

Digitale Wettbewerbsfähigkeit aus globaler Sicht: Die fortge- schrittene Digitalisierung im internationalen Vergleich

vbw

Studie

Stand: September 2026

Eine vbw Studie, erstellt von EconSight

Die bayerische Wirtschaft

```
elif operation == "MIRROR_Z":  
    mirror_mod.use_x = False  
    mirror_mod.use_y = True  
    mirror_mod.use_z = False  
elif operation == "MIRROR_Z":  
    mirror_mod.use_x = False  
    mirror_mod.use_y = False  
    mirror_mod.use_z = True  
  
#selection at the end, add back the  
mirror_ob.select= 1  
modifier_ob.select= 1  
bpy.context.scene.objects.active = mirror_ob  
print("Selected" + str(modifier_ob))  
#mirror_ob.select= 1  
time = bpy.context.scene.frame_current  
bpy.data.objects[mirror_ob.name].data.path =
```

Hinweis

Zitate aus dieser Publikation sind unter Angabe der Quelle zulässig.

Vorwort

Aufholprozess bei der digitalen Transformation in Anwendungstechnologien beschleunigen

Digitalisierung ist als Querschnittstechnologie ein wichtiger Treiber für Innovation. Sie verknüpft Technologien miteinander und sorgt für neue Wertschöpfungschancen und bessere Produkte. Ob die digitale Transformation in wichtigen Anwendungstechnologien erfolgreich verläuft, ist daher maßgeblich für die Wettbewerbsfähigkeit eines Standortes.

Die vorliegende Studie ordnet die digitale Forschungsstärke und Wettbewerbsfähigkeit von Bayern und Deutschland in den wichtigsten Zukunftstechnologien im weltweiten Vergleich ein. Damit liefert sie weitere Ansatzpunkte für die strategische Umsetzung der digitalen Transformation. Die Ergebnisse zeigen, dass die USA und China einen großen Vorsprung haben. Hier dürfen wir nicht den Anschluss verlieren. Auch die Schnittstellen zu wichtigen Anwendungstechnologien, etwa aus der Industrie, müssen wir stärker besetzen. Positiv ist aber, dass erste Ergebnisse der verstärkten Forschungsaktivitäten am Standort Bayern sichtbar sind.

Ein resilienter, zukunftsfähiger Standort benötigt exzellente Forschung in den wichtigsten digitalen Zukunftstechnologien. Insbesondere die Differenzierung nach Technologiefeldern und Einzeltechnologien kann hier helfen, bestimmte Forschungsgebiete gezielt zu fördern. Zudem müssen auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen innovationsfreundlich gestaltet werden: Die Umsetzung einer Idee in ein neues Produkt, das Wertschöpfung am Standort schafft, muss schneller möglich sein, als es bisher der Fall ist.

Der Freistaat Bayern verfügt über eine leistungsstarke Wirtschaft und eine vielfältige, hervorragende Forschungslandschaft. Um den wichtigen Aufholprozess erfolgreich fortzusetzen, etwa mit der Hightech Agenda Bayern und der Hightech Agenda Deutschland, lohnt sich ein Blick in die Ergebnisse der vorliegenden Studie.

Bertram Brossardt
10. September 2026

Inhalt

Ergebnisse auf einen Blick		1
1	Einleitung	4
2	Globale Trends	7
2.1	Globale Trends in den vbw Zukunftsfeldern	8
2.2	Globale Trends in den einzelnen Anwendungstechnologien	12
3	Trends in den wichtigsten Ländern / Bayern	18
3.1	Weltklassepatente in fortgeschrittener Digitalisierung	18
3.2	Dynamik	20
3.3	Digitale Durchdringung	21
4	Technologieprofile	23
4.1	Technologieprofile USA	23
4.2	Technologieprofile China	26
4.3	Technologieprofile EU	30
4.4	Technologieprofile Deutschland	34
4.5	Technologieprofile Bayern	37
5	Fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien im Fokus	42
5.1	Überblick über die Rolle der fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien in den Zukunftsfeldern	42
5.2	Künstliche Intelligenz	44
5.3	Quantencomputing	48
Anhang		54
Ansprechpartner/Impressum		59

Ergebnisse auf einen Blick

China fast auf Augenhöhe mit den USA – Deutschland und Bayern trotz solider Forschungsdynamik weiter mit Nachholbedarf

Die fortgeschrittene Digitalisierung treibt als Querschnittstechnologie die Transformation anderer Technologien voran und ermöglicht neue, bessere und effizientere Produkte und Prozesse. Die zukünftige technologische Leistungsfähigkeit hängt daher maßgeblich davon ab, ob die Digitalisierung dieser Anwendungstechnologien gelingt. Die vorliegende Studie aktualisiert die im April 2024 veröffentlichte Studie um die Patentdaten der Jahre 2024 und 2025. Sie folgt derselben Methodik und analysiert die Weltklassepatente an der Schnittstelle von rund 90 Anwendungstechnologien in neun Zukunftsfeldern und 21 fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien.

Die Zahl der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien ist seit 2023 um 35 Prozent gestiegen – von rund 97.000 auf 131.000. Die Bedeutung der Digitalisierung nimmt somit in unverändert hohem Tempo weiter zu. Treibende Kraft ist die rasante Entwicklung der Künstlichen Intelligenz, die in sieben der neun Zukunftsfelder die dominierende Digitalisierungstechnologie darstellt.

Die weltweit führenden Unternehmen in Bezug auf fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien sind Samsung Electronics, Alphabet und die State Grid Corporation of China. In Deutschland und Bayern liegt Siemens in dieser Hinsicht an der Spitze. Knapp 16 Prozent der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente stammen von Forschungseinrichtungen (Patente, an denen mindestens eine Forschungseinrichtung beteiligt ist). In Deutschland (5 Prozent) und Bayern (6 Prozent) liegen diese Anteile deutlich niedriger. Die Chinese Academy of Sciences ist die Forschungseinrichtung mit den meisten fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in Anwendungstechnologien weltweit. In Deutschland und Bayern liegt die Fraunhofer-Gesellschaft ganz vorne.

Die USA verfügen 2025 über rund 53.700 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente. In den Biotechnologien (rund 65 Prozent Weltanteil), den Nanotechnologien, dem Gesundheitswesen, der Mobilität und den Materialien (jeweils rund 50 Prozent oder mehr) bleiben sie klar führend. Allerdings sind die US-Weltanteile zwischen 2020 und 2025 in allen neun Zukunftsfeldern teils deutlich zurückgegangen.

China dagegen hat seinen Bestand an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten allein zwischen 2023 und 2025 von rund 26.600 auf rund 46.300 erhöht (+74 Prozent) und ist damit in zahlreichen Bereichen inzwischen auf Augenhöhe mit den USA. Bereits heute führt China bei den Energiesystemen (über 60 Prozent Weltanteil; +40 Prozentpunkte gegenüber 2020), in der Ernährung sowie knapp in der Luft- und Raumfahrt.

Etwa jedes zehnte digitale Weltklassepatent in den Anwendungstechnologien (13.300 Patente) stammt 2025 aus der EU. Allerdings hat die EU seit 2020 in acht von neun

Zukunftsfeldern Weltanteile verloren. Einzig im Zukunftsfeld Materialien konnte die EU ihren Weltanteil an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten leicht erhöhen. Bei den Energiesystemen war hingegen ein starker Rückgang zu verzeichnen (–6 Prozentpunkte auf 6,4 Prozent). Angesichts der hohen Bedeutung der Energiewende für zahlreiche Wirtschaftszweige ist diese Innovationsschwäche ein Warnsignal. Gleichwohl hat die EU im Verhältnis zu den USA Boden gutgemacht und Japan knapp überholt. Das ist zu einem erheblichen Anteil auch auf die deutsche und bayerische Forschungsdynamik zurückzuführen.

Deutschland ist mit rund 6.200 Weltklassepatenten in digitalen Anwendungstechnologien auf Länderebene der fünftgrößte Forschungsstandort weltweit – hinter den USA, China, Japan und Südkorea. Innerhalb der EU ist Deutschland für rund 46 Prozent der Weltklassepatente verantwortlich, damit ist der deutsche Anteil gegenüber 2023 um einen Prozentpunkt gestiegen. Bei einzelnen Schlüsseltechnologien wie Industrierobotern, Sensoren und vernetzten Fahrzeugen stammt sogar der Großteil der EU-Patente aus Deutschland. Auch Deutschland verliert in den meisten Zukunftsfeldern an Weltanteilen, wobei der Rückgang nur bei den Energiesystemen stark ausfällt. In der Luft- und Raumfahrt und im Bereich Materialien konnte Deutschland seinen Weltanteil dagegen leicht steigern. In positiver Hinsicht ist zu nennen, dass Deutschland seit 2020 die Wachstumsraten der USA, Japans und auch der meisten anderen EU-Länder übertrifft. Die Weltanteilsverluste sind somit auf die weiter sehr hohe Wachstumsdynamik Chinas zurückzuführen, welche den globalen Schnitt nach oben drückt.

Bayern verfügt 2025 über knapp 2.400 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien. Im Vergleich zur letzten Erhebung ist das eine Zunahme um knapp 30 Prozent, damit entsprach die Dynamik seitdem dem deutschen Schnitt. Wäre Bayern ein eigenständiges Land, würde es weltweit Rang acht belegen. Innerhalb Deutschlands entfallen 38 Prozent des gesamten Bestands auf Bayern, innerhalb der EU liegt der Anteil bei 18 Prozent. In den für Bayern besonders wichtigen Zukunftsfeldern Industrie, Gesundheitswesen und Mobilität liegt der Weltanteil jeweils bei rund zwei Prozent. Hinsichtlich der Wachstumsdynamik entwickelte sich Bayern in den vergangenen Jahren ähnlich wie Deutschland. Das bedeutet, Bayern erreichte eine im Vergleich zu den USA, Japan und den anderen EU-Ländern gute Wachstumsperformance, kann aber nicht mit Chinas hohem Tempo mithalten. Auch bei Weltklassepatenten im Bereich der Anwendungstechnologien, die Künstliche Intelligenz (KI) einsetzen, war das Wachstum in Bayern in den letzten Jahren im Vergleich zu den USA und vielen anderen westlichen Ländern überdurchschnittlich hoch. Zu dieser positiven Entwicklung dürfte die Hightech Agenda Bayern einen Beitrag geleistet haben.

