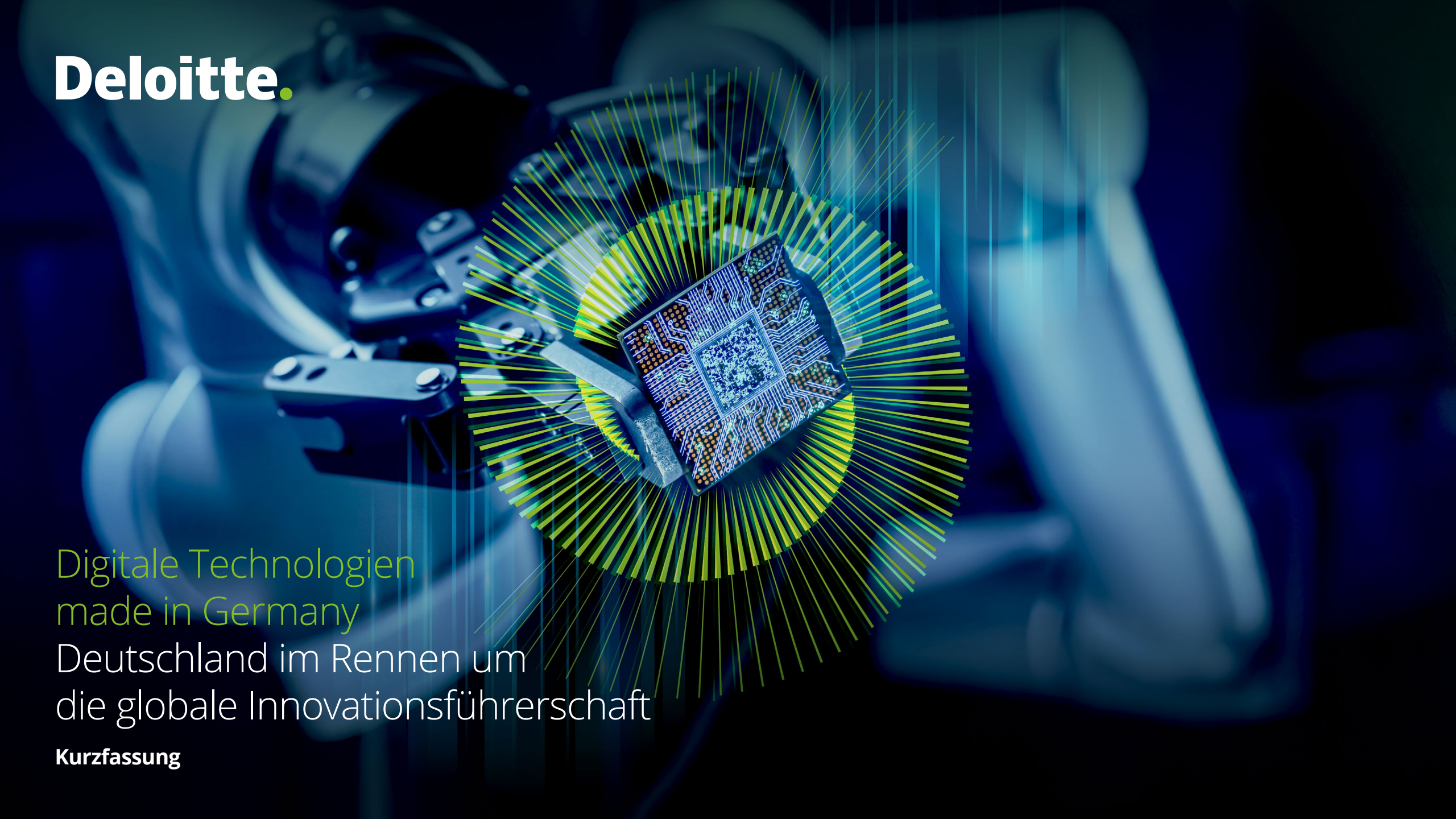
Deloitte.



Digitale Technologien made in Germany

Deutschland im Rennen um die globale Innovationsführerschaft

Kurzfassung

Vorwort: Eine neue Stufe der Digitalisierung

Die digitale Transformation hat in den vergangenen Jahrzehnten erheblich zum globalen Wirtschaftswachstum beigetragen und Digitalisierungstechnologien zur Grundlage des Wohlstands vieler Länder gemacht. Deutschland konnte diese ersten Wellen der Digitalisierung wirtschaftlich nicht voll ausschöpfen. Heute treiben richtungsweisende Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung – wie künstliche Intelligenz, insbesondere Neural Networks und Deep Learning, Quantencomputing und Mikroelektronik, also die Herstellung moderner Computerchips – eine neue Stufe der digitalen Transformation voran. Sie sind der Schauplatz des Wettbewerbs um das globale Technologierennen.

Mit Blick auf die von der Bundesregierung angekündigte Hightech-Agenda gibt diese Studie einen Überblick über Deutschlands Position im globalen Technologiewettbewerb und zeigt Chancen und ungenutzte Potenziale auf sowie Handlungsempfehlungen für die Akteure des Staates.

Auf Grundlage einer gemeinsam mit dem Schweizer Institut EconSight durchgeführten Patentanalyse wurden deutsche und internationale Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in zentralen Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung untersucht. Wichtig dabei ist die qualitative Betrachtung sogenannter Weltklassepatente, die sich von einer rein quantitativen Zählung wesentlich unterscheidet. Die Analyse stellt die globale Entwicklung der kritischen Zukunftstechnologien dar und nimmt eine Standortbestimmung Deutschlands im internationalen Vergleich vor.

Autor:innen der Studie

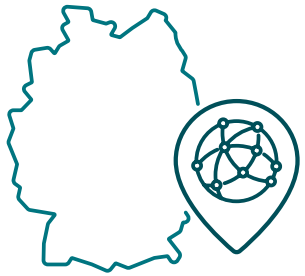
Felix Dinnessen
Partner

Laura Defosse
Senior Manager

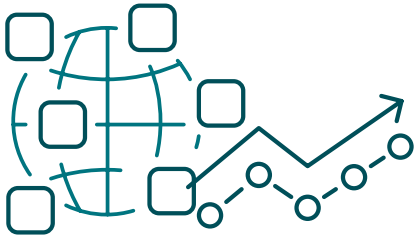
Julius Sicken
Senior Manager

Eike Andre Wermes
Senior Consultant

Executive Summary

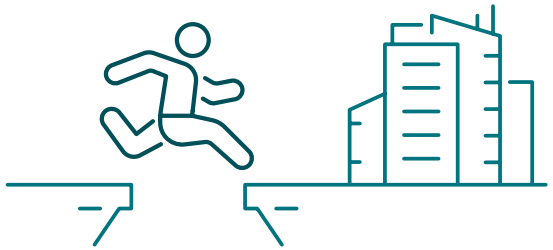


Deutschland muss Schwerpunkte setzen
Deutschland verfügt im Vergleich zu den USA oder China über weniger Ressourcen und muss in der Forschung deshalb auf besonders vielversprechende Entwicklungen setzen – gemeinsam mit der Wirtschaft. Dazu gehören unter anderem Technologien zu neuartigen Computerarchitekturen.

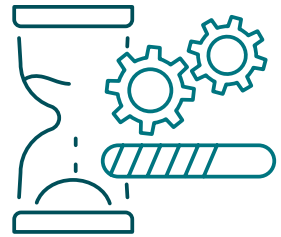


Wichtige Forschungspotenziale bleiben ungenutzt
Unter dem Einfluss extremer globaler Dynamiken und des starken Forschungswachstums Chinas kann Deutschland in Einzelkategorien Weltanteile an Patenten verteidigen, die tatsächliche Quote fällt in entscheidenden Technologien aber zu gering aus.

Im globalen Rennen verlieren wir zunehmend an Boden
Die Patentanalyse zeigt: Deutschland ist in Europa das führende Land im Bereich der Zukunftstechnologien und gehört weltweit zu den fünf innovativsten Ländern – der Abstand zu den globalen Spitzenreitern USA, China und Südkorea nimmt jedoch deutlich zu.



Nachfrageanreize können das „Tal des Todes“ überbrücken
Ergebnissen aus der Forschung gelingt in Deutschland zu selten der Sprung in die wirtschaftliche Verwendung. Um dabei entstehende Finanzierungslücken zu überbrücken, braucht es nachfragestimulierende Anreize für Investitionen aus der Wirtschaft.



Die Technologiewende verläuft zu zaghaft
Während das Wachstum entscheidender Technologien der letzten Jahrzehnte nachlässt, verzeichnen fortgeschrittene digitale Technologien in Deutschland erste Zuwächse, das Tempo ist jedoch zu zaghaft, Deutschland stagniert insgesamt bei seinen Weltanteilen.

Entschlossene Innovationspolitik bringt die Wirtschaft an Bord
Das Beispiel Südkorea zeigt: Obwohl das Land in vielerlei Hinsicht mit Deutschland vergleichbar ist, liegt es bei vielen fokussierten Technologien weit vorn. Die staatliche Innovationspolitik hat es geschafft, die Wirtschaft überdurchschnittlich stark in die Forschungsfinanzierung einzubinden.

Inhalt

01 **Relevante Technologien in den Blick nehmen und Schwerpunkte setzen**

02 **Im globalen und europäischen Vergleich standhalten**

03 **Das deutsche Technologieprofil neu definieren**

04 **Mit Investitionsanreizen das „Tal des Todes“ überwinden**

05 **Methodik: Dreistufige Patentanalyse**

06 **Anhang: Glossar und weiterführende Informationen**

Kontakte

01

Relevante Technologien in den Blick nehmen und Schwerpunkte setzen

Welche „Technologien der fortgeschrittenen Digitalisierung“ werden unsere Zukunft prägen?

Den Blick öffnen – und Schwerpunkte setzen

Die Hightech-Agenda Deutschland nimmt laut Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung sechs Zukunftstechnologien in den Fokus[1]:

1. Künstliche Intelligenz
2. Quantencomputing
3. Moderne Computerchips
4. Biotechnologie
5. Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung
6. Klimaneutrale Mobilität

Mit den ersten drei Technologien priorisiert die neue Bundesregierung drei für den globalen Wettbewerb wichtige Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung. Deutschland und Europa werden nicht in allen dieser hart umkämpften Bereiche mit denselben Mitteln wie die USA oder China konkurrieren können. Die Perspektive der Wirtschaft kann hier den Blick öffnen und dabei helfen, gemeinsame Schwerpunkte zu setzen.

Potenziale für zukünftige globale Wettbewerbsvorteile liegen für Deutschland dabei insbesondere in der industriellen Anwendung, im Einsatz von neuartigen Computerarchitekturen und von energieeffizienten Digitalisierungstechnologien.

Vor diesem Hintergrund nimmt die Studie eine erweiterte und differenzierte Betrachtung der relevanten Zukunftstechnologien[2] in vier Oberkategorien vor:

Enabler-Technologien
Neural Networks & Deep Learning
Quantencomputing
Encryption-Technologien
Neuromorphic Computing
Brain-Interaction-Technologien
Cloud Computing
Virtual & Augmented Reality

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie
Digital Twin
Elektrooptische Chip-Technologien
EUV-Fotolithografie
Machine-to-Machine Communication
Robotics
Smart Factory

Technologien für vernetzte Mobilität
Active Traffic Control
Autonomes Fahren
Connected Cars
Road Traffic Interaction

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz
Batterietechnologien
Energieeffiziente Chiptechnologien
Energieeffiziente Computerhardware
Smart Grid

[1] CDU, CSU und SPD (2025): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Verantwortung für Deutschland.
[2] Beschreibungen aller genannten Technologien finden sich im Glossar.

Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung wachsen weltweit

Alle vier Technologiefelder der fortgeschrittenen Digitalisierung verzeichnen in den letzten zehn Jahren deutlich wachsende Patentzahlen weltweit, sie entwickeln sich zu einem entscheidenden wirtschaftlichen Wachstumstreiber

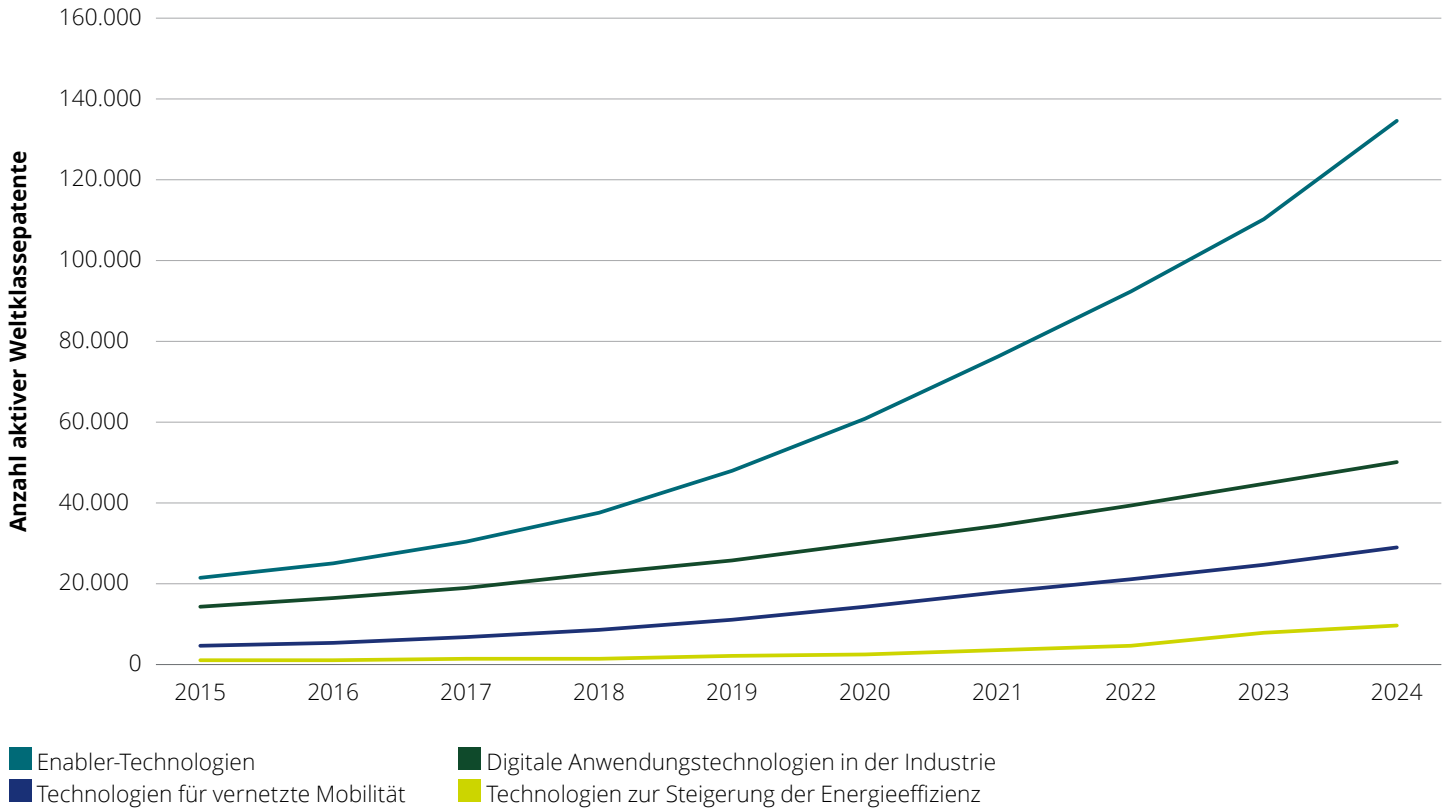
Enabler-Technologien weisen eine besonders starke Dynamik auf.

- Getragen wird die Entwicklung hier vor allem durch Neural Networks & Deep Learning, die knappe 60 Prozent der Patente innerhalb der Kategorie ausmachen. Hier sind die Weltklassepatente zwischen 2019 und 2024 von 11.886 auf 78.014 angewachsen.

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie bilden die zweitstärkste Kategorie.

- Hier treibt insbesondere der Bereich Robotics das Wachstum an. Von 12.678 aktiven Weltklassepatenten 2019 sehen wir 2024 einen Anstieg auf 24.634, was einem heutigen Anteil von 43 Prozent an Patenten innerhalb der Kategorie entspricht.

Abb. 1 – Weltweite Entwicklung der Weltklassepatente in den Oberkategorien der fortgeschrittenen Digitalisierung (2015–24)



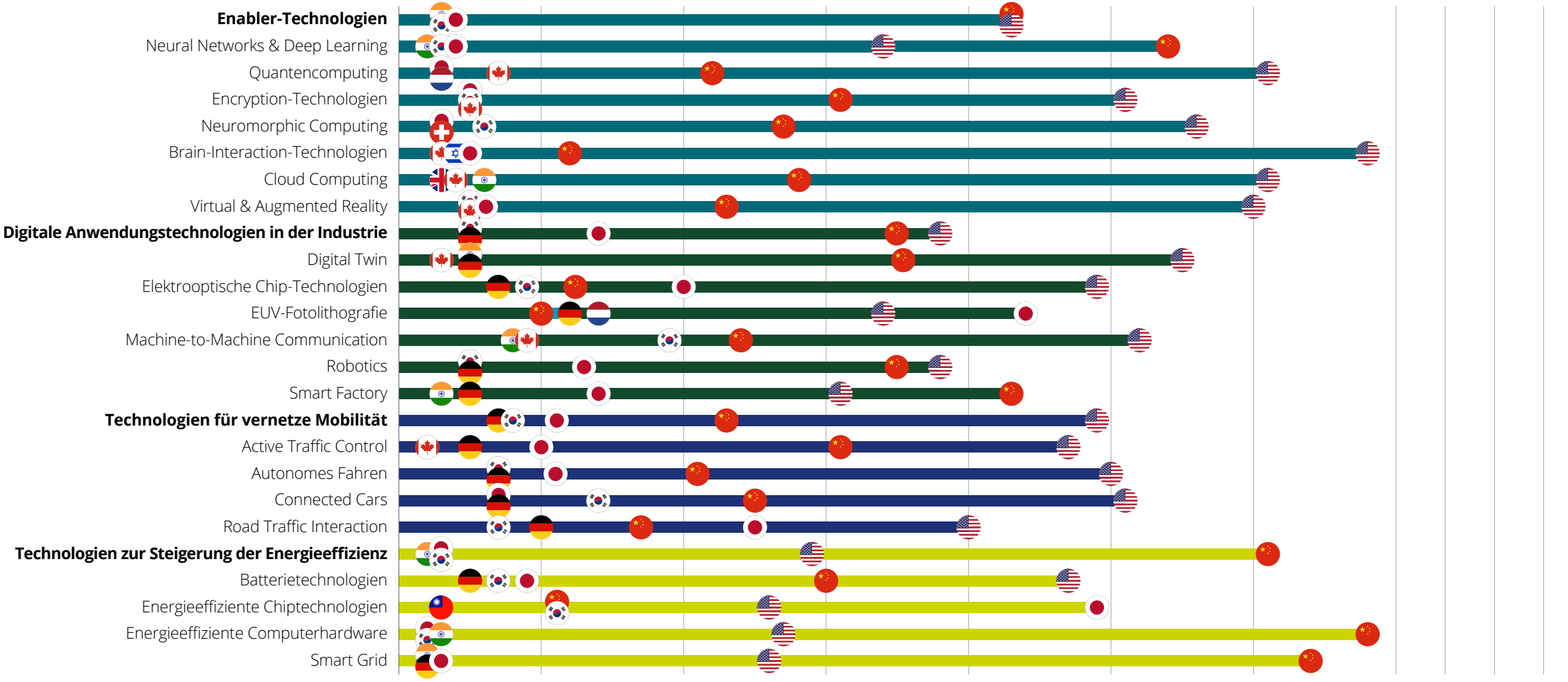
02

Im globalen und europäischen Vergleich standhalten

Im globalen Rennen um die Innovationsführerschaft gehört Deutschland zu den Top-5-Nationen

Der Abstand zu den USA und China sowie in einzelnen Technologien zu Südkorea und Japan wird jedoch immer größer

Abb. 2 – Weltanteil Weltklassepatente in Einzeltechnologien und Oberkategorien (2024)



Rahmenbedingungen für Aufholjagd in Technologien der fortgeschrittenen Digitalisierung schaffen

Perpektive aus der Beratung

„Die Technologien der fortgeschrittenen Digitalisierung werden zu einem entscheidenden wirtschaftlichen Wachstumstreiber. Sie sind der Schauplatz des globalen Wettlaufs um Technologieführerschaft und Innovation. In diesem Rennen verliert Deutschland zunehmend an Boden. Für eine Aufholjagd gegenüber den USA oder China braucht es den Schulterschluss von Politik und Wirtschaft. Der Staat kann durch Anreize und einen innovationsfreundlichen Rechtsrahmen die Bedingungen schaffen, um mehr privates Kapital für die Entwicklung und Anwendung von Zukunftstechnologien zu mobilisieren.“

Felix Dinnessen
Partner Government & Public Services

Der Überholkurs Chinas geht zulasten aller anderen Forschungsnationen

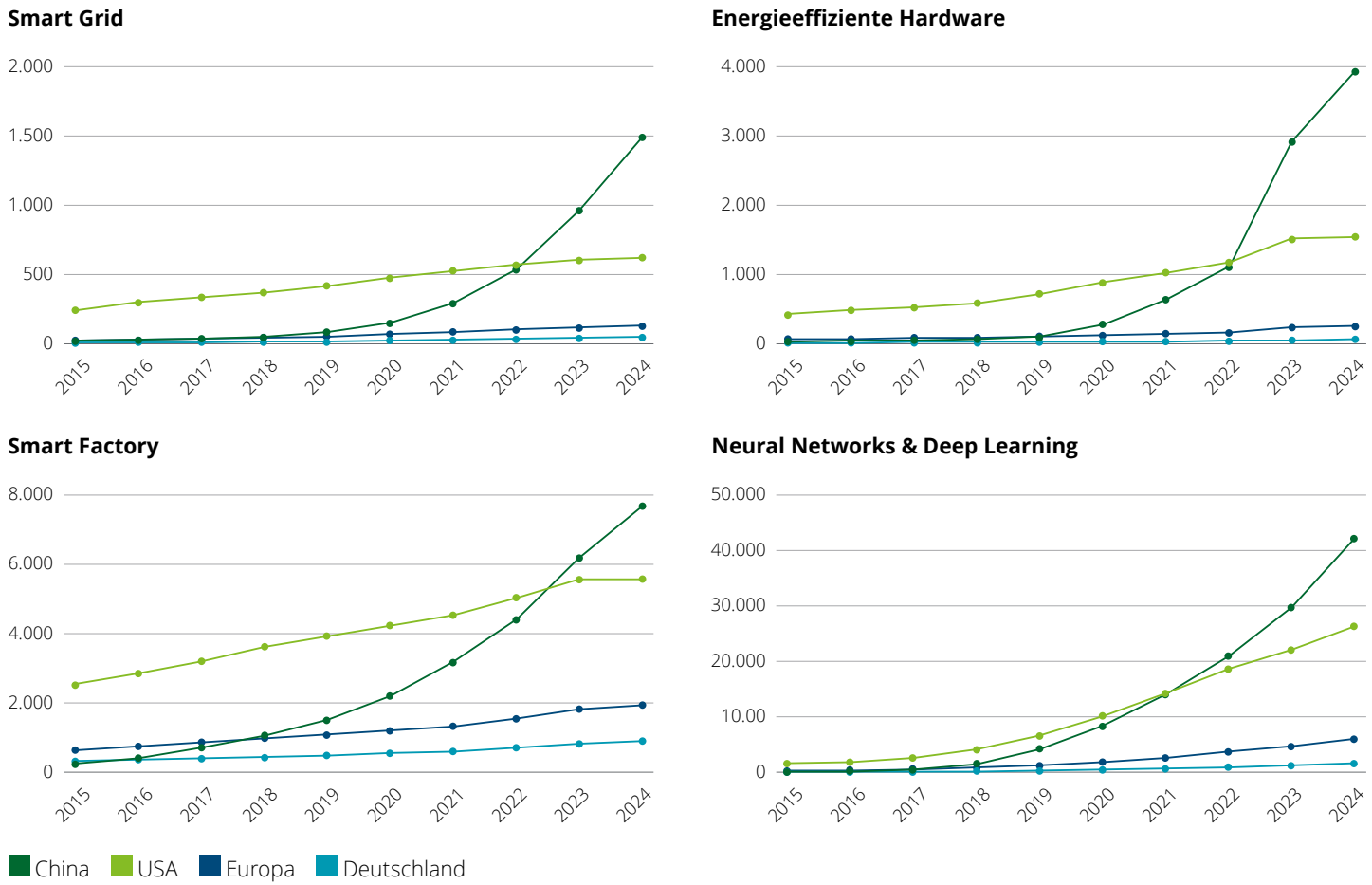
Chinas rasant wachsender Anteil an Schlüsseltechnologien verdrängt vor allem die USA von der Spitzenposition – Deutschland kann trotz der starken Dynamik seine globalen Anteile bislang weitgehend behaupten

China ist der neue Taktgeber

Im globalen Vergleich nehmen gegenwärtig entweder die USA oder China in fast allen Zukunftstechnologien die führende Rolle ein. Die detaillierte Betrachtung der beiden Länder zeigt jedoch eine jeweils grundlegend unterschiedliche Dynamik:

- Das chinesische Technologieprofil zeigt neben hohen relativen Weltanteilen ein **stark steigendes Wachstum** in allen untersuchten Technologien.
- Die vier abgebildeten Felder haben eine Gemeinsamkeit: China hat hier durch **intensivierte Forschungsaktivitäten** jeweils bereits die Technologieführerschaft von den USA übernommen. Dies steht beispielhaft für den Gesamttrend in allen Technologien.
- Die Verschiebung vom Fokus auf Produktion zu einem Standort für **hochwertige Forschung und Entwicklung** ist ein relativ junger Trend in China, der sich in etwa seit 2015 zeigt. Heute, zehn Jahre später, ist China bei vielen Spitzentechnologien bereits führend oder liegt an zweiter Stelle hinter den USA.

