfür ist der Emissionshandel, bei dem Unternehmen Zertifikate erwerben müssen, um CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen zu können. Dies fördert nicht nur Investitionen in bestehende nachhaltige Technologien, sondern auch Innovationen, da Unternehmen Anreize erhalten, effizientere Lösungen zu finden. Kosteneffiziente Ansätze ermöglichen es, Nachhaltigkeitsziele mit weniger finanziellen Mitteln zu erzielen, was besonders wichtig ist, da viele Länder und Unternehmen mit begrenzten Budgets arbeiten. Hinzu kommt, dass Nachhaltigkeitsmaßnahmen mit hohen wirtschaftlichen Kosten das Vertrauen in solche Initiativen gefährden können.

Im Bereich der Energieerzeugung und -verteilung kommt insbesondere der **Digitalisierung** eine Schlüsselrolle zu, um Kosteneffizienz und Versorgungssicherheit zu erhöhen. Intelligente Mess- und Steuerungssysteme ermöglichen Echtzeitüberwachung und -regelung, erkennen Fehler früh und verbessern die Lastflussteuerung. Maßnahmen wie Demand-Response, virtuelle Kraftwerke und dynamische Tarife passen den Verbrauch flexibel an die Erzeugung an, erleichtern die Integration fluktuierender erneuerbarer Energien und reduzieren teure Ausgleichsenergie. Predictive Maintenance senkt Betriebs- und Instandhaltungskosten, automatisierte Schutzfunktionen verkürzen Reaktionszeiten und können teuren Netzausbau verzögern. Richtig umgesetzt führen digitalisierte Smart Grids zu effizienterer Ressourcennutzung, geringerer Netzauslastung und niedrigeren Gesamtkosten. Wichtig dafür ist die Schaffung technischer und regulatorischer Rahmenbedingungen unter anderem bezüglich Cybersicherheit und Datenschutz.



## 8 – METHODIK

# DAS KONZEPT HINTER DER STUDIE

Seit einigen Jahren nimmt der Innovationsindikator 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 Perspektive werden zum einen neuere wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich der Innovationssystemtheorie berücksichtigt. 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 der Gegenstand der durchgeführten Analysen.

Kompositindikatoren wie der Innovationsindikator basieren auf Zusammenfassungen von Einzelindikatoren, die für die Aggregation auf eine einheitliche Skala gebracht werden müssen. Im Kern des Innovationsindikators werden drei Funktionen von Innovationssystemen über drei getrennt voneinander berechnete Kompositindikatoren erfasst. Alle drei Funktionen werden als eigenständige Zielfunktionen empirisch erfasst und analysiert:

- Innovationen hervorbringen
- Zukunftsfelder durch Schlüsseltechnologien entwickeln
- Nachhaltig wirtschaften

Bei der Berechnung von Kompositindikatoren sind drei wesentliche Stufen zu durchlaufen, nämlich die Auswahl der Indikatoren (Selektion), die Normalisierung der Werte und die Aggregation der Einzelwerte zu einem Index.<sup>22</sup>

### AUSWAHL DER INDIKATOREN (SELEKTION)

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 geringer 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 und die 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 einzel-

nen 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 (null) beziehungsweise maximalen Wert (100) gesetzt werden. Anders formuliert: Die Werte der Einzelindikatoren werden für Extremwerte außerhalb der Vergleichsgruppe der 19 Länder jeweils auf null oder auf 100 gekappt.

## 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, sodass 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 Ländern 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 Länder und Schwellenländer in der Gruppe der untersuchten Volkswirtschaften enthalten. Diese umfassen zum einen die sogenannte BRICS-Gruppe (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika), die nicht nur wegen ihrer derzeitigen oder erwarteten Dynamik, sondern auch wegen ihrer wirtschaftlichen Größe interessant für den internationalen Vergleich im Innovationsindikator sind. Zum anderen sind auch solche Länder enthalten, die entweder wissenschafts- oder

innovationspolitisch nennenswerte Entwicklungsansprüche formuliert haben (beispielsweise mitteleuropäische Länder) beziehungsweise die durch ihre Bevölkerungszahl nennenswerte absolute Zahlen erwarten lassen (beispielsweise Indonesien, Türkei, Mexiko).