Auf Ebene der Zukunftsfelder ragt die Luft- und Raumfahrt positiv hervor. Darüber hinaus konnte Bayern seine Weltanteile aber auch in verschiedenen Gesundheits-, Biotechnologie- und Mobilitätstechnologien steigern (z. B. Krebsforschung, computergestützte Chirurgie, Elektrofahrzeuge und Batterieladestationen für Fahrzeuge). Deutlich gesunken ist dagegen (analog zur EU und Deutschland) der bayerische Weltanteil an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten im Bereich Energiesysteme.

[Ergebnisse auf einen Blick](#)

Die digitale Durchdringung misst, wie stark einzelne Forschungsstandorte ihre Anwendungstechnologien mit fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien verknüpfen. Die Bedeutung digitaler Technologien nimmt dabei in fast allen Bereichen weiter zu. In den letzten Jahren wurde dieser Trend durch den zunehmenden Einsatz von KI verstärkt.

Die digitale Durchdringung ist in den USA und China insgesamt höher als in der EU, Deutschland und Bayern. Infolgedessen sind die fortgeschrittenen digitalen Weltanteile der EU, Deutschlands und Bayerns tiefer als die Gesamt-Weltanteile in den meisten Zukunftsfeldern. Beispielsweise kommt Bayern über alle Zukunftsfelder hinweg auf einen Weltanteil von 1,8 Prozent an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten, gegenüber einem Weltanteil von 2,1 Prozent an allen Weltklassepatenten. Bayern (sowie auch Deutschland und die EU) haben somit weiterhin Nachholbedarf bei der Digitalisierung, da sie ihre allgemeine Forschungsstärke in den Anwendungstechnologien noch nicht in eine entsprechend hohe Positionierung bei der fortgeschrittenen Digitalisierung übertragen können. Dieser Befund hat sich gegenüber den Ergebnissen der Studie aus dem Jahr 2024 kaum verändert.

1 Einleitung

Fortgeschrittene Digitalisierung treibt die Transformation anderer Technologien

Die vorliegende Studie ist ein Update der Studie „Digitale Wettbewerbsfähigkeit aus globaler Sicht“ vom April 2024. Sie folgt derselben Methodik, erweitert die Analyse jedoch um die Patentdaten der Jahre 2024 und 2025 und um einige zusätzliche Auswertungen. Ziel ist es, die jüngsten technologischen Entwicklungen abzubilden und zu zeigen, wie sich die digitale Wettbewerbsfähigkeit der wichtigsten Forschungsstandorte weiterentwickelt hat.

Im Zentrum der jüngsten technologischen Entwicklung der letzten Jahre steht die Künstliche Intelligenz (KI). Seit der Veröffentlichung der Originalstudie im Jahr 2024 haben sich die Investitionen in KI-Modelle, KI-Infrastruktur und KI-Anwendungen vervielfacht. KI hat den Sprung aus der Forschung in den produktiven Einsatz geschafft, große Sprachmodelle finden Eingang in industrielle Prozesse – etwa in der Qualitätskontrolle, der Produktionsplanung und der Wartung¹.

Aber auch andere fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien haben in dieser Zeit deutliche Fortschritte gemacht. Beispielsweise nähert sich Quantencomputing der industriellen Anwendbarkeit, etwa in den Materialwissenschaften oder der Life Sciences-Forschung.

Die digitale Durchdringung der Anwendungstechnologien hat damit weiter an Tempo gewonnen – und mit ihr die Bedeutung der Frage, welche Standorte diese Entwicklung mitgestalten, und welche zurückfallen. Der Begriff „Digitalisierung“ ist in der öffentlichen Diskussion breit gefasst und reicht vom Einsatz einfacher Office-Software bis zur künstlichen Intelligenz. Um einen präzisen Blick auf das für die Wettbewerbsfähigkeit entscheidende technologische Know-how werfen zu können, werden hier nur Patente in sog. fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien berücksichtigt.

Fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien

- 3D Bildgenerierung
 - 5G
 - Avatar
 - Big Data
 - Blockchain
 - Cloud Technology
 - Cyber Security
-

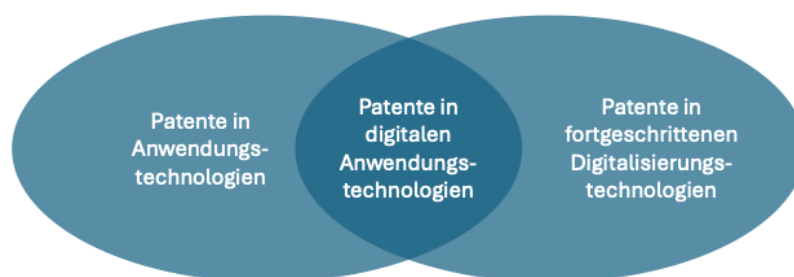
¹ Im Global Lighthouse Network des Weltwirtschaftsforums machen KI- und GenAI-Anwendungen inzwischen bis zu 50 Prozent der wichtigsten Use Cases aus. <https://www.weforum.org/stories/2025/09/global-lighthouse-network-why-does-it-matter/>

Einleitung

- Digitaler Zwilling
- Verschlüsselungstechnologien
- Gesichtserkennung
- Biometrie
- Fintech
- Gestenerkennung
- Blickverfolgung
- Maschinelles Lernen / Künstliche Intelligenz (KI)
- Maschinen-Kommunikation (M2M)
- Prozessautomatisierung
- Quantencomputing
- Halbleiterherstellung
- Spracherkennung
- VR und AR, XR, Metaverse

Technologische Fortschritte entstehen häufig aus der intelligenten Verknüpfung bestehender Technologien. Die Digitalisierung treibt als Querschnittstechnologie die Transformation anderer Technologien voran und ermöglicht bessere Produkte und Prozesse. Infolgedessen hängt die zukünftige technologische Leistungsfähigkeit einer Region bzw. eines Unternehmens stark von der erfolgreichen Digitalisierung in den bestehenden Technologien ab.

Patente tragen häufig mehr als eine Technologieinformation und können daher oft mehreren Technologien zugeordnet werden. Für die Analysen in dieser Studie werden die Patente an der Schnittstelle zwischen Anwendungstechnologien und fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien identifiziert, d. h. diese Patente tragen sowohl Merkmale einer Anwendungstechnologie als auch einer fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologie.



Ein Beispiel ist eine Software, die mithilfe von KI in der Medizintechnik Röntgenbilder analysiert und so die Diagnostik unterstützt. In der Industrie lässt sich etwa der digitale Zwilling einer kompletten Produktionsanlage erstellen, um Maschinenabläufe virtuell zu simulieren und Wartungsbedarf frühzeitig zu erkennen, bevor reale Ausfälle entstehen. Ein weiteres Beispiel ist die Planung und Optimierung einer Fabrik in einer virtuellen 3D-Umgebung: Mithilfe von Metaverse-Technologien können Ingenieure weltweit die Fertigungslinien gemeinsam virtuell begehen und testen, noch bevor die erste reale Maschine aufgebaut wird.

Einleitung

Die Messung der digitalen Durchdringung durch fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien erfolgt für die Technologien in den vbw Zukunftsfeldern (abzüglich der dort beinhalteten fortgeschrittenen Digitaltechnologien) bzw. für die Zukunftsfelder insgesamt.² Für jede Anwendungstechnologie ergibt sich der Anteil der fortgeschrittenen Digitalisierung aus dem Verhältnis der digital durchdrungenen Patente zu den Gesamtpatenten. Da einige Anwendungstechnologien grundsätzlich digitaler sind als andere, werden die Digitalisierungsanteile nicht innerhalb eines Landes verglichen, sondern jeweils mit dem globalen Digitalisierungstrend pro Anwendungstechnologie.

In einem weiteren Analyseschritt wird gezeigt, wie sich die Wettbewerbsfähigkeit eines Landes in diesen Technologien entwickelt hat. Dazu wird die Anzahl der digital durchdrungenen Patente pro Anwendungstechnologie in einem Land ins Verhältnis gesetzt zu den globalen digital durchdrungenen Patenten in dieser Technologie. Daraus ergibt sich der Weltanteil jedes einzelnen Landes pro digitaler Anwendungstechnologie, beispielsweise der Anteil Bayerns an allen fortgeschrittenen digitalen Medtech-Patenten weltweit.

Der Fokus liegt dabei auf den sogenannten Weltklassepatenten – Patenten, die besonders hochwertig sind, weil sie viele Zitierungen von anderen Patenten erhalten und in vielen Ländern angemeldet werden. Nur die zehn besten Prozent der Patente pro Technologie erhalten diese Bewertung.

Bestimmte Digitaltechnologien sind aus bayerischer Sicht von besonderer Bedeutung. Diese Technologien werden im Kapitel 5 vertieft analysiert. Im vorliegenden Update steht neben der Künstlichen Intelligenz das Thema Quantencomputing im Fokus.

² Eine Liste mit allen analysierten Technologien ist im Anhang enthalten.

2 Globale Trends

Bedeutung der fortgeschrittenen Digitalisierung nimmt stetig zu

Am Jahresende 2025 gab es mehr als 18 Millionen aktive Patente weltweit. Davon befanden sich knapp 5,5 Millionen in den Anwendungstechnologien der vbw Zukunftsfelder (ohne digitale Technologien). Mehr als eine Million aktive Patente liegen aktuell an der Schnittstelle zwischen Anwendungs- und fortgeschrittener Digitalisierungstechnologie, d. h. sie tragen ein Merkmal beider Technologiegruppen.