Abb. 3 – Entwicklung der Weltklassepatente in vier ausgewählten Einzeltechnologien (2015–2024)



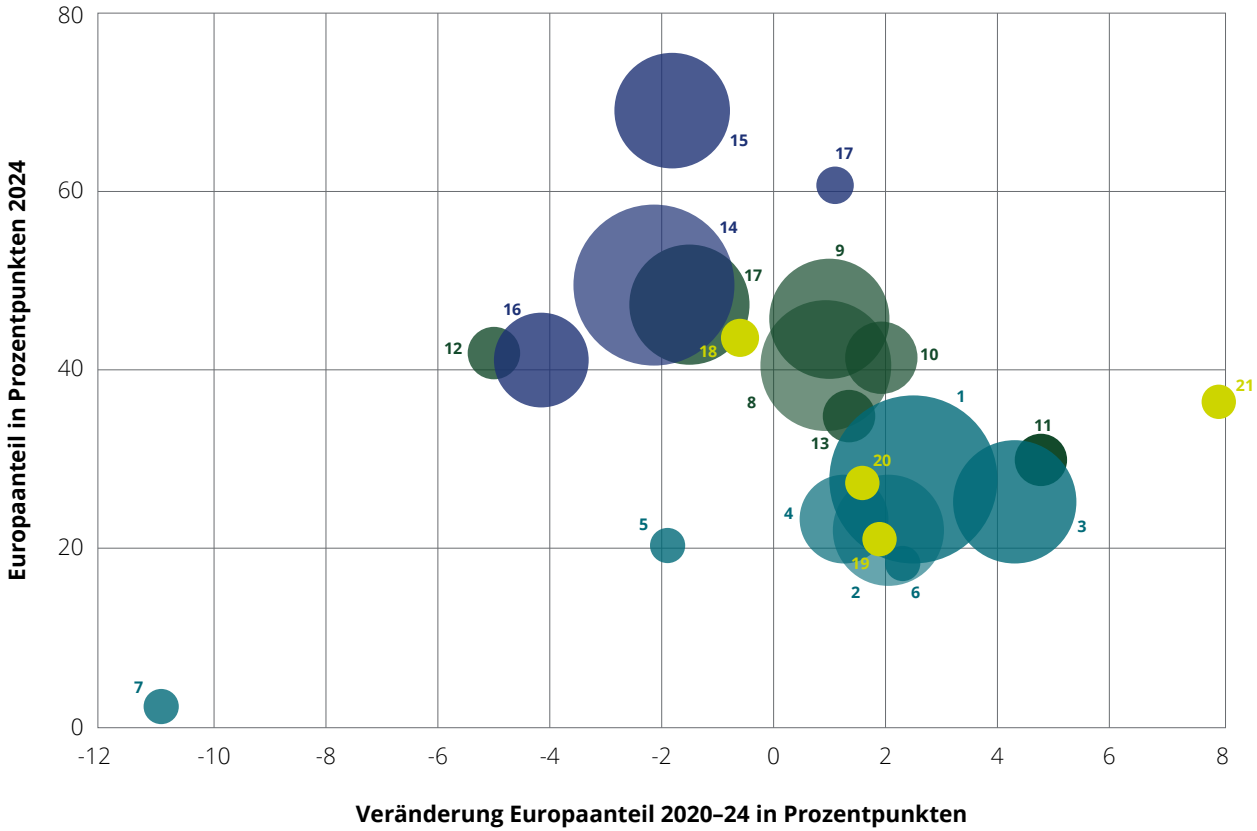
In Europa ist Deutschland der führende Forschungsstandort

Mehr als ein Drittel aller europäischen Weltklassepatente in den untersuchten Technologien kommt aus Deutschland

Technologieführerschaft in Europa

- In den Kategorien **Technologien für vernetzte Mobilität** und **Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz** liegt der deutsche Anteil der europäischen Weltklassepatente bei fast 50 Prozent. Teilweise zeigt sich hier bei einzelnen Technologien eine nahezu alleinige Spitzenposition innerhalb Europas.
  - Einzeltechnologien wie Road Traffic Interaction und Active Traffic Control erreichen in Deutschland sehr hohe Europaanteile von 69 bzw. 60 Prozent.
- Im Bereich der **Enabler-Technologien** weist lediglich das Vereinigte Königreich einen marginal höheren Anteil (27%) an den europäischen Weltklassepatenten auf.
- Der Vergleich veranschaulicht die Stellung, die Deutschland für den Technologiestandort Europa bereits heute einnimmt. Die Dynamik zeigt zudem deutlich, dass sich diese Rolle verstärkt.

Abb. 4 – Technologieprofil Deutschland, Weltanteile in Einzeltechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung in Europa (2024)



Kategorie

Enabler-Technologien

1 Neural Networks & Deep Learning
2 Cloud Computing
3 Encryption-Technologien
4 Virtual & Augmented Reality
5 Brain-Interaction-Technologien
6 Quantencomputing
7 Neuromorphic Computing

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

8 Robotics
9 Smart Factory
10 Elektrooptische Chip-Technologien
11 Machine-to-Machine Communication
12 EUV-Fotolithografie
13 Digital Twin

Technologien für vernetze Mobilität

14 Autonomes Fahren
15 Road Traffic Interaction
16 Connected Cars
17 Active Traffic Control

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz

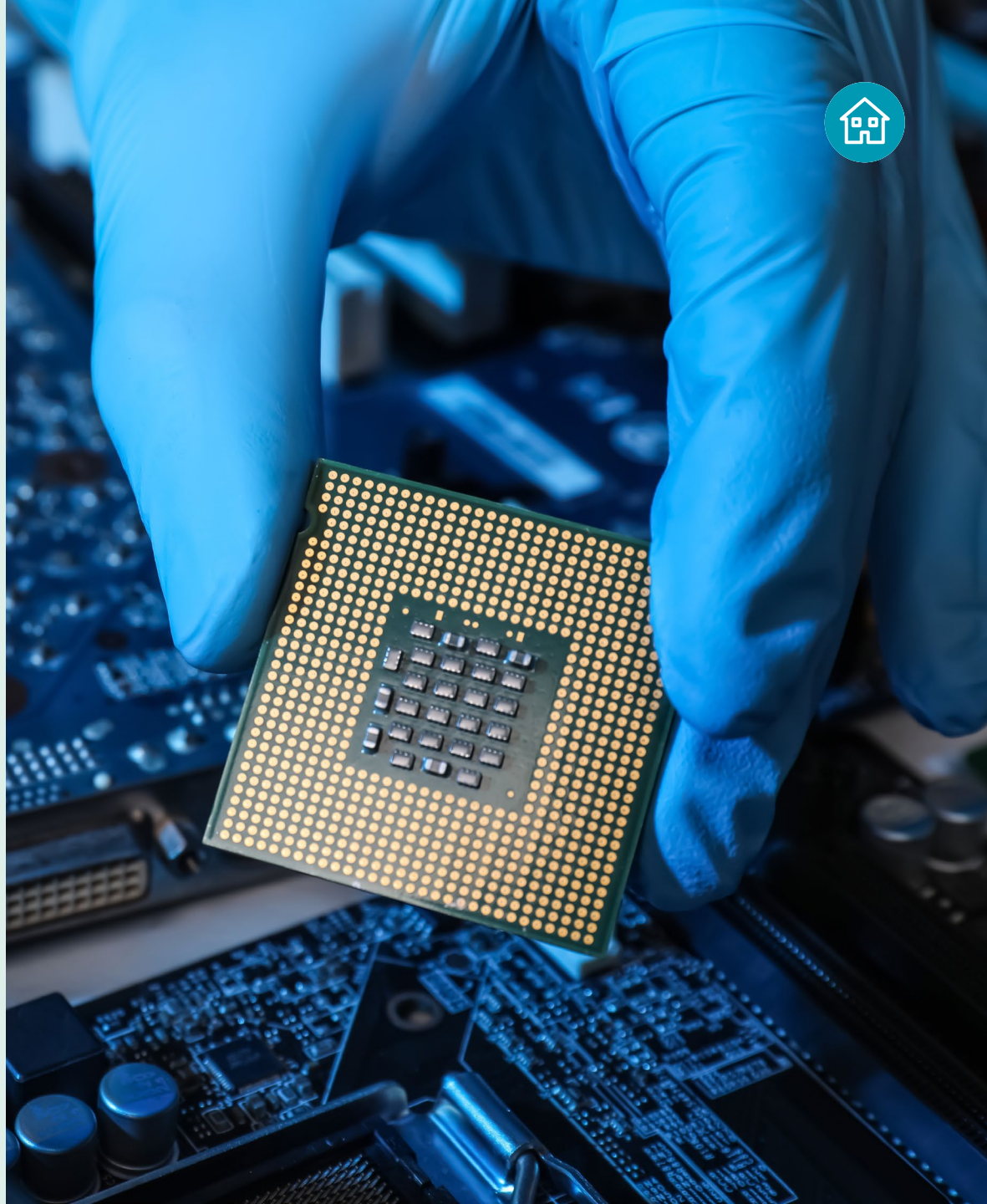
18 Batterietechnologien
19 Energieeffiziente Computerhardware
20 Energieeffiziente Chiptechnologien
21 Smart Grid

Potenziale regionaler Technologiewertschöpfungsketten nutzen

Perspektive aus der Halbleiterindustrie

„Grundsätzlich verfügt Deutschland bereits über ein starkes Innovationsökosystem – es gilt jetzt, klare Ziele zu setzen und konsequent danach zu handeln. Wir haben das Potential ein „Photonics Mekka“ zwischen Eindhoven und Aachen aufzubauen. Hier haben sich weltweit führende Unternehmen für Halbleiter und Photonik entwickelt, die die gesamte Wertschöpfungskette von Design bis Packaging abdecken können. Starke Kollaborationen sind der Weg zum Erfolg. Das zeigt: Ideen regieren die Welt, und wenn diese konsequent verfolgt werden, entstehen daraus konkrete Ansiedlungen und wirtschaftliche Erfolge.“

Sebastian Schall
CFO und Mitgründer von Black Semiconductor



03

Das deutsche Technologieprofil neu definieren

Die Technologiewende ist eingeleitet – das Tempo muss sich steigern

Während das Wachstum etablierter Technologien der letzten Jahrzehnte nachlässt, verzeichnen fortgeschrittene digitale Technologien erste Zuwächse

Die Richtung stimmt, das Tempo bleibt zaghaft

- Die absolute Entwicklung von Weltklassepatenten nahm in den vergangenen zehn Jahren in den untersuchten Oberkategorien der fortgeschrittenen Digitalisierung zu. Eine **Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten** in Richtung der Zukunftstechnologien hat demnach bereits eingesetzt.
- Gleichzeitig nahm die Dynamik bei Wachstumstechnologien des 20. Jahrhunderts wie **Verbrennungsmotoren und Maschinen/Pumpen/Turbinen** deutlich ab – der Wendepunkt ist erreicht.
- Wenngleich die Entwicklung einzelner Weltklassepatente noch keine Garantie für **wirtschaftlichen Erfolg** darstellt, besteht ein Zusammenhang zwischen Anteilen an Weltklassepatenten und Anteilen am (potenziellen) wirtschaftlichen Erfolg einer Technologie.

Tab. 1 – Anteile Technologiekategorien an Gesamtheit der deutschen Weltklassepatente (2024)

Technologiekategorie	Anteil an deutschen Weltklassepatente 2024	Veränderung Anteil 2020–24
Elektrotechnik	13,20%	2,70%
Messtechnik	13,90%	2,00%
Enabler-Technologien	**3,80%**	**1,70%**
Technologien für vernetzte Mobilität	**2,20%**	**0,90%**
Medizintechnik	5,90%	0,80%
Transport	14,60%	0,80%
Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie	**2,80%**	**0,80%**
Biotech	4,70%	0,10%
Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz	**0,20%**	**0,10%**
Maschinen/Pumpen/Turbinen	6,00%	-0,70%
Verbrennungsmotor	4,50%	-2,00%
Pharma	4,60%	-2,50%

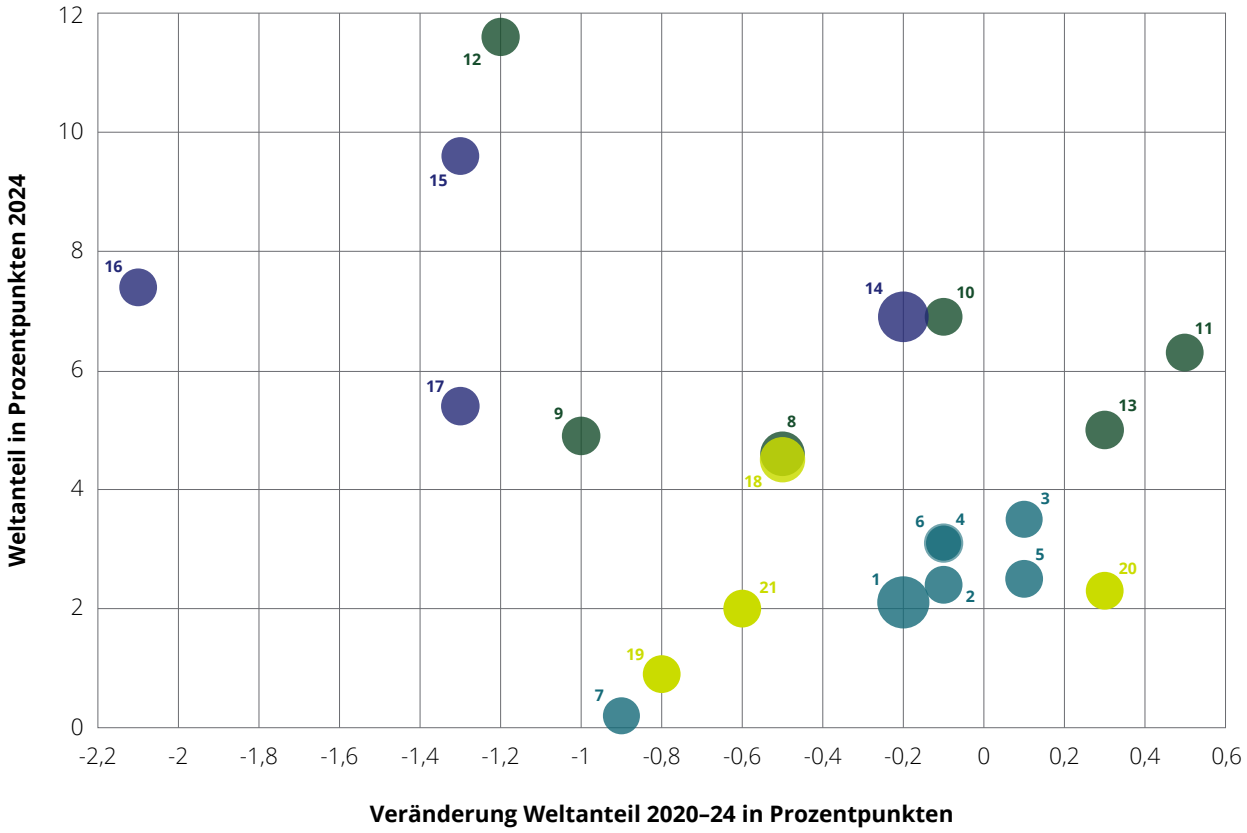
Einzelne Zukunftstechnologien sind in Deutschland zu Hause – anderen fehlt das Momentum