## HOCHRECHNUNG DER JAHRESWERTE AM AKTUELLEN RAND

Nicht für alle Indikatoren liegen statistische Daten bis zum aktuellen Berichtsjahr 2024 vor. Dies hat unterschiedliche Gründe. Bei Patenten gibt es beispielsweise eine 18-monatige Veröffentlichungsfrist. Manche Daten werden nicht jährlich erhoben und andere Statistiken brauchen schlichtweg länger für die Aufbereitung und die Bereitstellung als ein halbes Kalenderjahr, das heißt, Mitte eines Jahres sind die Daten des Vorjahres noch nicht verfügbar. Um dennoch ein möglichst aktuelles Bild der drei im Innovationsindikator betrachteten funktionalen Dimensionen abgeben zu können, wurden in diesem Jahr einzelne Rohdaten bis zum Jahr 2024 hochgerechnet beziehungsweise fortgeschrieben. Dabei kamen die folgenden Regeln zum Einsatz. Im Fall von Patentdaten wurden die Daten für 2023 anhand der in den Datenbanken verfügbaren Daten der ersten fünf Monate des Jahres 2023 pro Land und Feld/Technologie geschätzt und mit dem Anteil der Patentanmeldungen der ersten fünf Monate des Jahres 2022 an allen Patentanmeldungen des Jahres 2022 ins Verhältnis gesetzt. Die so errechneten Patentzahlen wurden dann für das Jahr 2024 fortgeschrieben. Datenreihen, die im Jahr 2022 oder früher enden, wurden mithilfe von zeitreihenanalytischen Verfahren um ein Jahr nach vorne geschätzt. Anschließend wurden die Daten bis zum Jahr 2024 fortgeschrieben. Für eine Reihe von Indikatoren lagen Daten bis zum Jahr 2024 vor und konnten direkt verwendet werden. Alle Indikatoren wurden entsprechend der oben genannten Verfahren normalisiert und aggregiert, sodass gegenüber dem im Jahr 2024 erschienenen Innovationsindikator 2024, der Daten bis zum Jahr 2023 abgedeckt hatte, nun zusätzlich Analysen für das Jahr 2024 bereitgestellt werden konnten. Während der Coronapandemie waren die Daten in den Statistiken in einigen Ländern außergewöhnlichen und bisweilen deutlichen Änderungen unterworfen. Dies ist der Grund, weshalb wir die zeitreihenanalytischen Verfahren lediglich für die Schätzung eines Jahres (2023) verwendet haben, denn bei starken Änderungen im Zeitverlauf steigt die Unsicherheit für längere Schätzreihen stark an. Dies wollten wir vermeiden. Dennoch sind einige der Indikatoren auf Basis von Schätzungen beziehungsweise Hochrechnungen zustande gekommen und können von den tatsächlichen Werten für das jeweilige Jahr, die künftig veröffentlicht werden, abweichen. Wir sind jedoch zuversichtlich, mit der gewählten Methode und unter den gegebenen Umständen, die bestmögliche Schätzung durchgeführt zu haben.

**Weitere Details zur Methodik finden Sie im englisch-sprachigen Methodendokument.**

[innovationsindikator.de/methodik](http://innovationsindikator.de/methodik)

# 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), S. 407–429.
- 2 Die Referenzgruppe umfasst alle im Innovationsindikator abgebildeten Länder, für die zu möglichst vielen Einzelindikatoren Messwerte für möglichst viele Jahre vorliegen. Dies sind Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Japan, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechien, USA.
- 3 Vgl. Janger, J., Schubert, T., Andries, P., Rammer, C. & Hoskens, M. (2017): The EU 2020 innovation indicator: A step forward in measuring innovation outputs and outcomes? *Research Policy*, 46(1), S. 30–42.
- 4 Guan, J. & Chen, K. (2012): Modeling the relative efficiency of national innovation systems. *Research Policy*, 41(1), S. 102–115.
- 5 Die Systemeffizienz berechnet sich nicht zwangsweise als Mittel aus Wissensgenerierungs- und Kommerzialisierungseffizienz, sondern ergibt sich aus dem konkreten Zusammenspiel von Input-, Output- und Skalenkonstellationen in dem Land. Es ist also zwar möglich, dass die Systemeffizienz numerisch zwischen der Wissensgenerierungseffizienz und Kommerzialisierungseffizienz liegt. Genauso ist es aber möglich, dass sie durch eine der beiden dominiert wird. In diesem Fall ist das jeweilige Subsystem als limitierender Faktor zu verstehen.
- 6 Chesbrough, H. W. (2003): *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- 7 Hippel, E. von (1998): *The sources of innovation*, Oxford: Oxford University Press; Hippel, E. von & Krogh, G. (2011): Open innovation and the private-collective model for innovation incentives. In: Dreyfuss, R. & Strandburg, K. (Hrsg.): *The Law and Theory of Trade Secrecy: A Handbook of Contemporary Research*. Cheltenham: Edward Elgar, S. 201–221.
- 8 Kroll, H. (2025): Governance internationaler Zusammenarbeit in Forschung und Technologie, Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informations-technik, Frankfurt am Main:: Stiftung Impuls; [https://impuls-stiftung.de/wp-content/uploads/2025/07/2025-06\\_IMPULS\\_FhG\\_ISI\\_Governance-internationaler-Zusammenarbeit.pdf](https://impuls-stiftung.de/wp-content/uploads/2025/07/2025-06_IMPULS_FhG_ISI_Governance-internationaler-Zusammenarbeit.pdf).
- 9 [https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/2024/positionspapier-forschungssicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/2024/positionspapier-forschungssicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- 10 Edler, J., Blind, K., Frietsch, R., Kimpeler, S., Kroll, H., Lerch, C. et al. (2020): *Technologiesouveränität. Von der Forderung zum Konzept*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