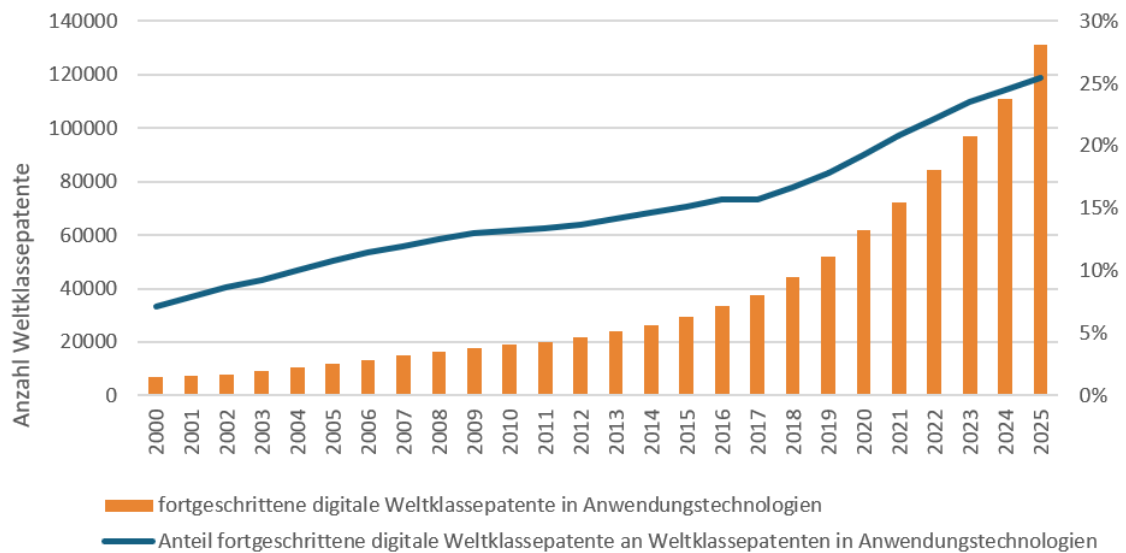
Seit dem Jahr 2000 ist der globale Patentbestand deutlich gewachsen. Die Zahl der weltweiten Patente in Anwendungstechnologien stieg von rund 775.000 im Jahr 2000 auf die erwähnten 5,5 Millionen im Jahr 2025. Dies entspricht einem Wachstum von rund 8 Prozent pro Jahr. In der gleichen Zeit legten die Patente in fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien um fast 11 Prozent pro Jahr zu. Noch stärker verlief das Wachstum der fortgeschrittenen digitalen Patente in den Anwendungstechnologien mit einem durchschnittlichen Anstieg von über 14 Prozent pro Jahr. Dabei erreichte das jährliche Wachstum im Jahr 2025 mit knapp 25 Prozent den höchsten Wert der gesamten Zeitreihe seit 2000. Durch das starke Wachstum ist der fortgeschrittene Digitalisierungsanteil in den Anwendungstechnologien von rund 5 Prozent im Jahr 2000 auf aktuell 19 Prozent gestiegen.

Bei den Weltklassepatenten – den nach Zitierungen und Länderabdeckung obersten zehn Prozent – legten die fortgeschrittenen digitalen Patente in den Anwendungen zwischen 2023 und 2025 um 35 Prozent zu, von rund 97.000 auf rund 131.000 (Abbildung 1).

Abbildung 2 zeigt, dass der Anteil der fortgeschrittenen digitalen Patente in den Anwendungstechnologien (ohne digitale Technologien) auf Ebene der Weltklassepatente deutlich höher ist als auf Ebene der Gesamtpatente. Genauer gesagt waren im Jahr 2025 25 Prozent aller Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien digital durchdrungen (2023: 24 Prozent), gegenüber 19 Prozent bei den Gesamtpatenten (2023: 16 Prozent). Dies bedeutet, dass die Digitalisierung bei den Weltklassepatenten nochmals an Bedeutung gewonnen hat.

Abbildung 1

Entwicklung fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien (linke Achse) und Entwicklung des Anteils an allen fortgeschrittenen Weltklassepatenten (rechte Achse), 2000 - 2025

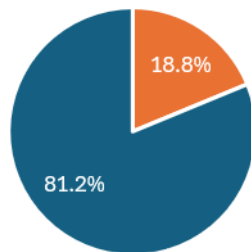


Quelle: EconSight

Abbildung 2

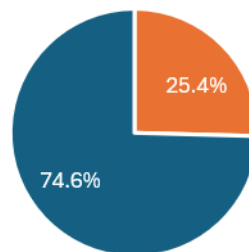
Anteil fortgeschrittene Digitalisierung in Anwendungstechnologien, 2025

alle Patente 2025



■ Fortgeschrittene digitale Patente
■ Sonstige Patente

Weltklassepatente 2025



■ Fortgeschrittene digitale Patente
■ Sonstige Patente

Quelle: EconSight

2.1 Globale Trends in den vbw Zukunftsfeldern

Die Relevanz der Digitalisierung nimmt in den technologischen Zukunftsfeldern der vbw insgesamt weiter zu. Die Bandbreite ist allerdings groß und reicht von einem fortgeschrittenen digitalen Anteil von 46 Prozent im Zukunftsfeld Mobilität bis zu einem recht geringen Anteil von rund 10 Prozent im Bereich Materialien (Abbildung 3).

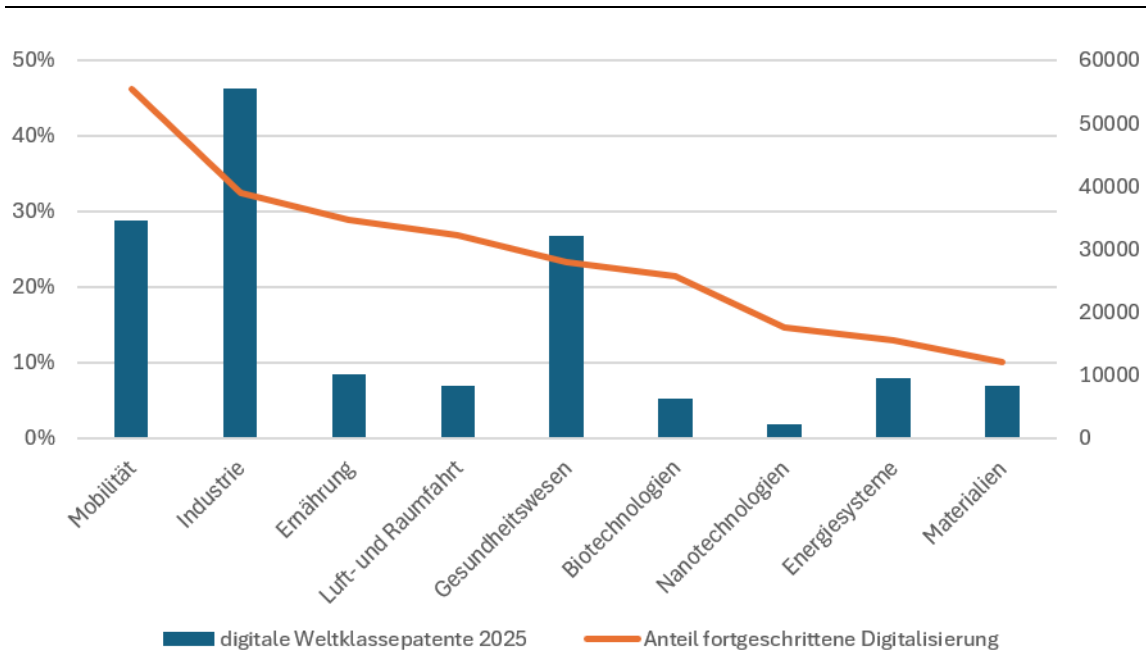
Gegenüber 2023 hat sich der fortgeschrittene digitale Anteil im Zukunftsfeld Ernährung am stärksten erhöht (+8 Prozentpunkte), gefolgt von den Feldern Mobilität und Energiesysteme (jeweils +3 Prozentpunkte) sowie Luft-/Raumfahrt und Biotechnologien (jeweils +2 Prozentpunkte). Leicht gestiegen ist die digitale Durchdringung zudem im Gesundheitswesen, während der digitale Anteil in der Industrie stagnierte und bei Nanotechnologien leicht gesunken ist. Deutlich gesunken ist der Anteil im Bereich Materialien.³

Dabei gibt es innerhalb der Zukunftsfelder nochmals Unterschiede zwischen den einzelnen Anwendungstechnologien. In der Mobilität sind es beispielsweise Einzeltechnologien wie autonome Straßenfahrzeuge, Drohnen, Smart City oder vernetzte Fahrzeuge, in denen die Digitalisierung eine zentrale Rolle spielt, die für die insgesamt hohe digitale Durchdringung sorgen (siehe näher hierzu Kapitel 2.2).

³ Die Definition des Zukunftsfeldes Materialien wurde gegenüber 2023 leicht angepasst. Konkret wurde die Technologie Quantencomputing aus dem Zukunftsfeld Materialien entfernt, da diese Technologie bereits im Technologieset der fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien enthalten ist. Diese Doppelzählung der Technologie Quantencomputing wurde im Rahmen dieses Updates korrigiert. Bereinigt um diesen Sondereffekt ist der fortgeschrittene digitale Anteil im Zukunftsfeld Materialien seit 2023 um 0.4 Prozentpunkte gesunken.

Abbildung 3

Anteil fortgeschrittene Digitalisierung an Weltklassepatenten und Anzahl fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in vbw Zukunftsfeldern, 2025



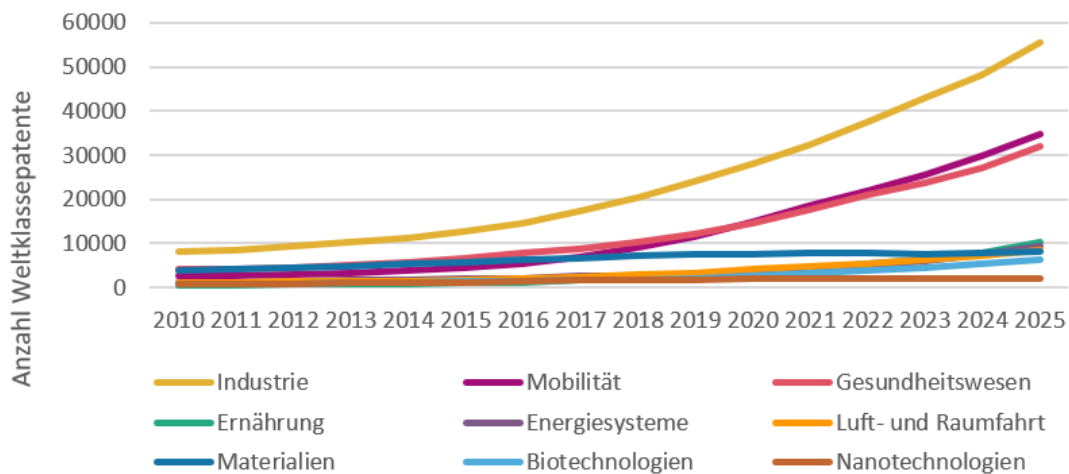
Quelle: EconSight

Das Zukunftsfeld Industrie ist nach wie vor das zahlenmäßig größte Feld mit rund 55.000 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten im Jahr 2025 – ein Plus von rund 30 Prozent gegenüber 2023 (Abbildung 4). Die Bereiche Mobilität (35.000) und Gesundheitswesen (32.000) folgen auf den weiteren Plätzen.