Trotz extremer globaler Dynamik kann Deutschland in den meisten Einzelkategorien Anteile an Weltklassepatenten verteidigen, die tatsächliche Quote fällt in wichtigen Schlüsselbereichen aber gering aus

Potenziale von Schlüsseltechnologien bleiben ungenutzt

- Die Gegenüberstellung des relativen Anteils an den Weltklassepatenten einer Technologie und deren Dynamik (gemessen an der Veränderung des Weltanteils im Zeitraum 2020–24) zeigt eine **ausgewogene Verteilung** der Einzeltechnologien mit Weltanteilen größtenteils zwischen 2 und 7 Prozent.
- Die **Erhaltung und Steigerung von Weltanteilen** im deutschen Zukunftstechnologieprofil und selbst der leichte Verlust in einzelnen Bereichen sind unter dem Einfluss der extremen Dynamik und der sehr hohen Weltanteile Chinas als positiv einzuordnen.
- In **digitalen Anwendungstechnologien in der Industrie** und **Technologien für vernetzte Mobilität** verfügt Deutschland im Schnitt über höhere Weltanteile als in den anderen beiden Oberkategorien.
- Auffällig ist der **zweistellige Weltanteil** in der Technologien EUV-Fotolithografie: 56 Prozent des deutschen Anteils an Weltklassepatenten in diesem Bereich entfallen auf ein deutsches Unternehmen allein.
- Enttäuschend erscheinen die **geringen Weltanteile** in den wichtigen Technologien neuromorphes Computing und energieeffiziente Hardware.

Abb. 5 – Technologieprofil Deutschland, Weltanteile in Einzeltechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung in Europa (2024)



Kategorie

Enabler-Technologien

1 Neural Networks & Deep Learning
2 Cloud Computing
3 Encryption-Technologien
4 Virtual & Augmented Reality
5 Brain-Interaction-Technologien
6 Quantencomputing
7 Neuromorphic Computing

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

8 Robotics
9 Smart Factory
10 Elektrooptische Chip-Technologien
11 Machine-to-Machine Communication
12 EUV-Fotolithografie
13 Digital Twin

Technologien für vernetze Mobilität

14 Autonomes Fahren
15 Road Traffic Interaction
16 Connected Cars
17 Active Traffic Control

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz

18 Batterietechnologien
19 Energieeffiziente Computerhardware
20 Energieeffiziente Chiptechnologien
21 Smart Grid

Technologiegerichtetes Denken mit markt-wirtschaftlichen Anforderungen verbinden

Eine Perspektive aus dem Venture-Capital-Markt

„Während die wissenschaftliche Forschung durch Neutralität und Technologieoffenheit punktet, fehlt es häufig an einer klaren Ausrichtung auf Kommerzialisierung und Problemlösungen. Die Verbindung von Forschungsergebnissen mit marktfähigen Anwendungen bleibt so oft ungenutzt. Zudem erhöhen unterschiedliche Anreizstrukturen im Vergleich zu Ländern wie den USA die Hürde für einen effektiven Technologie- und Forschungstransfer. Wir beobachten aber, dass die Bereitschaft zu Veränderungen hierzulande wächst und die Innovationskraft nach wie vor sehr stark ist. Was wir brauchen, ist eine Kultur der Zusammenarbeit und Risikobereitschaft. Wenn außerdem regulatorische Hürden niedrig gehalten, Technologien gezielt gefördert und digitale Geschäftsmodelle stärker akzeptiert werden, kann das bestehende Potenzial noch besser ausgeschöpft werden.“

Malvine Komorek
Geschäftsführerin Schauenburg Ventures GmbH

Fokus Enabler-Technologien: getrieben vom Interesse der verarbeitenden Industrie

Eine Vielzahl von Patenten halten in dieser Kategorie nicht nur Tech-Firmen, sondern auch Player aus der Auto-, Pharma- oder Chemieindustrie

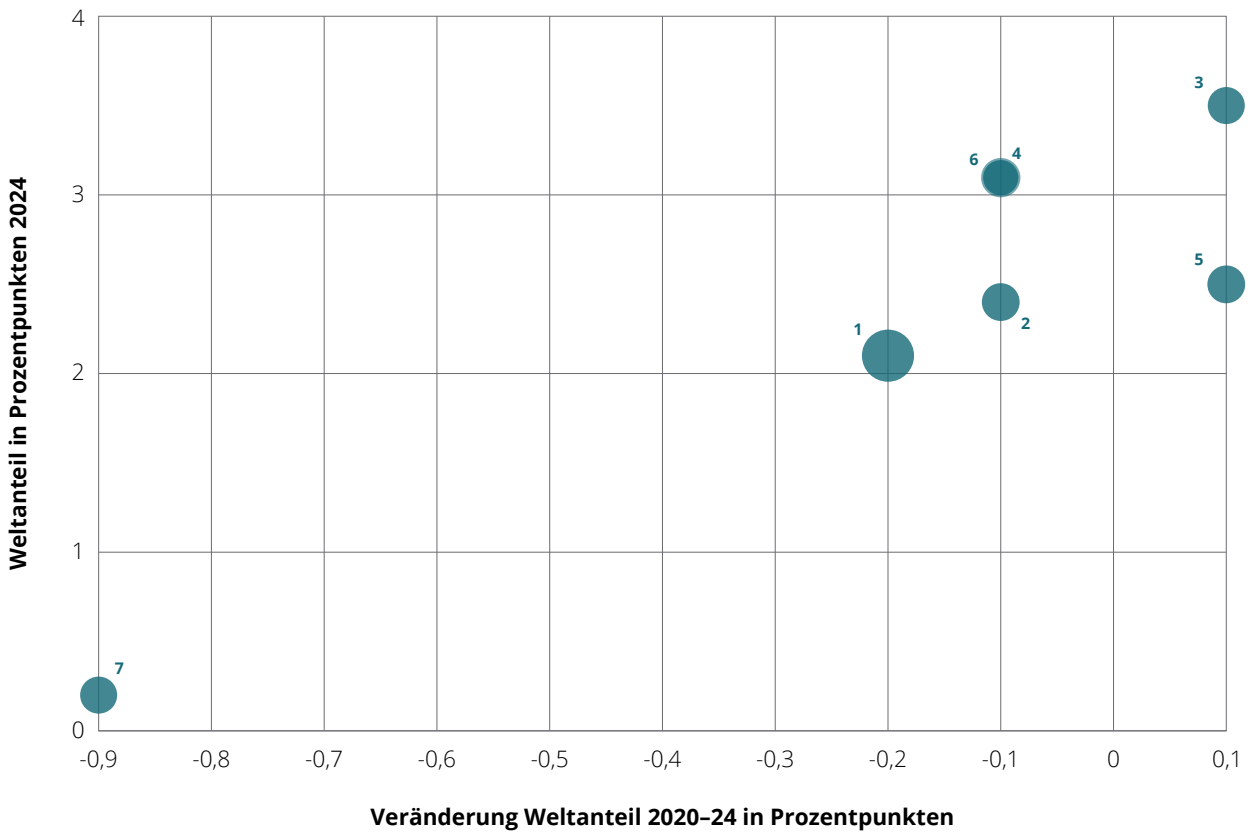
- **Quantencomputing:** Neben einschlägigen internationalen Tech-Konzernen und deutschen Technologieunternehmen (z.B. Infineon, Siemens und Elmos) finden sich auch **große Industrievertreter** unter den Haltern von deutschen Weltklassepatenten: Covestro, Volkswagen und Bayer. Hier wird das industrielle Interesse an dieser Technologie deutlich.

- Unter den Top-Forschungsunternehmen im Bereich Neural Networks & Deep Learning dominieren v.a. Siemens und Bosch das deutsche Technologieprofil. Aber auch die Fraunhofer-Gesellschaft steuert **mit 25 Weltklassepatenten** einen wichtigen Teil bei. Im Bereich Cloud dominiert SAP den Anteil deutscher Weltklassepatente.

- Der Weltanteil von 3,5 Prozent an Encryption-Technologien wird aus deutscher Sicht neben SAP und Siemens durch Weltklassepatente der Fraunhofer-Gesellschaft (54) und der Bundesdruckerei (35) bestimmt. Zweitere verdeutlicht die Möglichkeiten **staatlicher Organisationen**, Technologieinnovationen zu gestalten.

- **Neuromorphic Computing:** In dieser vielversprechenden Technologie steuert die deutsche Forschung bislang **lediglich ein Weltklassepatent** bei. Die Analyse der Patentdaten zeigt, dass zehn deutsche Spitzenpatente nur knapp den Weltklasse-Status verfehlen. Bosch, Siemens, die Fraunhofer-Gesellschaft und das Start-up Ceregate aus München sind hier sehr nahe an der Weltspitze.

Abb. 6 – Technologieprofil Deutschland, Enabler-Technologien (2024)



Kategorie

Enabler-Technologien

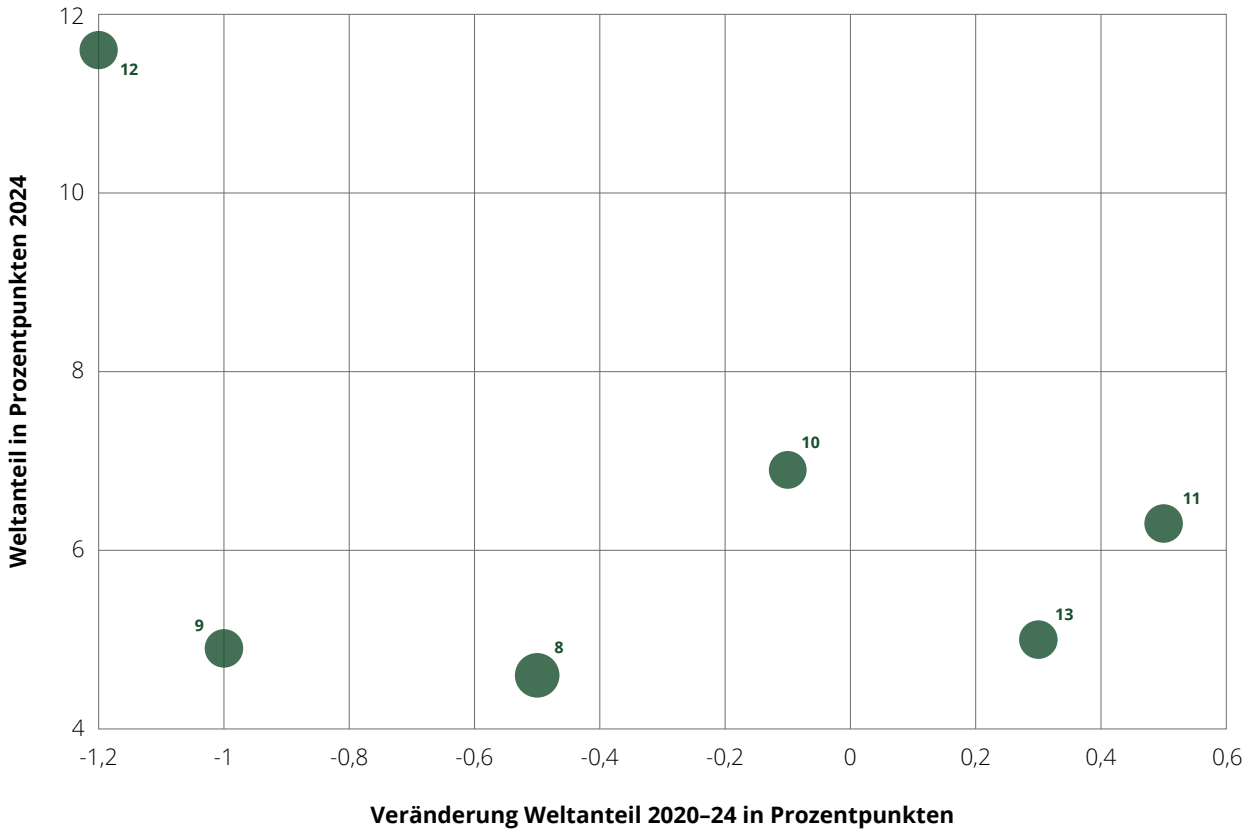
1 Neural Networks & Deep Learning
2 Cloud Computing
3 Encryption-Technologien
4 Virtual & Augmented Reality
5 Brain-Interaction-Technologien
6 Quantencomputing
7 Neuromorphic Computing

Fokus digitale Anwendungstechnologien in der Industrie: gestützt von der Unternehmensforschung

Die industrielle Stärke Deutschlands zeigt sich in zum Teil hohen Weltanteilen, einzelne Technologien werden maßgeblich durch die F&E-Aktivitäten einzelner Unternehmen geprägt

- Die **industrielle Stärke Deutschlands** wird in den Weltanteilen in dieser Oberkategorie deutlich. Insbesondere im Verhältnis zu den zuvor betrachteten **Enabler-Technologien** kann Deutschland hier im Schnitt deutlich höhere Weltanteile verzeichnen.
- Besonders hohe Weltanteile können in der EUV-Fotolithografie beobachtet werden. Hier dominiert Zeiss das deutsche Technologieprofil. Unter den weltweit forschungsstärksten Organisationen in diesem Feld liegt dieses Unternehmen auf dem fünften Platz. Die enge wirtschaftliche Verbindung mit dem niederländischem Weltmarktführer ASML unterstreicht die Bedeutung von **europäischen Wertschöpfungsketten** in der fortgeschrittenen Digitalisierung.
- Positive, aber geringfügige Dynamiken sind in den digitalen Anwendungstechnologien der Industrie in Machine-to-Machine Communication (0,5%) und Digital Twins (0,3%) zu beobachten.
- Auffällig im Bereich der elektrooptischen Chip-Technologien ist die starke Dominanz von ams Osram, die circa ein Drittel der deutschen Weltklassepatente beisteuern und mit großem Abstand die Liste der deutschen Top-Patenthalter anführen.