- 11 Europäische Kommission (2025): A Competitiveness Compass for the EU. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brüssel.
- 12 Europäische Union (2024): The future of European competitiveness. Part A: A competitiveness strategy for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- 13 Europäische Kommission (2021): European Research Area Policy Agenda – Overview of actions for the period 2022–2024. Brüssel; [https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/ec\\_rtd\\_era-policy-agenda-2021.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/ec_rtd_era-policy-agenda-2021.pdf)
- 14 Es gibt zwar einige wenige Indikatoren, die sowohl bei der Innovationsfähigkeit als auch bei der Offenheit verwendet werden, die Unterschiede sind jedoch deutlich. Von 21 Indikatoren beim Thema Offenheit finden sich lediglich zwei Indikatoren (Anteile von internationalen Ko-Publikationen und Ko-Patenten) auch bei der Innovationsfähigkeit. Die Offenheit zielt in der Breite auf Austausch ab, was bei der Innovationsfähigkeit nicht direkt berücksichtigt wird.
- 15 <https://www.investmentplattformchina.de/grenzueberschreitender-datentransfer-von-china-ins-ausland/>
- 16 Die Rangkorrelation von Innovationsfähigkeit und Offenheit der hier betrachteten Länder steigt im Zeitverlauf an und fällt dann mit dem Jahr 2020 etwas ab.
- 17 [https://www.bmfr.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/2024/positionspapier-forschungssicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmfr.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/2024/positionspapier-forschungssicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- 18 Kroll, H., Berghäuser, H., Blind, K., Neuhäusler, P., Scheifele, F., Thielmann, A. & Wydra, S. (2022): Schlüsseltechnologien. Berlin: EFI. EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2022): Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022. Berlin: EFI.
- 19 Es gilt an dieser Stelle besonders zu betonen, dass Taiwan aufgrund fehlender Außenhandelsdaten bei Schlüsseltechnologien nicht im Länderset enthalten ist, jedoch bei der Chip-Entwicklung und auch der Chip-Produktion zu den führenden Ländern weltweit gehört.
- 20 [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/07/oecd-reviews-of-innovation-policy-korea-2023\\_6517d469/bdcf9685-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/07/oecd-reviews-of-innovation-policy-korea-2023_6517d469/bdcf9685-en.pdf)
- 21 <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2025/china>;  
<https://www.weforum.org/stories/2025/07/chinas-green-transformation/>
- 22 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 industrienahen 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](http://bdi.eu)



Roland Berger ist eine weltweit führende Strategieberatung mit einem breiten Leistungsangebot für alle relevanten Branchen und Unternehmensfunktionen. Roland Berger wurde 1967 gegründet und hat seinen Hauptsitz in München. Die Strategieberatung ist vor allem für ihre Expertise in den Bereichen Transformation, industrieübergreifende Innovation und Performance-Steigerung bekannt und hat sich zum Ziel gesetzt, Nachhaltigkeit in all ihren Projekten zu verankern. Roland Berger erzielte 2024 einen Umsatz von rund 1 Milliarde Euro.

[rolandberger.com](http://rolandberger.com)



Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI forscht in neun Abteilungen 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 fortgeschrittenen 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](http://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](http://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

## **AUTORINNEN UND AUTOREN**

Rainer Frietsch, Torben Schubert, Christian Rammer,  
Cecilia Garcia Chavez, Sonia Gruber, Valeria Maruseva,  
David Born

## **VERANTWORTLICH**

Holger Lösch (BDI, Stellvertretender Hauptgeschäftsführer)  
Stefan Schaible (Roland Berger, Global Managing Partner)

## **REDAKTION**

Dr. Rainer Frietsch (Fraunhofer ISI), Prof. Dr. Torben Schubert  
(Fraunhofer ISI), Dr. Christian Rammer (ZEW), Dr. Carsten Wehmeyer (BDI),  
Dr. Mariia Halada (BDI), Johanna Klein (BDI), Dr. David Born (Roland Berger)

## **GRAFIK UND LAYOUT**

SeitenPlan GmbH, Dortmund

## **FOTOS**

Jana Legler (S. 5, li.), Roland Berger (S. 5, re.)

## **STAND**

November 2025

## **COPYRIGHT**

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

»

**DIE ALTEN ERFOLGE  
TRAGEN IMMER  
WENIGER. WIR MÜSSEN  
GRUNDSÄTZLICHES  
ÄNDERN. «**