Die Zahl der digitalen Weltklassepatente in den anderen Zukunftsfeldern ist deutlich kleiner; das kleinste Feld stellt das Zukunftsfeld Nanotechnologien dar mit lediglich rund 2.100 aktiven digitalen Weltklassepatenten im Jahr 2025.

Abbildung 4

Entwicklung digitaler Weltklassepatente in den Zukunftsfeldern,
2010 - 2025



Einige Weltklassepatente sind mehr als einem Zukunftsfeld zugeordnet.

Quelle: EconSight

Das Wachstum der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente verlief in fast allen Zukunftsfeldern dynamisch (Abbildung 5). Seit 2020 sind die Felder Ernährung (+24 Prozent pro Jahr), Energiesysteme (+23 Prozent) und Biotechnologien (+20 Prozent) am stärksten gewachsen und in diesen Feldern hat sich die Dynamik seit 2023 nochmals erhöht. In allen drei Feldern treibt KI die Digitalisierung – im Agrarbereich etwa KI-gestützte Bilderkennung in Drohnen- und Satellitendaten zur Unterstützung der digitalen Präzisionslandwirtschaft⁴, im Energiebereich KI-gestützte Netzsteuerung und die Integration erneuerbarer Energien⁵, und in der Biotechnologie durch KI-basierte Proteinstrukturvorhersage und Hochdurchsatz-Screening⁶. Bemerkenswert ist dabei insbesondere die Dynamik in den Energiesystemen: Während dieses Feld bei der digitalen Durchdringung den vorletzten Platz belegt (Abbildung 3), hat sich die Zahl der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente seit 2020 nahezu verdreifacht.

Die drei zahlenmäßig größten Felder – Industrie, Mobilität und Gesundheitswesen – sowie auch die Luft- und Raumfahrt wachsen mit jährlichen Raten zwischen 15 und 18 Prozent ebenfalls solide, wenn auch nicht ganz so dynamisch wie die drei Spitzenfelder. In der Mobilität hat sich die Dynamik seit 2023 etwas verlangsamt, in den anderen drei Feldern blieb sie in etwa konstant.

⁴ <https://www.csis.org/analysis/ai-global-food-security-focus-precision-agriculture>

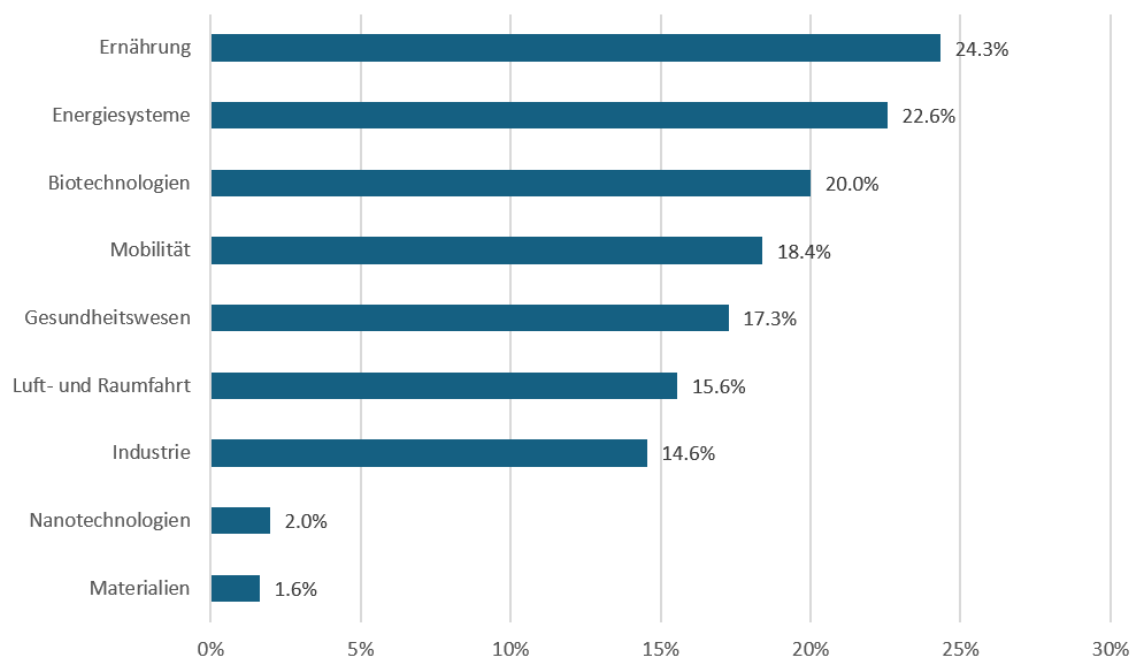
⁵ <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/ai-for-energy-optimisation-and-innovation>

⁶ <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07487-w>

Recht verhalten verläuft die Digitalisierung weiterhin in den Feldern Materialien und Nanotechnologien (Wachstum der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente jeweils +2 Prozent pro Jahr). Beide Felder sind traditionell stark auf physikalische und chemische Experimente angewiesen, in denen digitale Werkzeuge wie autonome Labore und KI-gestütztes Materialscreening erst beginnen, sich zu etablieren⁷.

Abbildung 5

Entwicklung digitaler Weltklassepatente in den Zukunftsfeldern,
2020 - 2025 in Prozent pro Jahr



Quelle: EconSight

2.2 Globale Trends in den einzelnen Anwendungstechnologien

Betrachtet man die fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente auf Ebene der einzelnen Anwendungstechnologien, zeigen sich beträchtliche Größenunterschiede. Abbildung 6 zeigt die größten 50 Anwendungstechnologien.

Die Schwelle von 10.000 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten wird im Jahr 2025 von sieben Anwendungstechnologien überschritten – gegenüber lediglich vier Technologien im Jahr 2023. Die meisten dieser Technologien stammen aus den Zukunftsfeldern Industrie und Gesundheitswesen: Sensoren mit rund 22.000 fortgeschrittenen digitalen

⁷ <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11469275/>

Weltklassepatenten, gefolgt von vernetzter Produktion (17.000) und Robotik (16.000) im Industriebereich sowie Medtech⁸ (20.000) und Patientendaten⁹ (11.000) im Gesundheitswesen.¹⁰ Hinzu kommen die autonomen Straßenfahrzeuge im Zukunftsfeld Mobilität mit rund 15.000 Weltklassepatenten.

Interessant ist auch die digitale Durchdringung in den jeweiligen Anwendungstechnologien. Hervorzuheben sind hier die Technologien Head-up Displays (84 Prozent) und Vernetzte Produktion (81 Prozent), in denen die überwiegende Mehrheit der besonders hochwertigen Patente digital durchdrungen ist. Auch bei Patientendaten, vernetzten Fahrzeugen, autonomen Straßenfahrzeugen und der Bioinformatik liegt der Anteil hoch. Kaum eine Rolle spielen digitale Elemente dagegen bei Technologien wie Keramik, Wasserstoff-erzeugung und -speicherung, Brennstoffzellen oder Carbon und Graphen, bei denen weniger als jedes zehnte Weltklassepatent ein fortgeschrittenes digitales Patent darstellt.

⁸ Die Technologie Medtech (Medizintechnik) umfasst medizinische Geräte und Systeme zur Verbesserung der Patientenversorgung und -behandlung, darunter Lösungen zur Überwachung physiologischer Signale (z. B. Herzfrequenz oder Blutdruck), Medikamentenverabreichung und Rehabilitation. Weitere Schwerpunkte sind chirurgische Instrumente und Robotersysteme, diagnostische Bildgebung sowie Materialien für Wundversorgung und Infektionsprävention.