Abb. 7 – Technologieprofil Deutschland, digitale Anwendungstechnologien in der Industrie (2024)



Kategorie

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

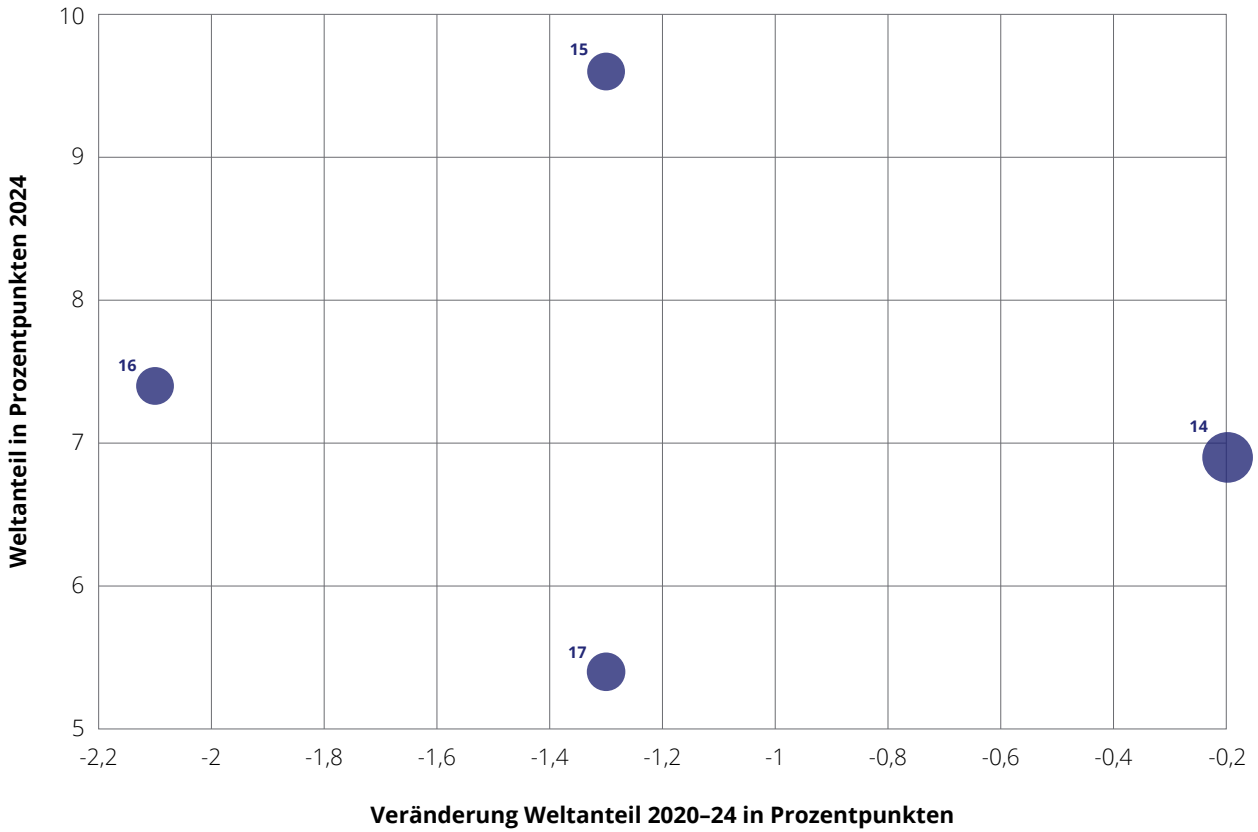
8 Robotics
9 Smart Factory
10 Elektrooptische Chip-Technologien
11 Machine-to-Machine Communication
12 EUV-Fotolithografie
13 Digital Twin

Fokus Technologien für vernetzte Mobilität: Konkurrenz auf dem Stammterrain

Die heimische Automobilindustrie dominiert mit entscheidenden Patenten für vernetzte Mobilität, die globale Dominanz durch internationale Tech-Konzerne wird jedoch zunehmend sichtbar

- Die ausgeprägten F&E-Aktivitäten der **heimischen Automobilindustrie** werden auch im Bereich der Zukunftstechnologien für vernetzte Mobilität deutlich: Die Weltanteile in den Technologien Road Traffic Interaction, autonomes Fahren und Active Traffic Control werden von deutschen Unternehmen wie Bosch, Volkswagen, Continental, BMW und ZF Friedrichshafen dominiert.
- Die in Deutschland entwickelten Weltklassepatente im Bereich Connected Cars kommen hingegen zu großen Teilen aus der Forschung hier ansässiger internationaler Konzerne aus den USA und China.

Abb. 8 – Technologieprofil Deutschland, Technologien für vernetzte Mobilität (2024)



Kategorie

Technologien für vernetze Mobilität

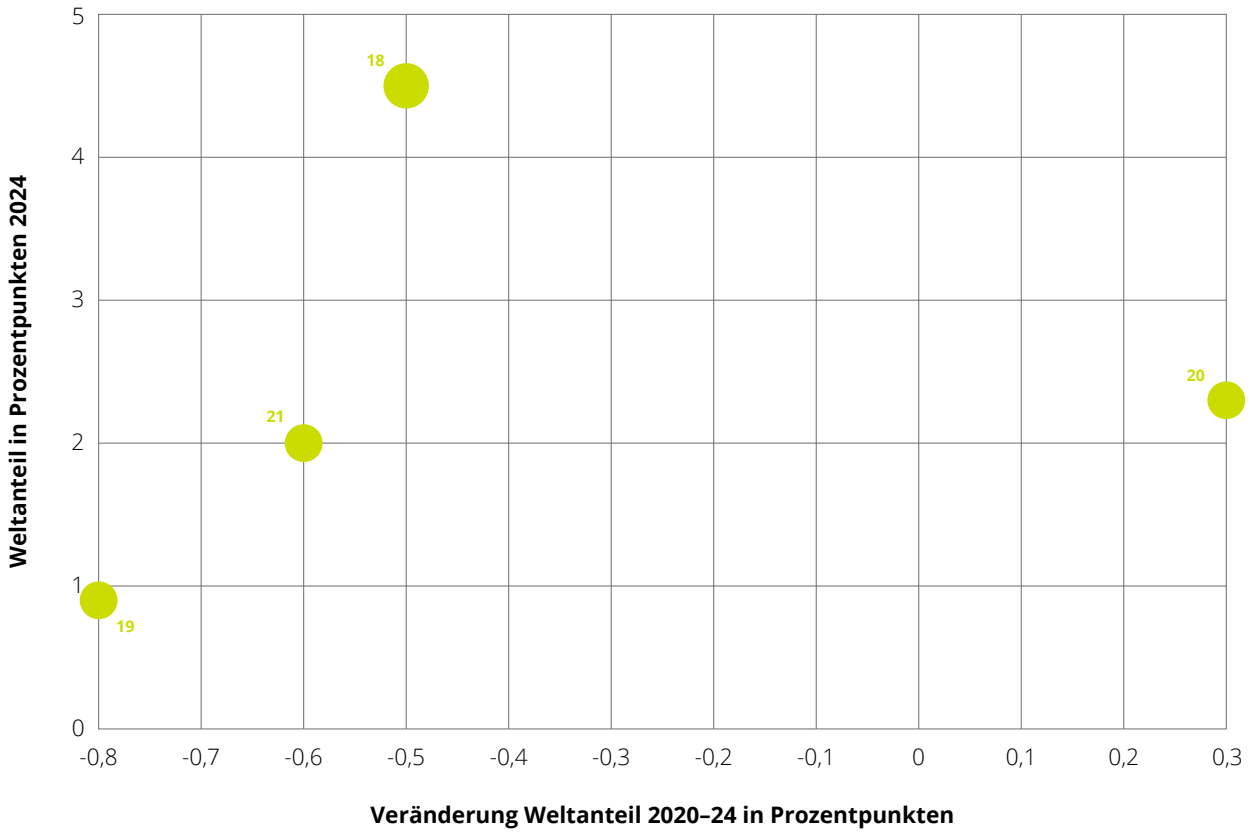
14 Autonomes Fahren
15 Road Traffic Interaction
16 Connected Cars
17 Active Traffic Control

Fokus Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz: wenig Profilierung und Dynamik

Digitalisierungstechnologien zur Steigerung von Energieeffizienz verzeichnen relativ geringe Weltanteile, lediglich bei Smart Grid und Batterietechnologien zeigen sich erfolgreiche F&E-Aktivitäten deutscher Unternehmen

- Das Feld Batterietechnologien erreicht mit 4,5 Prozent den höchsten Anteil an Weltklassepatenten. Der Großteil kommt hier von **F&E-starken Konzernen** wie Bosch, VW, BMW, Siemens und E.ON. Ähnlich dominierend zeigen sich Letztere zusammen mit RWE auch im Bereich Smart Grid.
- Weltklassepatente für energieeffiziente Hardware aus Deutschland kommen zu über 30 Prozent **von US-amerikanischen Halbleiterherstellern.** Damit dominieren globale Tech-Konzerne den ohnehin geringen deutschen Weltanteil von 0,9 Prozent. Die Technologie hat sich global seit 2021 sehr dynamisch gezeigt, was zu einer Verdreifachung der Weltklassepatente (auf aktuell 5.775 Patente) geführt hat.
- Wesentlich weniger eindrucksvoll steht die Spitzenforschung im Bereich energieeffizienter Chiptechnologie mit weltweit insgesamt 518 Weltklassepatenten und einem **Wachstum von lediglich 30 Prozent** in den vergangenen zehn Jahren da. Keines der heimischen oder internationalen Unternehmen sticht hierbei besonders hervor. Die zwölf Weltklassepatente im Weltanteil Deutschlands verteilen sich auf unterschiedliche Unternehmen: Infineon steht mit zweien an der Spitze.

Abb. 9 – Technologieprofil Deutschland, Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz (2024)



Kategorie

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz

18 Batterietechnologien
19 Energieeffiziente Computerhardware
20 Energieeffiziente Chiptechnologien
21 Smart Grid

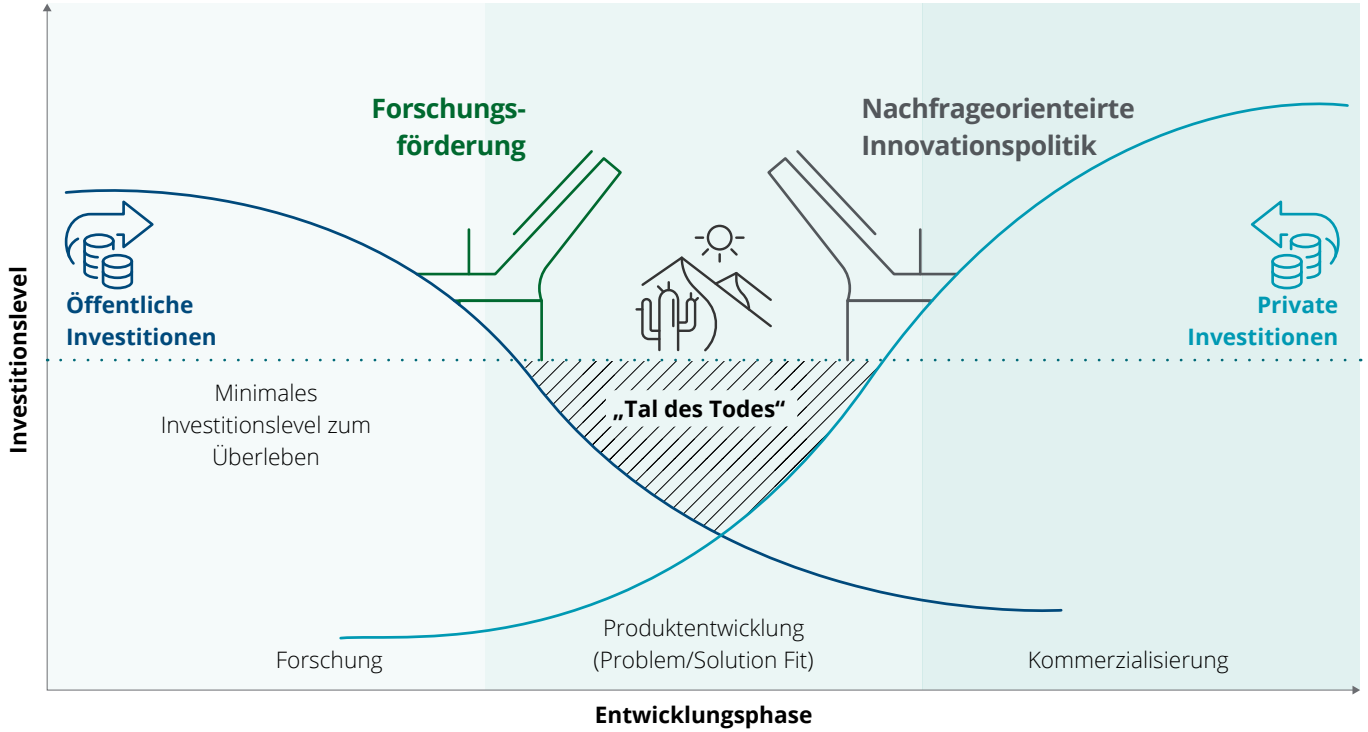
04

Mit Investitionsanreizen das „Tal des Todes“ überwinden

In Deutschland verdursten viele Forschungsprojekte im „Tal des Todes“

Die so bezeichnete Finanzierungslücke zwischen der öffentlich geförderten Forschung und der kommerzialisierungs-orientierten, privaten Investitionsphase muss durch Nachfragestimulation überbrückt werden

Abb. 10 – Nachfrageorientierte Innovationspolitik kann private Investitionen in früheren Phasen fördern und so das „Tal des Todes“[3] in der Technologieentwicklung überwinden



Forschungsförderung: gut aufgestellt

Instrumente zur Förderung von Forschungsleistungen, die zum Ausbau von Erfindungen und zur Entwicklung neuer Technologien geeignet sind. Die Studienergebnisse zeigen: Hier ist Deutschland schon sehr gut aufgestellt.