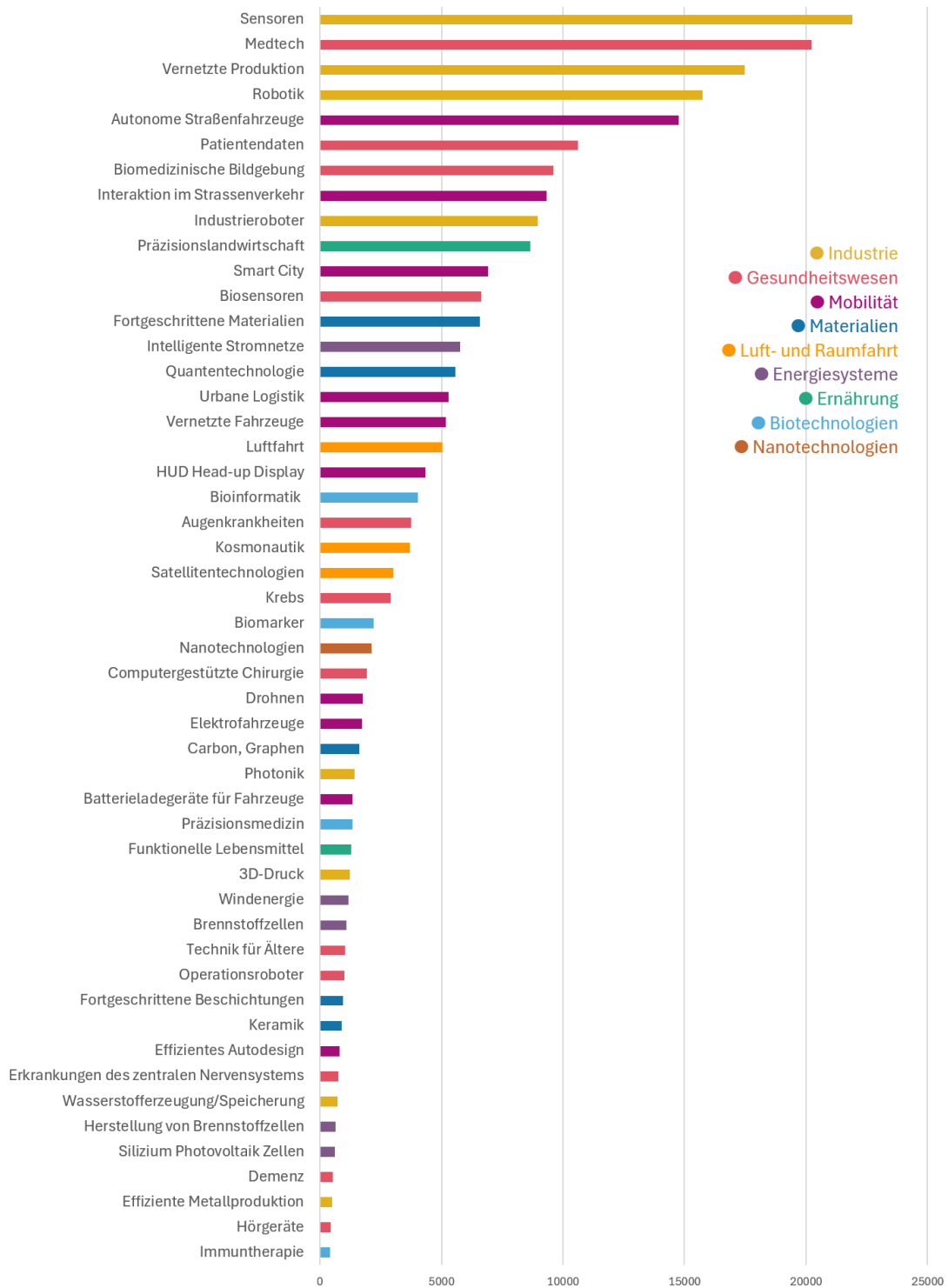
⁹ Die Technologie Patientendaten umfasst Technologien zur Verwaltung, Überwachung und Analyse von Patientendaten, darunter fortschrittliche Diagnoseverfahren, tragbare Geräte zur Gesundheitsüberwachung und datenbasierte Vorhersagen von Behandlungsergebnissen.

¹⁰ Anzumerken ist dabei, dass es teilweise inhaltliche Überschneidungen zwischen bestimmten Einzeltechnologien gibt (z. B. zwischen den Technologien Patientendaten und Medtech).

Globale Trends

Abbildung 6

Digitale Weltklassepatente in den Top 50 Anwendungstechnologien, 2025



Quelle: EconSight

Bei der Forschungsdynamik gibt es sowohl kleine als auch große Technologien, die eine besonders hohe Innovationsdynamik aufweisen (Abbildung 7). An der Spitze stehen die intelligenten Stromnetze mit einem jährlichen Wachstum von rund 34 Prozent zwischen 2020 und 2025. Es folgen Windenergie (+28 Prozent pro Jahr), autonome Straßenfahrzeuge (+28 Prozent), die Präzisionslandwirtschaft (+27 Prozent), Patientendaten (+24 Prozent) sowie Präzisionsmedizin und Bioinformatik (jeweils +23 Prozent).

Die hohe Dynamik dieser Felder spiegelt teilweise konkrete Entwicklungen der Jahre 2024 und 2025 wider. Im Bereich intelligenter Stromnetze hat sich der Einsatz von KI zur Echtzeit-Steuerung dezentraler Energieressourcen rasant entwickelt – auch getrieben durch den stark wachsenden Strombedarf KI-basierter Rechenzentren und die Notwendigkeit, Netzschwankungen aus erneuerbaren Energien auszugleichen.¹¹

Bemerkenswert ist, dass mehrere gemessen an den Patentzahlen große Technologien ein sehr hohes Tempo halten konnten – allen voran die autonomen Straßenfahrzeuge, in welcher sich die fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente zwischen 2020 und 2025 von rund 4.300 auf knapp 14.800 Stück mehr als verdreifacht haben. Rückenwind gab die zunehmende Verfügbarkeit von Robotaxi-Diensten, welche 2024 und 2025 in den USA und China erstmals in nennenswertem Umfang in den kommerziellen Betrieb gegangen sind. Marktführer in den USA ist Waymo, das im Jahr 2025 rund 14 Millionen bezahlte Fahrten absolviert hat. In China hat Baidus Apollo Go im Oktober 2025 die Marke von 250.000 wöchentlichen vollautonomen Fahrten überschritten – eine Größenordnung, die Waymo im April 2025 erreicht hatte.¹²

Ähnlich dynamisch haben sich die Vernetzte Produktion (+21 Prozent pro Jahr, Bestand 2025 rund 17.000) und die biomedizinische Bildgebung (+21 Prozent, Bestand 2025 knapp 10.000) entwickelt. Auch bei den vernetzten Fahrzeugen (Bestand knapp 5.200) sind die Patentzahlen zwischen 2000 und 2025 um rund 20 Prozent pro Jahr gestiegen. Damit ist die Dynamik nicht mehr so stark wie bei der letzten Erhebung, aber immer noch überdurchschnittlich hoch.

Bei den gemessen an den Patentzahlen sehr kleinen Technologien, welche nicht in Abbildung 7 abgebildet sind, liegen die Elektroflugzeuge ganz vorne im Wachstumsranking. Zwischen 2020 und 2025 ist die Zahl der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in dieser Technologie von 7 auf 54 gestiegen (+50 Prozent pro Jahr). Etwas verlangsamt hat sich dagegen die Wachstumsdynamik bei den Fluggeräten für Senkrechtstart und -landung, wo die Zahl der digitalen Weltklassepatente zwischen 2020 und 2025 um knapp 10 Prozent pro Jahr stieg (von 120 auf 189). Im Jahr 2023 war diese Technologie noch eine der dynamischsten.

Grundsätzlich war die Forschungsdynamik in der überwiegenden Mehrheit der einzelnen Anwendungstechnologien hoch. Nur in wenigen Bereichen haben die fortgeschrittenen

¹¹ World Economic Forum (Juni 2025): Why edge AI is now crucial for powering the global grid. <https://www.weforum.org/stories/2025/06/edge-ai-resilient-infrastructure-energy/>

¹² CNBC (Dezember 2025): Waymo, Zoox and Tesla drive 2025 robotaxi boom. <https://www.cnbc.com/2025/12/16/waymo-amazon-zoox-tesla-robotaxi-expansion.html>

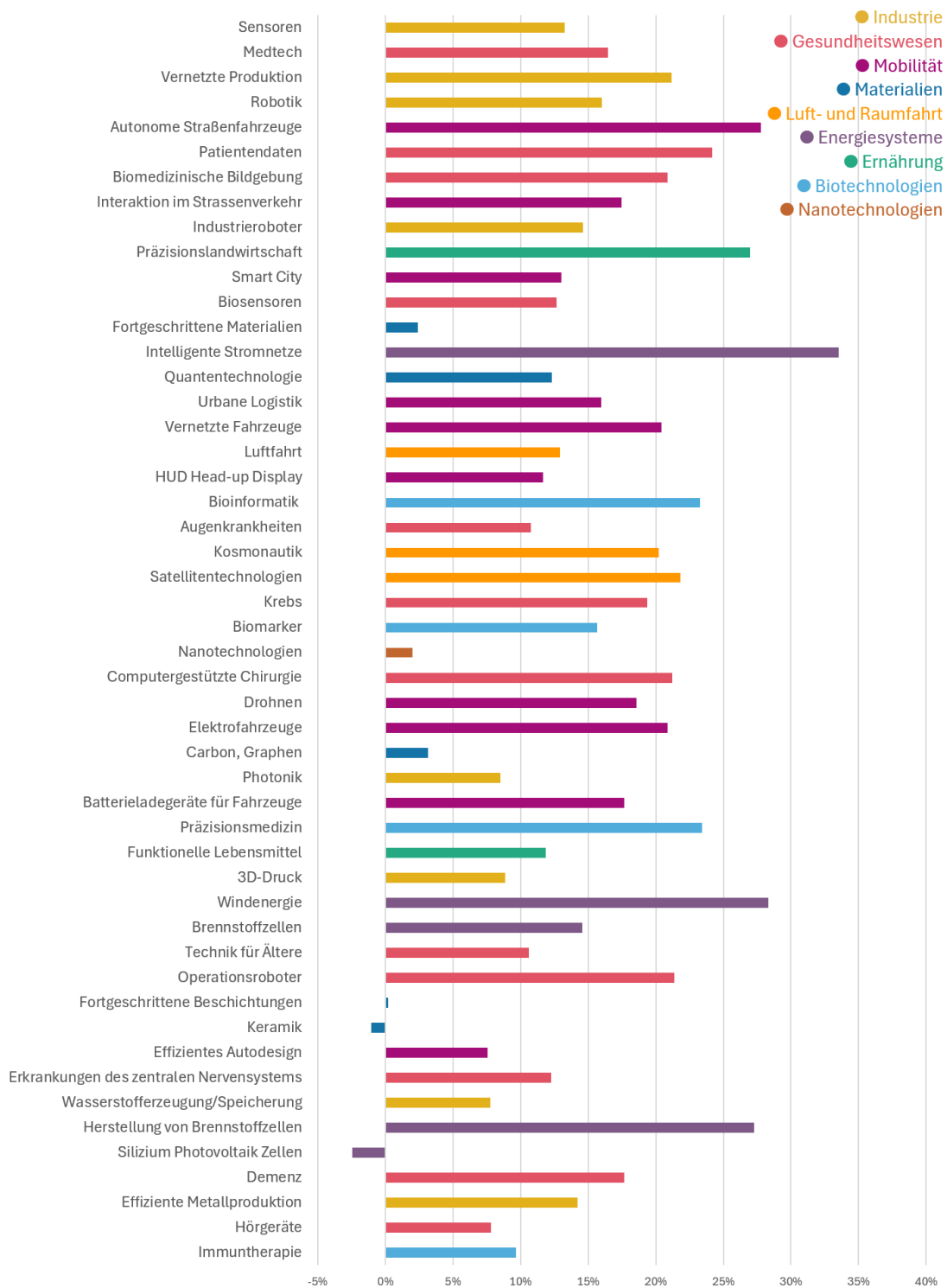
digitalen Weltklassepatente seit 2020 stagniert oder sind leicht gesunken, darunter Silizium-Photovoltaikzellen, Keramik und fortgeschrittene Beschichtungen. Anders als bei den intelligenten Stromnetzen oder der Windenergie, wo die Digitalisierung auf Systemebene wirksam wird – etwa über Lastprognose, Anlagensteuerung und vorausschauende Wartung – wird Innovation bei Solarzellen vor allem durch materialwissenschaftliche Fortschritte getrieben.¹³ Auch bei Keramik und fortgeschrittenen Beschichtungen wird Innovation überwiegend durch neue Materialzusammensetzungen, Sintertechniken und Prozessverfahren erreicht, in denen digitale Werkzeuge eine geringere Rolle spielen.

¹³ Huang, J. & Mao, L. (2025): A Review on Perovskite/Silicon Tandem Solar Cells: Current Status and Future Challenges. <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/16/4327>

Globale Trends

Abbildung 7

Wachstum digitale Weltklassepatente in den Top 50, 2020 - 2025 pro Jahr



Quelle: EconSight

3 Trends nach Forschungsstandorten

USA und China technologisch klar führend, aber China mit deutlich höherer Dynamik

3.1 Weltklassepatente in fortgeschrittener Digitalisierung

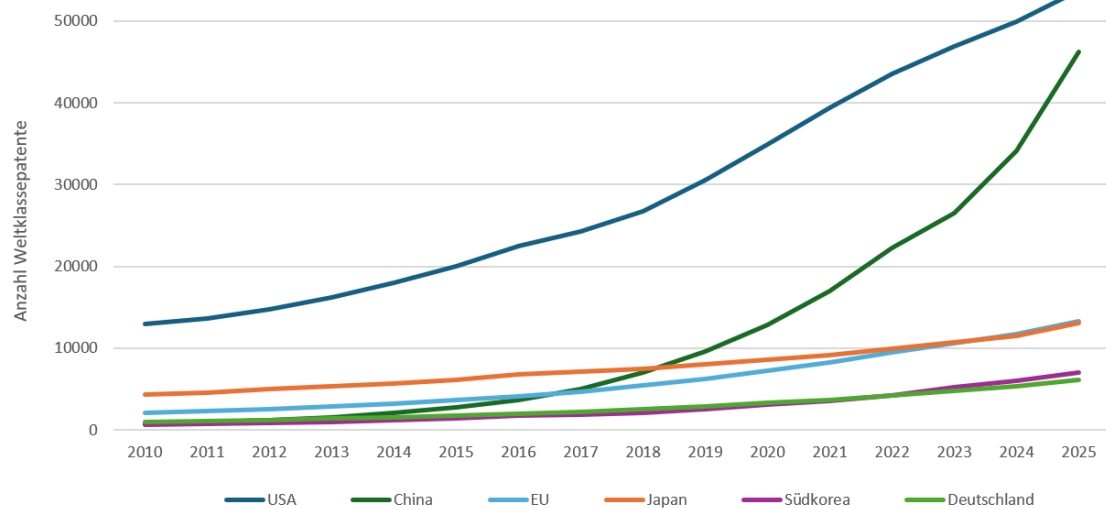
Im Jahr 2025 verfügten die USA über rund 53.700 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien (Abbildung 8). Dahinter folgt China mit knapp 46.300 Patenten – das Verhältnis zu den USA hat sich damit gegenüber 2023 erheblich verschoben: Während China 2023 noch nur rund halb so viele fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien wie die USA hatte, lag der entsprechende Anteil 2025 bei 86 Prozent.¹⁴ Setzt sich der Wachstumstrend der letzten fünf Jahre fort, wird China bereits 2026 die USA an der Spitze ablösen.

Mit großem Abstand zur Spitze folgen die EU mit rund 13.300 und Japan mit rund 13.100 Patenten; die EU hat damit Japan im Update-Zeitraum knapp überholt. Südkorea (rund 7.000) und Deutschland (rund 6.200) folgen in der Rangliste. Die Platzierung der TOP 5 Länder hat sich somit gegenüber 2023 nicht verändert. Innerhalb der EU ist Deutschland für rund 46 Prozent der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente verantwortlich. Die übrigen Top 10-Forschungsländer (Kanada, Indien, UK, Israel, Frankreich) weisen jeweils weniger als 3.500 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente auf.

¹⁴ Patentdaten werden regelmäßig aktualisiert. Daher kann es rückwirkend zu leichten Revisionen historischer Daten kommen. Ein Grund hierfür sind Anpassungen bei der Zusammensetzung der Patentklassen, die für die Technologiedefinitionen herangezogen werden. Dies betrifft insbesondere jüngere, dynamische Technologien, für die die relevanten Patentklassen bzw. deren Zuordnung häufig erst mit Verzögerung festgelegt oder angepasst werden. Zudem kann es gelegentlich zu nachträglichen Korrekturen bei Erfindenangaben und deren regionaler Zuordnung kommen. Ein Vergleich der Zahlen dieses Studien-Updates mit den Ergebnissen der Studie von 2024 verdeutlicht diesen Effekt: Während die Zahl der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente aus Bayern nur geringfügig revidiert wurde, wurden die entsprechenden Patentzahlen für Deutschland und die EU für das Jahr 2023 nachträglich um ein paar Prozentpunkte nach oben korrigiert. In anderen Ländern, beispielsweise Japan und Südkorea, kam es dagegen zu einer Revision nach unten.

Abbildung 8

Entwicklung fortgeschrittener digitaler Weltklassepatente in Anwendungstechnologien in den Top 5 Ländern und der EU, 2000 - 2025

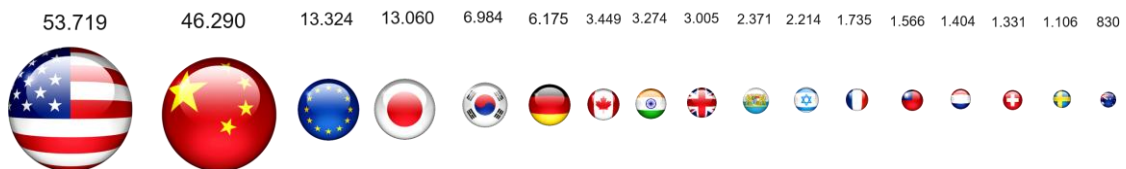


Quelle: EconSight

Wäre Bayern ein Land, würde es im Ranking der wichtigsten Forschungsländer den 8. Rang belegen mit knapp 2.400 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten (Abbildung 9, EU und Deutschland nicht mitgezählt). Damit hat sich Bayern um einen Platz verbessert und liegt vor Ländern wie Israel, Frankreich oder Taiwan.

Abbildung 9

Die wichtigsten Forschungsstandorte weltweit, 2025



Kumulierte fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern nach Ländern.

Quelle: EconSight

3.2 Dynamik

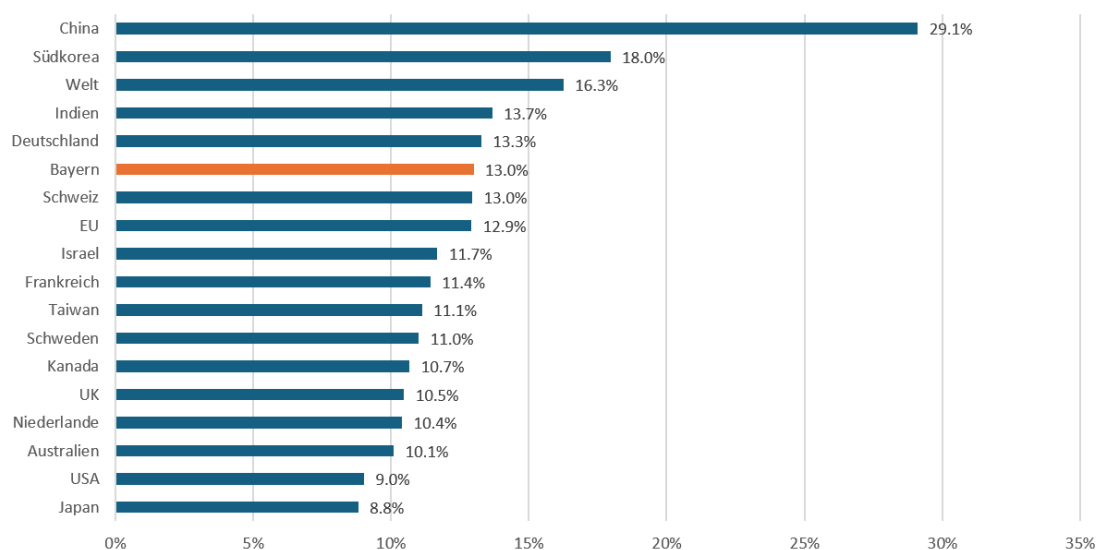
China liegt hinsichtlich der Forschungsdynamik weiterhin klar an der Spitze. Die Zahl der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente aus China hat sich allein in den vergangenen beiden Jahren um 74 Prozent erhöht, von 26.600 im Jahr 2023 auf 46.300 im Jahr 2025. Seit 2020 sind die fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien aus China um 29,1 Prozent pro Jahr gestiegen (Abbildung 10). Ebenfalls sehr dynamisch hat sich die Spitzenforschung in Südkorea entwickelt (+18 Prozent p. a. seit 2020).

Das hohe Wachstum dieser beiden Länder hat dafür gesorgt, dass das globale Wachstum bei den Weltklassepatenten in den letzten Jahren erneut sehr hoch ausfiel. Allein zwischen 2023 und 2025 ist der weltweite Bestand fortgeschrittener digitaler Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien um 35 Prozent gestiegen.

Auf den nächsten Plätzen im Wachstumsranking der wichtigsten Forschungsstandorte folgen Indien (+14 Prozent p. a. seit 2020), Deutschland, Bayern sowie die Schweiz (jeweils +13 Prozent p. a. seit 2020). Bayern ist für 38 Prozent der deutschen Weltklassepatente verantwortlich und leistet somit einen wichtigen Beitrag zum gesamtdeutschen Wachstum. Das Wachstum in Deutschland und Bayern lag zwar unter dem globalen Durchschnitt, der maßgeblich von China und Südkorea geprägt wurde, aber deutlich über dem Wachstum in den USA und Japan (jeweils +9 Prozent p. a.).