Nachfrageorientierte Innovationspolitik: private Investitionen anregen

Die Nachfrage der Wirtschaft nach neuen Technologien in früheren Stadien durch Stimulation und Anreize muss erhöht werden. Durch ein investitionsfreundliches Umfeld, das mutige Entscheidungen und Innovationsfreudigkeit fördert, kann ein Übergang von exzellenter Forschung zur Anwendung in der Wirtschaft besser gelingen. Das Beispiel Neuromorphic Computing zeigt, dass Deutschland hier noch nicht wettbewerbsfähig aufgestellt ist.

[3] Ford, Koutsky, Spiwak (2007).

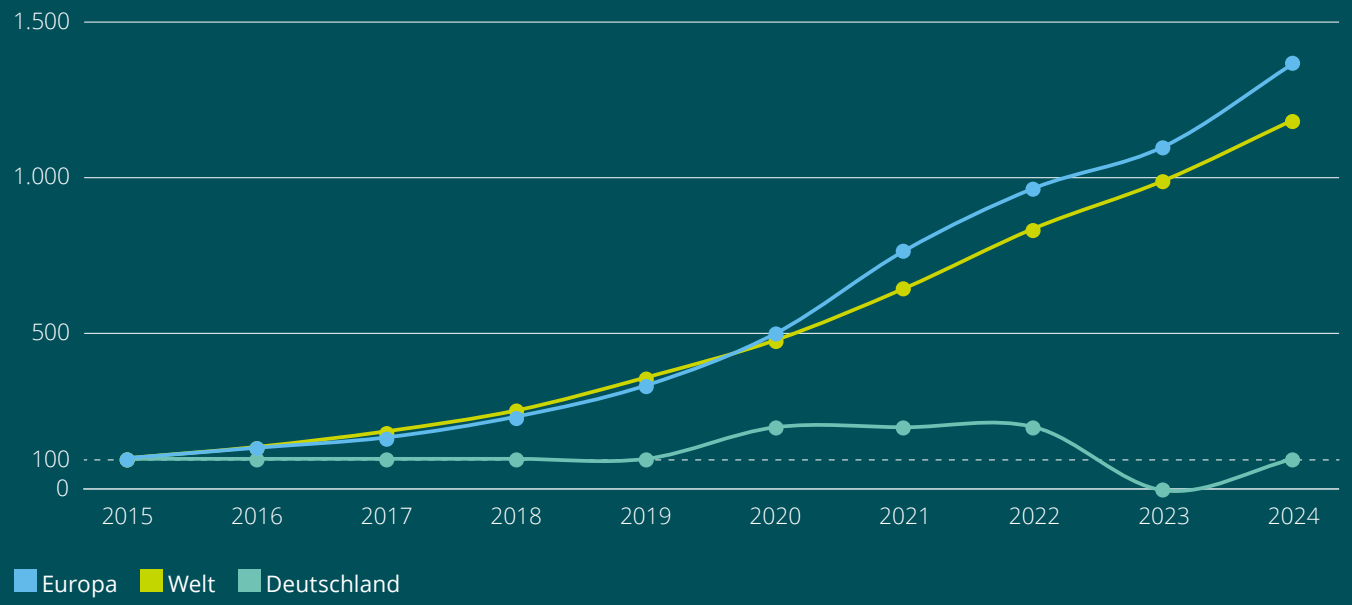
Case Study Neuromorphic Computing: Eine wegweisende Technologie bleibt unter ihren Möglichkeiten

Erfolgreiche deutsche Spitzenforschung in dieser Zukunftstechnologie fließt kaum in Patente ein

Neuromorphes Computing beschreibt in der Informatik eine Computerarchitektur, die von der Struktur und **Funktionsweise des menschlichen Gehirns** inspiriert wird. Ziel ist es, Computerchips und Systeme zu entwickeln, die neuronale Netzwerke nachahmen und die Art und Weise simulieren, wie das Gehirn Informationen verarbeitet, speichert und überträgt. Die Entwicklung dieser neuartigen Systeme ist deshalb notwendig, weil die traditionelle von-Neumann-Computerarchitektur, bei der Prozessor und Speicher getrennt sind, zunehmend an ihre Grenzen kommt: Durch das rasante Wachstum der Datenverarbeitung – z.B. bei künstlicher Intelligenz, autonomem Fahren und Robotik – sind die physikalischen Grenzen der effizienten Leistungsfähigkeit traditioneller Systeme zunehmend ausgereizt.

Beim neuromorphen Computing handelt es sich um eine noch „junge“ Technologie mit verhältnismäßig wenigen bestehenden Patenten, zu der aktuell insbesondere **Grundlagenforschung** betrieben wird. Derzeit liegen weltweit ca. 425 Weltklassepatente vor, wobei die USA mit 238 davon, also einem Anteil von 55,9 Prozent, hier die Technologieführerschaft innehaben. Auch China, Frankreich und Südkorea zeigen eine zunehmende Dynamik. Deutschland kann derzeit lediglich ein einziges Weltklassepatent im Bereich Neuromorphic Computing aufweisen, betreibt aber Spitzenforschung auf diesem Gebiet, die es in den kommenden Jahren zu nutzen und in wirtschaftliche Anwendungen zu überführen gilt. Das Defizit zwischen Spitzenforschung und Patentanmeldungen tritt hier besonders deutlich zutage: Dem einen deutschen Weltklassepatent in diesem Bereich stehen 544 wissenschaftliche Publikationen zu Brain-Inspired Computing gegenüber, die zwischen 2017 und 2019 veröffentlicht wurden, womit Deutschland gemessen an den Veröffentlichungen in diesem Zeitraum das weltweit viertstärkste Forschungsland war.[4]

Abb. 11 – Indexierte Entwicklung der Weltklassepatente im Neuromorphic Computing (2015 = 100)



[4] Jianghai Liang et al. (2020): A Scientometrics Analysis on Brain-Inspired Intelligence.

Case Study Neuromorphic Computing: In frühen Phasen die Praxistauglichkeit aufzeigen

Eine Perspektive aus der Forschung

„Eine konstante und dauerhafte Finanzierung für Forschungsprojekte ist entscheidend, um effizient und zielgerichtet arbeiten zu können – das von 2013 bis 2023 durchgeführte Human Brain Project ist dafür ein Beispiel. Mit einem interdisziplinären Ansatz zwischen Neurowissenschaften und technologischen Wissenschaften wurde hier die Struktur des menschlichen Gehirns erforscht, dies wurde zunächst zehn Jahre lang aus öffentlichen Fonds gefördert. Zudem sollte bei der Forschung nicht aus dem Blick geraten, denn daran schliesst sich auch die Sicherung von weiterführenden Forschungsgeldern aus der Wirtschaft an, ob eine effiziente Anwendung der Ergebnisse möglich ist – idealerweise sollten Use Cases schon direkt umgesetzt werden. Derzeit werden teilweise theoretische Use Cases beleuchtet, die auf absehbare Zeit nicht oder nur sehr schwer realisierbar sind.“

Julian Göltz
Forscher am European Institute for Neuromorphic Computing der Universität Heidelberg

Der Vergleich mit dem förderungsstarken Südkorea verdeutlicht die Wirkung konsequenter Innovationspolitik

In einer Gruppe von Ländern mit ähnlichem Technologieprofil liegt Südkorea in allen Patentkategorien vorn – es ist das einzige Land der Kohorte, das eine überdurchschnittliche Forschungsförderung aus der Wirtschaft mobilisieren konnte[5]

Enabler-Technologien

Deutschland kommt im Vergleich seit 2018 deutlich voran, kann jedoch nur bis 2020 mit Südkorea Schritt halten. Die Vergleichsländer Japan, Frankreich, Niederlande und UK zeigen eine vergleichbare Entwicklung. Deutschland kann sich hier noch abheben.

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

Deutschland hebt sich in der industriellen Anwendung mit wenig Abstand vom Rest der Vergleichsländer ab. Südkorea zeigt auch hier deutlich stärkeres Wachstum.

Abb. 12 – Vergleich: Weltanteile in Enabler-Technologien

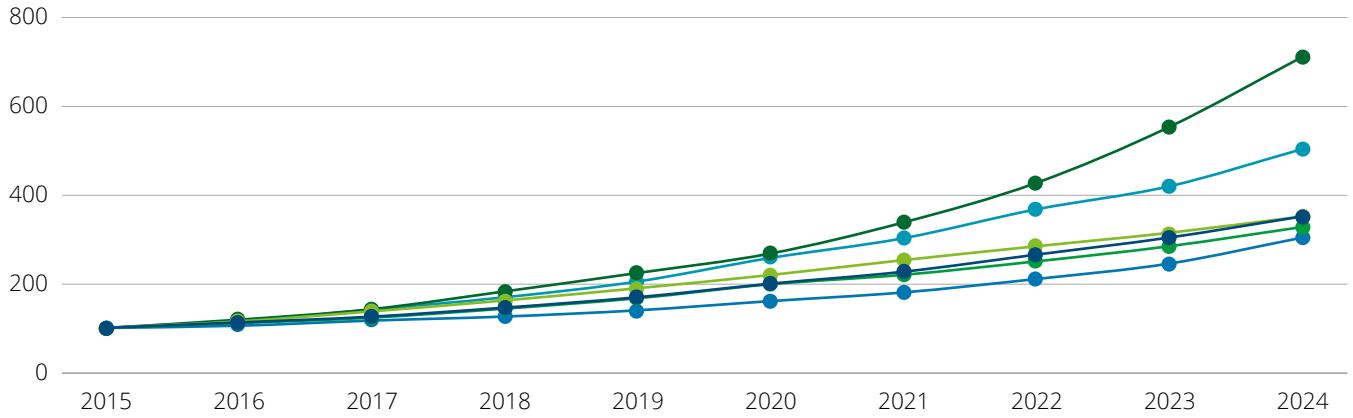
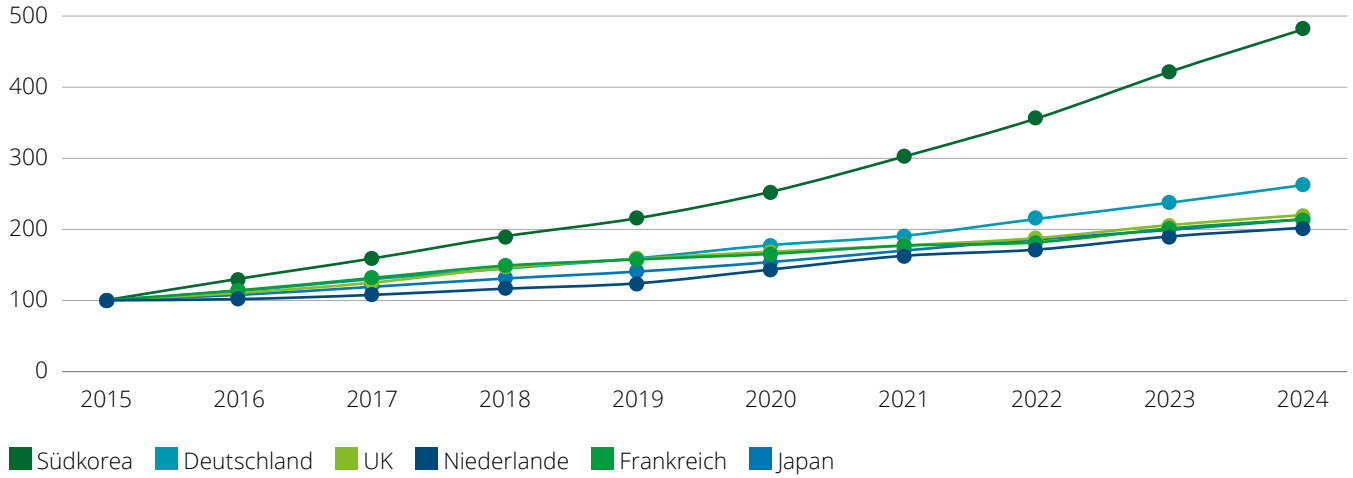


Abb. 13 – Vergleich: Weltanteile in digitale Anwendungstechnologien in der Industrie



[5] Im Jahr 2023 steht die F&E-Intensität Südkoreas mit ca. 5% unangefochten in der Spitzengruppe im der OECD-Staaten (OECD: Gross domestic spending on R&D, o. S.).

Technologien für vernetzte Mobilität
Die großen Automobilnationen Deutschland, Japan, Frankreich und UK liegen hier deutlich hinter der südkoreanischen Entwicklung von Weltklassepatenten.

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz
Deutschland kann sich seit 2019 von den Vergleichsländern etwas abheben und mit den Niederlanden gleichziehen, bleibt aber weit unterhalb des südkoreanischen Wachstums.

Abb. 14 – Vergleich: Weltanteile in Technologien für vernetzte Mobilität

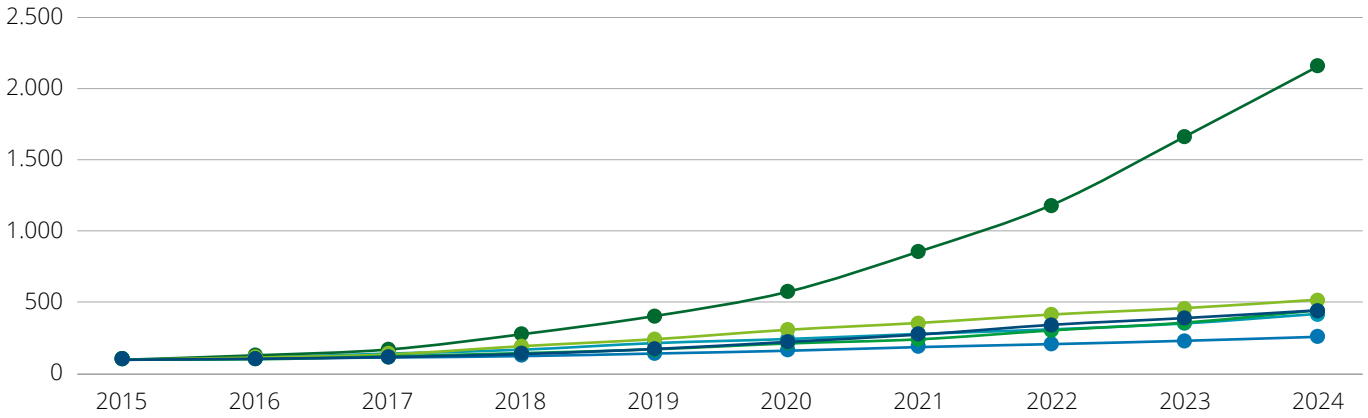
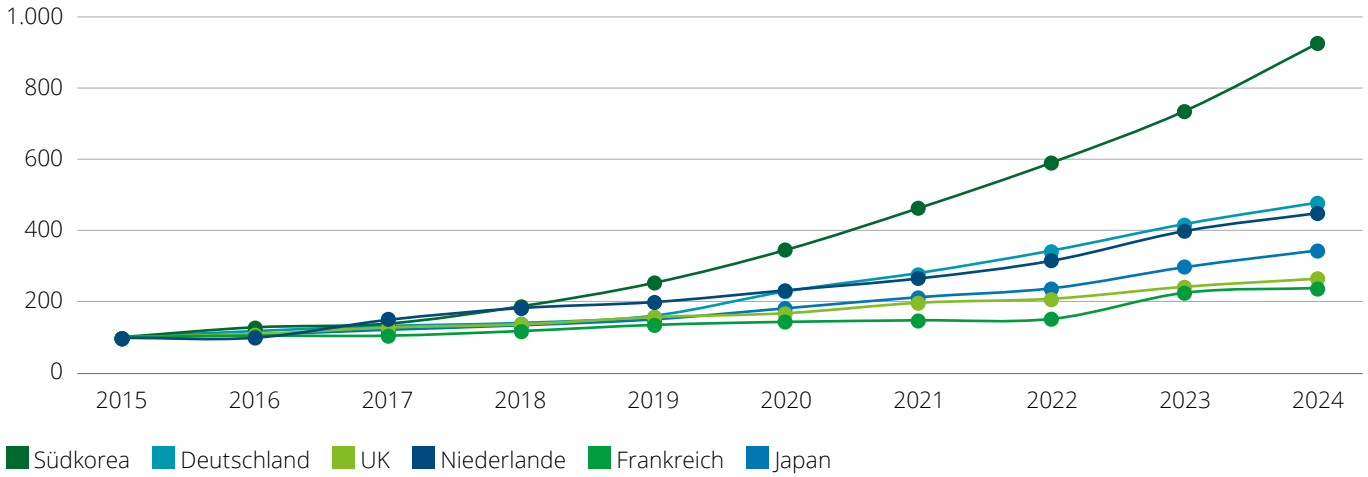


Abb. 15 – Vergleich: Weltanteile in Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz



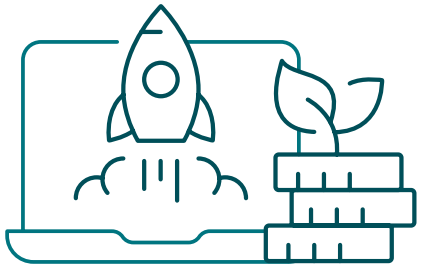
Ein starker Kapitalmarkt ist Voraussetzung für mehr Risikokapital in Spätphasen

Eine Perspektive aus dem Start-up-Inkubator

„Der Zugang zu einem einheitlicheren Markt – auch in Bezug auf die Regulierung – und der Aufbau eines starken Kapitalmarktes sind von entscheidender Bedeutung für die Kommerzialisierung von Spitzentechnologie in der deutschen Wirtschaft. Ohne Letzteren gibt es keine Börsengänge und ohne Börsengänge kein Risikokapital in der Spätphase. Die Finanzierung von Scale-ups kann auch gestärkt werden, indem beispielsweise Pensionsfonds aktiviert werden, um damit die derzeit mageren Renditen hinter sich zu lassen.“

Philipp Gerbert
CEO TUM Venture Labs

Abschließende Impulse



Steueranreize zur Stimulierung von Investitionen nutzen

Ein eindrucksvolles Beispiel für die Wirkung innovationsfördernder Instrumente aus der Politik liefert der Inflation Reduction Act of 2022 in den USA: Mit Steueranreizen stimuliert der Staat in den Frühphasen einer neuen Technologie die Nachfrage, während der Markt zentraler Akteur bei deren Entwicklung und Adaption bleibt. Nur durch innovationspolitisch übergreifend abgestimmte Maßnahmen zur Forschungsförderung und Nachfragestimulation kann Deutschland sein Technologiepotenzial für eine starke wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung nutzen.

Der Staat kann zudem durch innovationsorientierte öffentliche Beschaffung zusätzlichen Einfluss auf die Nachfrage wichtiger Zukunftstechnologien nehmen.

Rechtsrahmen und Standards zur Risikominimierung schaffen

Investieren in Zukunftstechnologien ist mit Risiken verbunden. Dies gilt insbesondere für solche Technologien, die zwar aus exzellenter Forschung hervorgegangen sind, sich aber noch nicht am Markt beweisen konnten. Ein innovationsfreundlicher Rechtsrahmen, der sich über mehrere relevante Politikfelder hinweg erstreckt, ist notwendig.

Auch der wirkungsorientierte Einsatz von Standards und Normen im Wettbewerb mit den führenden Nationen spielt eine wichtige Rolle.

Schnittstellen innerhalb der Wertschöpfungsketten stärken

Gezielte Förderung und strategische Investitionen in Zukunftstechnologien erfordern eine Berücksichtigung der gesamten Technologiewertschöpfungskette. Davon ausgehend können Schnittstellen innerhalb von Wertschöpfungsketten sowie zwischen Forschung und Wirtschaft gestärkt werden.

Schlagkräftigere intermediäre Transfereinrichtungen, die in (regionalen) Technologie-Clustern verankert sind, sind hier ein zentrales Schlüsselelement.

05

Methodik

Methodik
Eine globale Patentanalyse zeigt die Innovationskraft Deutschlands

Methodik

Für die Vergleichbarkeit der Innovationskraft Deutschlands mit anderen Forschungsnationen wurde eine in Zusammenarbeit mit der Firma EconSight erstellte Patentanalyse herangezogen, die eine Standortbestimmung Deutschlands ermöglicht – global, europäisch und im Vergleich mit Peers. Patente sind ein zentraler Innovations- und Vorlaufindikator für die Betrachtung von Einzeltechnologien. Maßgeblich bei dieser Patentanalyse war nicht die Quantität, sondern die Qualität, also die individuelle Patentstärke von Innovationen.

Die Patentanalyse ist in drei Schritten erfolgt

1. Identifizierung, Analyse und Bewertung von Patenten

Zunächst wurden für die definierten Zukunftstechnologien im Zeitraum von 2010 bis einschließlich 2024 sämtliche Patente weltweit identifiziert, analysiert und bewertet. Dabei wurde der gesamte aktive Patentbestand betrachtet, d.h. nicht nur die laufenden Patentanmeldungen, sondern auch bereits bewilligte Patente. Die vorliegende Studie fokussiert sich jeweils auf die 10 Prozent der wichtigsten Patente pro Zukunftstechnologie, die als Weltklassepatente definiert werden. Die Messung der Qualität der Patente erfolgte entlang der Faktoren der Länderabdeckung (d.h. in wie vielen Ländern das Patent angemeldet wurde) und der Zitierungshäufigkeit (d.h. wie oft Patentämter Bezug auf ein Patent nehmen). Die dadurch ermittelte Patentstärke erlaubt eine quantifizierbare Einteilung in Weltklassepatente (obere 10 Prozent pro Zukunftstechnologie) und weniger relevante Patente.

2. Länderzuordnung der Weltklassepatente

In einem zweiten Schritt wurde eine Länderzuordnung der Weltklassepatente vorgenommen, um die Standortbestimmung Deutschlands im internationalen Vergleich durchzuführen. Die Betrachtung der Vergleichsländer orientiert sich nicht nur an den Weltmarktführern mit den meisten Patenten – USA und China –, sondern auch an Ländern mit ähnlicher Größe und Wirtschaftskraft wie Deutschland oder auffälligen Eigenschaften im Technologieprofil: Frankreich, Niederlande, Vereinigtes Königreich, Südkorea und Japan.

3. Strukturierte Auswertung

Basierend auf den ermittelten Weltklassepatenten und ihrer Länderzuordnung wurden schließlich im dritten Schritt strukturierte Auswertungen der Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung vorgenommen. Dazu gehören die globale Entwicklung der Zukunftstechnologien, der jeweilige Anteil Deutschlands und ein entsprechender internationaler Vergleich.

06

Anhang

Weltklassepatente, Weltanteile und Erfinderperspektive

Was sind Weltklassepatente?
Die individuelle Patentstärke als Kombination aus relevanter Länderabdeckung (Erreichung einer „kritischen Masse“) und relevanter Zitierhäufigkeit („businessrelevante“ Zitierungen) lässt darauf schließen, welche Auswirkung eine Patentfamilie auf den Wettbewerb hat, und erlaubt eine quantifizierbare Einteilung in wichtige und weniger wichtige Patente. Der Schwerpunkt der Analyse wird auf die sogenannten Weltklassepatente gelegt: die besten 10 Prozent aller Patente innerhalb einer definierten Technologie, gemessen an der individuellen Patentstärke.

Anmelde- oder Erfinderperspektive?

Grundsätzlich sind mit den Anmelde- und den Erfinderinformationen zwei Perspektiven möglich. Während die Anmeldesicht alle Patente dort zuordnet, wo das Unternehmen in der Regel seinen Hauptsitz hat, zeigt die Erfindersicht, wo die auf dem jeweiligen Patent genannten Erfinder wohnen – es handelt sich in der Regel um die Privatadressen der Erfinder.

Da insbesondere Großunternehmen die Patente am Hauptsitz anmelden, überhöht die Anmeldeperspektive die technologische Leistungsfähigkeit vor Ort, denn die Erfinder und damit das Know-how können auch an einem anderen Forschungsstandort des Unternehmens im In- oder Ausland wohnen und arbeiten. Die Perspektive der Erfinder fokussiert auf die regionale Zuordnung der technologischen Leistungsfähigkeit. Allerdings müssen die entsprechenden Patente nicht unbedingt Unternehmen aus der Region gehören. In dieser Analyse wird die Erfinderperspektive verwendet, um die technologische Leistungsfähigkeit vor Ort in der Region zu zeigen.

Was sind Weltanteile?

Technologieprofile visualisieren zum einen die Forschungsaktivitäten der ausgewählten Regionen im Detail, zum anderen können sie auch für eine Darstellung der Wettbewerbsfähigkeit in diesen Technologien genutzt werden. Ein Standardvergleich von Technologien für eine Region würde durch einen Vergleich der absoluten Weltklassepatentzahlen erfolgen. Einige Technologien sind jedoch patentintensiver als andere. Daher beschreibt ein Vergleich einer patentintensiven mit einer weniger patentintensiven Technologie lediglich die Patentaktivitäten und sagt wenig über die relative Wettbewerbsfähigkeit in diesen Technologien aus.

Setzt man jedoch die Patentaktivität einer Region in einer Technologie in Relation zur weltweiten Patentaktivität, so ergibt sich der Weltanteil der Region an dieser Technologie. Dies zeigt die Bedeutung der Region in dieser Technologie und gleichzeitig die relative Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Regionen. Die Entwicklung des weltweiten Anteils über zwei Zeitpunkte hinweg zeigt die Zu- oder Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit im Laufe der Zeit.