Abbildung 10

Wachstum der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in Anwendungstechnologien, 2020 - 2025 in Prozent pro Jahr



Quelle: EconSight

3.3 Digitale Durchdringung

Über die digitale Durchdringung lässt sich messen, wie stark einzelne Forschungsstandorte ihre Anwendungstechnologien bereits mit fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien verknüpfen. Sie ergibt sich aus dem Anteil der digital durchdrungenen Weltklassepatente an allen Weltklassepatenten in den Anwendungstechnologien eines Landes.

Im Jahr 2025 weist Indien mit rund 40 Prozent die höchste digitale Durchdringung auf, gefolgt von Israel (37 Prozent) und Taiwan (36 Prozent). Diese drei Länder lagen bereits 2023 an der Spitze. Es folgen Kanada (30 Prozent), Südkorea (29 Prozent), die USA (29 Prozent) und China (28 Prozent).

Auffällig ist die Dynamik in China: Die digitale Durchdringung ist hier zwischen 2023 und 2025 um 2,4 Prozentpunkte gestiegen – stärker als in allen anderen Top-Forschungsländern. Damit nähert sich China dem US-amerikanischen Niveau auch beim Anteil der digitalen Durchdringung an.

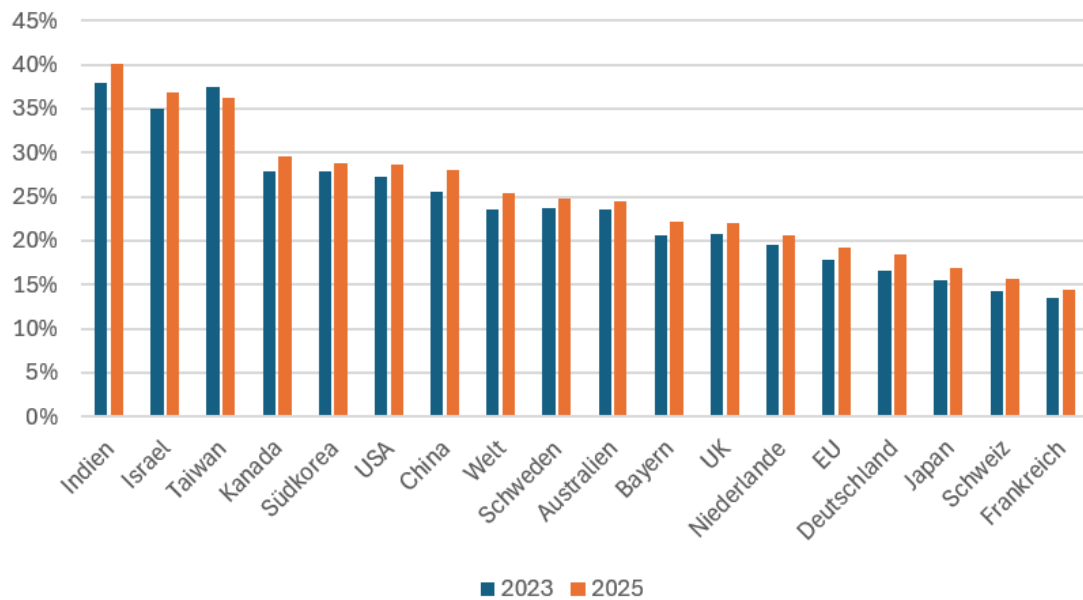
Demgegenüber ist die digitale Durchdringung der Anwendungstechnologien einzig in Taiwan in den letzten zwei Jahren leicht gesunken, allerdings auf hohem Niveau.

Bayern liegt mit einer digitalen Durchdringung von rund 22 Prozent vor Deutschland (18 Prozent) und der EU (19 Prozent), jedoch unter dem weltweiten Schnitt von 25 Prozent.

Der weltweite Schnitt ist seit 2023 insgesamt von 23 auf 25 Prozent gestiegen – Ausdruck der zunehmenden Bedeutung der Digitalisierung in den Anwendungstechnologien.

Abbildung 11

Digitale Durchdringung der Weltklassepatente in Anwendungstechnologien
in den Top 15 Forschungsländern, Bayern, EU und Welt, 2023 und 2025



Quelle: EconSight

4 Technologieprofile

Aufgrund Chinas hoher Dynamik sinken Deutschlands und Bayerns Weltanteile in den meisten Zukunftsfeldern

Technologieprofile stellen die Spitzenforschungsaktivitäten der ausgewählten Regionen im Detail sowie die Wettbewerbsfähigkeit dar. Die Profile setzen die einzelnen Zukunftsfelder bzw. Anwendungstechnologien pro Region in Relation zur weltweiten Patentaktivität. Dadurch ergeben sich die Weltanteile der Region. Dies zeigt die Bedeutung der Region in dieser Technologie und gleichzeitig die relative Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Regionen (Y-Achse). Die Entwicklung des weltweiten Anteils über zwei Zeitpunkte hinweg zeigt die Zunahme oder Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit im Laufe der Zeit (X-Achse).

4.1 Technologieprofile USA

Die USA sind technologisch nach wie vor führend und erreichen in sieben von neun technologischen Zukunftsfeldern Weltanteile von über 40 Prozent.

Die Wettbewerbsfähigkeit der USA profitiert maßgeblich von der Innovationskraft großer Tech-Unternehmen wie Alphabet (2.139 in den USA entwickelte fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien), Qualcomm (1.801), Amazon (1.360), Microsoft (1.294), Intel (1.258), Apple (1.141), Nvidia (1.136), Meta (791) und IBM (712). Die drei wichtigsten US-Forschungsunternehmen außerhalb des IT-Bereichs in den USA sind Ford Motors (764), Johnson und Johnson (694) und General Motors (675). Anschließend folgt Siemens (inklusive Siemens Healthineers) als wichtiges ausländisches Forschungsunternehmen in den USA mit 612 im Land entwickelten Weltklassepatenten.

Besonders auffällig bleibt der hohe US-Anteil an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den Biotechnologien (rund 66 Prozent). Auch in den Nanotechnologien, der Mobilität und im Gesundheitswesen liegt der US-Anteil bei jeweils rund 50 Prozent oder mehr. Im Vergleich zu 2023 sind diese Anteile jedoch durchweg gesunken: In den Biotechnologien beispielsweise lag der US-Weltanteil 2023 noch bei rund 80 Prozent, in den Zukunftsfeldern Gesundheitswesen, Luft- und Raumfahrt, Mobilität und Nanotechnologien jeweils bei über 60 Prozent.

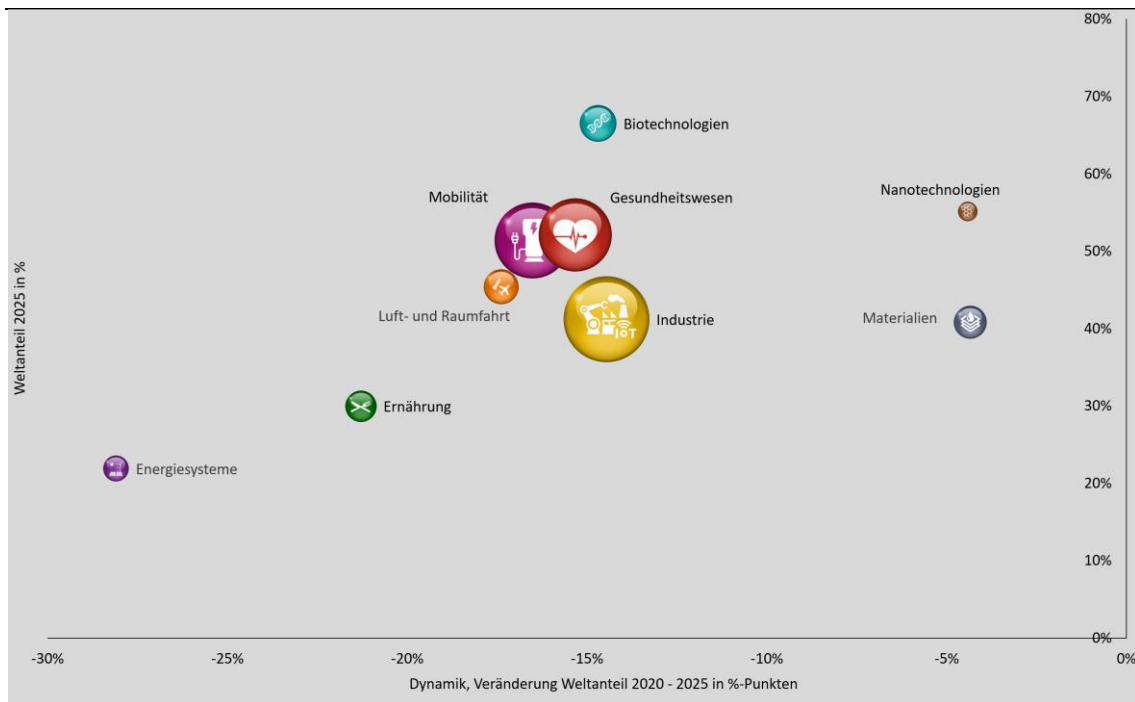
Tatsächlich ist der US-Weltanteil zwischen 2020 und 2025 in allen neun Zukunftsfeldern zurückgegangen, in den meisten Fällen sogar deutlich. Besonders stark fielen die Einbußen in den Energiesystemen und im Zukunftsfeld Ernährung aus. Lediglich in den Materialien und Nanotechnologien fielen die Rückgänge nur moderat aus. Zwar steigen auch in den USA die fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in fast allen Feldern, doch die Wachstumsdynamik war insbesondere in China, aber auch in der EU in den letzten Jahren

Technologieprofile

höher. Dies hat zu signifikanten Verschiebungen der weltweiten Anteile geführt; insbesondere hat China in allen Zukunftsfeldern Weltanteile auf Kosten der USA gewonnen.