Technologieglossar
Enabler-Technologien

Brain-Interaction-Technologien	Diese Technologie ermöglicht die direkte Interaktion zwischen dem menschlichen Gehirn und externen Geräten. Sie umfasst Geräte wie Elektroenzephalographie (EEGs) und Sensoren, die entweder außerhalb oder direkt auf der Haut angebracht werden. Ziel ist die Diagnose, Messung und Verbesserung kognitiver Funktionen sowie die Steuerung von externen Geräten durch Gehirnaktivitäten. Anwendungen finden sich in der Medizin und in der Steuerung komplexer Systeme.
Cloud Computing	Cloud Computing dient der Entwicklung und Verwaltung virtueller IT-Infrastrukturen, die lokale Systeme ersetzen. Es umfasst die Bereitstellung von Anwendungen (Software as a Service), Rechenkapazität (Platform as a Service) und Infrastruktur (Infrastructure as a Service). Die Technologie ermöglicht flexible und kosteneffiziente IT-Lösungen für Unternehmen. Sie ist ein zentraler Bestandteil der Digitalisierung.
Encryption-Technologien	Verschlüsselungstechnologien sichern die Speicherung und Übertragung von Daten. Sie umfassen Blockchain-basierte Lösungen, sichere Kommunikationsprotokolle und Methoden zur Datenintegrität bei digitalen Transaktionen. Diese Technologien sind entscheidend für Datenschutz und Sicherheit in der digitalen Welt und müssen fortlaufendend weiterentwickelt werden. Ihre Anwendungen reichen von Finanztransaktionen bis hin zur Identitätsverwaltung. Zukünftig wird auch der Einsatz von Quantencomputern zunehmend eine Rolle spielen.
Neural Networks & Deep Learning	Diese Technologie basiert auf künstlichen neuronalen Netzen, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden sind. Sie ermöglicht KI-Systemen, durch Priorisierung und Verknüpfung von Informationen zu lernen. Anwendungen finden sich in der Bild- und Spracherkennung sowie in der Automatisierung. Der Begriff "Deep Learning" bezieht sich auf die große Anzahl von Schichten in diesen Netzwerken.

Technologieglossar
Enabler-Technologien

Neuromorphic Computing	Neuromorphic Computing orientiert sich an der Struktur und Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Ziel ist die Entwicklung von Chips und Systemen, die neuronale Netzwerke nachahmen und effizient Daten verarbeiten. Die Technologie möchte so die Grenzen traditioneller Computerarchitekturen überwinden. Sie ist besonders relevant für Anwendungen, die Daten in Echtzeit verarbeiten, wie z.B. KI, Robotik oder autonomes Fahren.
Quantencomputing	Quantencomputing basiert auf den Prinzipien der Quantenmechanik und nutzt Qubits für Berechnungen. Diese Technologie ermöglicht die Lösung komplexer Probleme, die für klassische Computer nicht zugänglich sind. Anwendungen finden sich in der Verschlüsselung, Arzneimittelentwicklung, der Simulation von Molekülen und der Berechnung komplexer Modelle.
Virtual & Augmented Reality	Virtual Reality schafft vollständig computergenerierte Umgebungen, während Augmented Reality die reale Welt mit digitalen Informationen erweitert. Beide Technologien bieten immersive Erlebnisse für Nutzer. Sie finden Anwendung in der Unterhaltung, Bildung und Industrie. Ziel ist die Verbesserung der Interaktion zwischen Mensch und digitaler Welt.

Technologieglossar

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

Digital Twin	Ein Digital Twin ist die digitale Abbildung und Modellierung von realen Objekten oder Prozessen. Er dient der Simulation, vorausschauenden Wartung und Fernsteuerung von Prozessen. Diese Technologie wird in der Fertigung, Medizin und Infrastruktur eingesetzt. Ziel ist die Optimierung und Effizienzsteigerung.
Elektrooptische Chip-Technologien	Die elektrooptische Technologie in Chips ermöglicht eine lichtbasierte Datenverarbeitung und -berechnung. Lichtimpulse ersetzen elektrische Signale, was schnellere Verarbeitungsgeschwindigkeiten und geringeren Stromverbrauch ermöglicht. In der Quanteninformatik werden die Eigenschaften von Licht und Materie genutzt, um Qubits zu manipulieren. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für komplexe Simulationen.
EUV-Fotolithografie	Die Extrem-Ultraviolett-Lithografie (EUV) ist ein fortschrittliches Verfahren zur Herstellung integrierter Schaltkreise, bei dem Licht mit einer extrem kurzen Wellenlänge zur Strukturierung von Halbleiteroberflächen verwendet wird. Im Gegensatz zu herkömmlichen Lithografieverfahren ermöglicht EUV eine deutlich höhere Auflösung und damit die Produktion immer kleinerer und leistungsfähigerer Mikrochips.
Machine-to-Machine (M2M) Communication	M2M-Technologien ermöglichen die direkte Kommunikation zwischen Geräten, insbesondere im Kontext des Internet of Things (IoT). Sie umfassen sowohl direkte als auch Plattform-basierte Kommunikation. Anwendungen finden sich in der Automatisierung und Vernetzung von Geräten. Ziel ist die Effizienzsteigerung und bessere Integration.

Technologieglossar

Digitale Anwendungstechnologien in der Industrie

Robotics	Diese Technologie umfasst alle Aspekte der Robotik, d.h. sowohl konventionelle Industrieroboter als auch die neueren Co-Roboter, die auf die Zusammenarbeit mit dem Menschen spezialisiert sind, z.B. in der Chirurgie und der Krankenpflege. Ziel ist die Automatisierung und Unterstützung menschlicher Tätigkeiten. Die Technologie ist ein zentraler Bestandteil der Industrie 4.0.
Smart Factory	Die Smart Factory nutzt moderne Methoden wie vorausschauende Wartung und zentrale Fabriksteuerung, um die Produktion effizienter zu gestalten. Dazu gehören interaktive Fehlersuche, maschinelles Sehen und industrielle Bildverarbeitung. Vernetzte Roboter und andere vorausschauende Technologien spielen eine zentrale Rolle in der Optimierung der Produktionsprozesse. Ziel ist die Steigerung der Effizienz und die Reduzierung von Ausfallzeiten.

Technologieglossar

Technologien für vernetzte Mobilität

Active Traffic Control	Diese Technologie optimiert die Vernetzung und Steuerung von Verkehrsteilnehmern. Sie integriert autonome Fahrtechnologien in Verkehrsmanagementsysteme. Ziel ist die Verbesserung der Verkehrseffizienz und Sicherheit. Anwendungen finden sich in urbanen und interurbanen Verkehrssystemen.
Autonomes Fahren	Autonomes Fahren umfasst die Entwicklung von Fahrzeugen, die von assistierten Systemen bis hin zu vollständig autonomen Fahrstufen reichen. Ziel ist die Reduzierung von Unfällen und die Verbesserung der Mobilität. Diese Technologie erfordert fortschrittliche Sensorik und KI. Sie ist ein zentraler Bestandteil der Mobilität der Zukunft.
Connected Cars	Diese Technologie ermöglicht die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. Ziel ist die Effizienzsteigerung und Sicherheit im Straßenverkehr. Anwendungen finden sich in der Navigation und Verkehrssteuerung. Sie ist ein wichtiger Bestandteil des Internet of Things.
Road Traffic Interaction	Road Traffic Interaction fokussiert auf die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern und Infrastruktur. Ziel ist die Verbesserung der Verkehrseffizienz und Sicherheit. Sie überschneidet sich teilweise mit aktiver Verkehrssteuerung. Anwendungen finden sich in urbanen Verkehrssystemen.

Technologieglossar

Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz

Batterietechnologien	Diese Technologie umfasst die Speicherung elektrischer Energie durch Batterien. Ziel ist die Verbesserung der Effizienz und Kapazität von Energiespeichern. Anwendungen finden sich in der Elektromobilität und erneuerbaren Energien. Sie ist entscheidend für die Energiewende. Der Fokus in dieser Studie liegt auf der Bedeutung der Enabler-Technologien für Batterie-technologien, z.B. die Nutzung von Deep learning-Ansätzen zur Optimierung des Batteriemanagements in Elektroautos oder zur Entdeckung neuer Batterie-materialien.
Energieeffiziente Chiptechnologien	Energieeffiziente Chiptechnologien reduzieren den Energiebedarf moderner Computerchips. Ziel ist die Verbesserung der Energieeffizienz, insbesondere bei mobilen Anwendungen. Anwendungen finden sich in der Elektronik und IT. Sie ist entscheidend für nachhaltige Digitalisierung.
Energieeffiziente Computerhardware	Die Technologie umfasst Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Hardware, z.B. Standby- und Abschaltfunktionen. Ziel ist die Reduzierung des Energieverbrauchs großer Computeranlagen. Enabler-Technologien spielen hierbei eine wichtige Rolle, etwa das Auslagern rechenintensiver Aufgaben in energieeffiziente Rechenzentren (Cloud Computing). Weitere Anwendungen finden sich in mobilen Geräten. Energieeffiziente Computerhardware ist entscheidend für eine nachhaltige IT.
Smart Grid	Smart Grid bezeichnet die intelligente Verwaltung von Stromnetzen. Ziel ist die Vorhersage und Steuerung von Lasten in Stromnetzen. Dabei kommen Enabler-Technologien wie Deep Learning zum Einsatz, welche die Prognose des Strombedarfs verbessern. Anwendungen finden sich in der Integration erneuerbarer Energien. Diese Technologie ist entscheidend für eine gelingende Energiewende.

Literatur

CDU, CSU und SPD (2025): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Verantwortung für Deutschland. 21. Legislaturperiode. Berlin: CDU, CSU und SPD, doi: https://www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koav_2025.pdf, abgerufen am 22.07.2025.

Ford, G., Koutsky, T., Spiwak, L. (2007): Discussion Paper: A Valley of Death in the Innovation Sequence: An Economic Investigation. Washington, D.C.: Phoenix Center for Advanced Legal and Economic Public Policy Studies.

Jianghai Liang et al. (2020): A Scientometrics Analysis on Brain-Inspired Intelligence. Journal of Physics. Conference Series. 1631 012087.

OECD. (2024): OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. Paris: OECD Publishing. doi: https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en.

Abkürzungen

EINC	European Institute for Neuromorphic Computing
EU	Europäische Union
EUV	Extreme Ultra Violet
FET	European Future and Emerging Technologies Fund
F&E	Forschung und Entwicklung
HBP	Human Brain Project
IPCEI	Important Project of Common European Interest
IRA	Inflation Reduction Act of 2022
KI	Künstliche Intelligenz
TUM	Technische Universität München
VC	Venture Capital
VL	Venture Labs

Kontakte

Felix Dinnessen
Partner
fdinnessen@deloitte.de

Laura Defosse
Senior Manager
ladefosse@deloitte.de

Julius Sicken
Senior Manager
jsicken@deloitte.de

Eike Andre Wermes
Senior Consultant
ewermes@deloitte.de

Deloitte.

Deloitte bezieht sich auf Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL), ihr weltweites Netzwerk von Mitgliedsunternehmen und ihre verbundenen Unternehmen (zusammen die „Deloitte-Organisation“). DTTL (auch „Deloitte Global“ genannt) und jedes ihrer Mitgliedsunternehmen sowie ihre verbundenen Unternehmen sind rechtlich selbstständige und unabhängige Unternehmen, die sich gegenüber Dritten nicht gegenseitig verpflichten oder binden können. DTTL, jedes DTTL-Mitgliedsunternehmen und verbundene Unternehmen haften nur für ihre eigenen Handlungen und Unterlassungen und nicht für die der anderen. DTTL erbringt selbst keine Leistungen gegenüber Kunden. Weitere Informationen finden Sie unter www.deloitte.com/de/UeberUns .

Deloitte bietet führende Prüfungs- und Beratungsleistungen für nahezu 90% der Fortune Global 500®-Unternehmen und Tausende von privaten Unternehmen an. Rechtsberatung wird in Deutschland von Deloitte Legal erbracht. Unsere Mitarbeitenden liefern messbare und langfristig wirkende Ergebnisse, die dazu beitragen, das öffentliche Vertrauen in die Kapitalmärkte zu stärken, und unsere Kunden bei Wandel und Wachstum unterstützen. Deloitte baut auf eine 180-jährige Geschichte auf und ist in mehr als 150 Ländern tätig. Erfahren Sie mehr darüber, wie die rund 460.000 Mitarbeitenden von Deloitte das Leitbild „making an impact that matters“ täglich leben: www.deloitte.com/de .

Diese Veröffentlichung enthält ausschließlich allgemeine Informationen und weder die Deloitte Consulting GmbH noch Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL), ihr weltweites Netzwerk von Mitgliedsunternehmen noch deren verbundene Unternehmen (zusammen die „Deloitte Organisation“) erbringen mit dieser Veröffentlichung eine professionelle Dienstleistung. Diese Veröffentlichung ist nicht geeignet, um geschäftliche oder finanzielle Entscheidungen zu treffen oder Handlungen vorzunehmen. Hierzu sollten Sie sich von einem qualifizierten Berater in Bezug auf den Einzelfall beraten lassen.

Es werden keine (ausdrücklichen oder stillschweigenden) Aussagen, Garantien oder Zusicherungen hinsichtlich der Richtigkeit oder Vollständigkeit der Informationen in dieser Veröffentlichung gemacht, und weder DTTL noch ihre Mitgliedsunternehmen, verbundene Unternehmen, Mitarbeitende oder Bevollmächtigten haften oder sind verantwortlich für Verluste oder Schäden jeglicher Art, die direkt oder indirekt im Zusammenhang mit Personen entstehen, die sich auf diese Veröffentlichung verlassen. DTTL und jede ihrer Mitgliedsunternehmen sowie ihre verbundenen Unternehmen sind rechtlich selbstständige und unabhängige Unternehmen.

Stand 08/2025

MAKING AN IMPACT THAT MATTERS since 1845