Abbildung 12

USA: Digitales Technologieprofil in den vbw Zukunftsfeldern, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Auf Ebene der Anwendungstechnologien (Abbildung 13) ragen in den USA vor allem einzelne Gesundheits- und Biotechnologien heraus, in denen die USA sehr hohe Weltanteile bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten halten: Ganz vorne liegt die Biotech-Technologie CAR-T (Chimeric Antigen Receptor T-cell) mit einem US-Anteil an den globalen Weltklassepatenten von über 90 Prozent.¹⁵ CAR-T ist eine personalisierte Krebstherapie, bei der körpereigene Immunzellen des Patienten gentechnisch umprogrammiert werden, um Tumorzellen gezielt zu zerstören. KI und digitale Zwillinge unterstützen dabei die Identifikation von Zielantigenen, die Automatisierung der individuellen Zellherstellung sowie die personalisierte Vorhersage von Therapieansprechen und Nebenwirkungen.¹⁶

Ähnlich stark schneiden die USA bei einigen weiteren Biotechnologien bzw. Technologien des Gesundheitswesens ab. Zu nennen sind hier Diabetes-Therapien und

¹⁵ Allerdings sind einige dieser Weltklassepatente in der Technologie CAR-T mehreren Ländern und nicht nur den USA zugeordnet, da auf einigen Patenten Forschende aus mehreren Ländern genannt sind (siehe hierzu Methodik Patentanalyse im Anhang). Daher ist die Summe der Weltanteile der wichtigsten Länder in einzelnen Technologien immer etwas grösser als 100 Prozent.

¹⁶ <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12050963/>

Technologieprofil

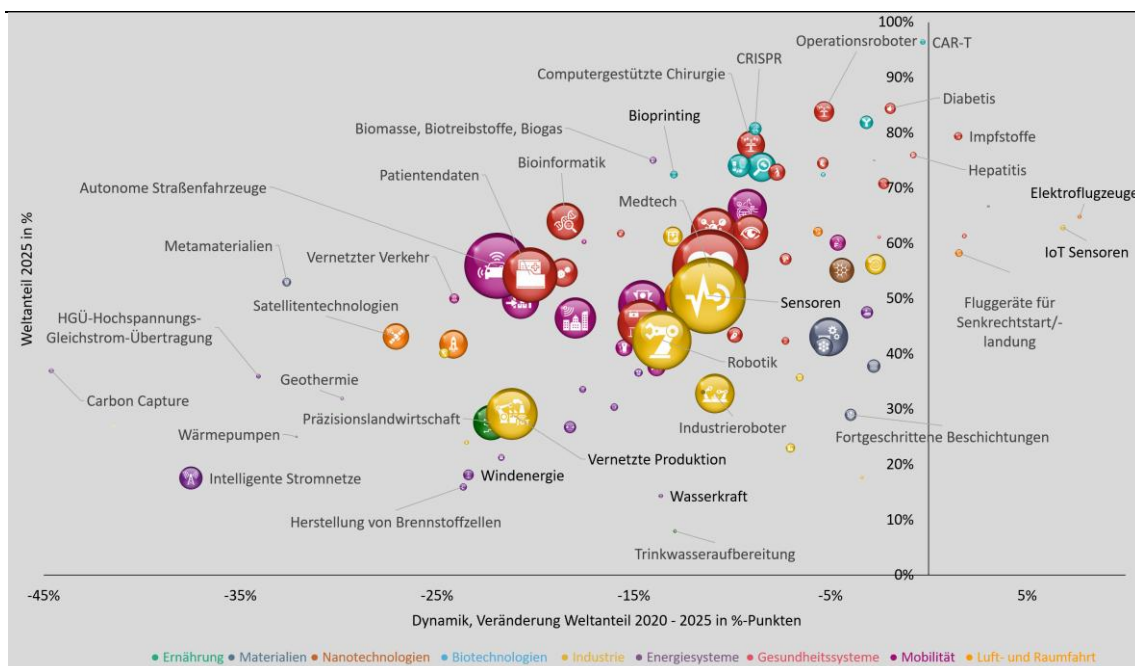
Operationsroboter (jeweils Weltanteil fortgeschrittene digitale Weltklassepatente von 84 Prozent), Immuntherapie (82 Prozent), CRISPR (80 Prozent), Impfstoffe (79 Prozent) sowie Computergestützte Chirurgie und Hepatitis-Therapien (jeweils 76 Prozent). In den meisten dieser Spitzentechnologien sind die US-Weltanteile zudem über die letzten fünf Jahre nur moderat gesunken oder, wie bei Impfstoffen, sogar leicht gestiegen.

Die zahlenmäßig größten Forschungsgebiete in den USA sind weiterhin die Technologien Medtech (rund 11.200 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente, 56 Prozent Weltanteil), Sensoren (rund 11.100, 51 Prozent) und autonome Straßenfahrzeuge (rund 8.250, 56 Prozent). Diese drei Felder kommen zusammen auf über 30.000 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente. Allerdings ist in diesen wichtigen Feldern der US-Weltanteil in den letzten fünf Jahren deutlich gesunken (zwischen -10 und -20 Prozentpunkten)

Nur in einigen wenigen, vergleichsweise kleinen Technologien konnten die USA dagegen Weltanteile hinzugewinnen. Hierzu zählen etwa Elektroflugzeuge, IoT-Sensoren, Senkrechtstart-Flugzeuge und, wie bereits genannt, Impfstoffe.

Abbildung 13

USA: Digitales Technologieprofil in den Anwendungstechnologien, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Die sehr hohe Wettbewerbsfähigkeit der USA im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung zeigt sich auch beim Vergleich der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente mit allen Weltklassepatenten aus den USA in den vbw Zukunftsfeldern. In den meisten Zukunftsfeldern liegt der US-Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten höher

oder zumindest gleichauf mit dem entsprechenden US-Weltanteil an allen Weltklassepatenten. Besonders auffällig ist der hohe Weltanteil (51 Prozent) an digitalen Weltklassepatenten in den Mobilitätstechnologien. Nur im Gesundheitsbereich liegt der Weltanteil im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung leicht tiefer als der US-Anteil an allen Weltklassepatenten. Die USA verfügen grundsätzlich über eine herausragende Forschungsqualität im Gesundheitsbereich und auch der digitale US-Weltanteil liegt mit über 50 Prozent auf sehr hohem Niveau.

Abbildung 14

USA: Vergleich digitales und gesamtes Technologieprofil, 2025



Weltanteile an allen Weltklassepatente vs. Weltanteile an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den vbw Zukunftsfeldern. Kugelgröße: absolute Menge digitaler bzw. gesamter Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

4.2 Technologieprofile China

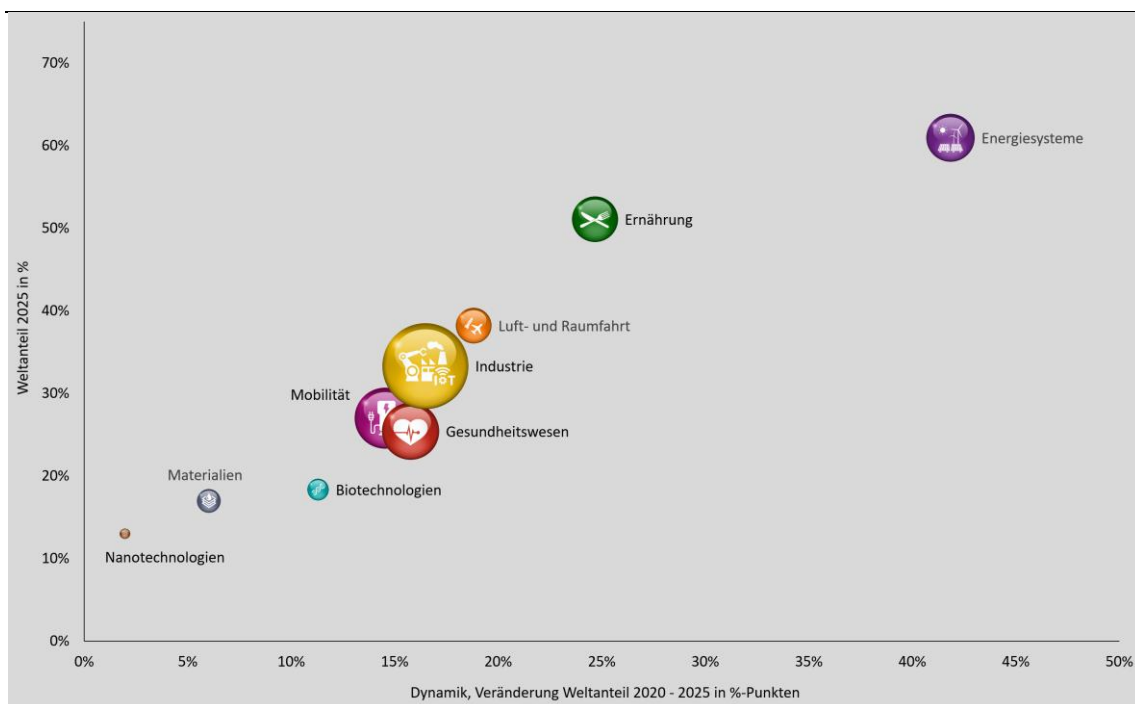
China ist 2025 für rund 35 Prozent aller fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in den Anwendungstechnologien verantwortlich. Dies entspricht knapp 46.300 Weltklassepatenten aus China. Damit liegt China hinter den USA, hat aber den Abstand seit der letzten Erhebung deutlich verkürzt: 2023 lag der chinesische Weltanteil noch bei rund 27 Prozent.

In China gibt es 2025 insgesamt drei Unternehmen bzw. Forschungsinstitutionen mit mehr als 1000 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den Anwendungstechnologien.

Mit weitem Abstand auf Platz 1 mit 2.128 Weltklassepatenten liegt das chinesische Staatsunternehmen State Grid Corp of China, das gemessen an Kunden- und Beschäftigtenzahl weltweit größte Energieversorgungsunternehmen.¹⁷ Auf den nächsten Rängen folgen der chinesische Technologiekonzern Huawei (1.169) sowie die Chinese Academy of Sciences (1.002). Die Chinese Academy of Sciences verfügt damit weltweit unter allen Universitäten bzw. Forschungsinstituten mit weitem Abstand über die meisten fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente in Anwendungstechnologien.

Abbildung 15

China: Technologieprofil in den vbw Zukunftsfeldern, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Die hohe Forschungsdynamik Chinas zeigt sich besonders deutlich darin, dass das Land seinen Weltanteil zwischen 2020 und 2025 in allen neun Zukunftsfeldern ausbauen konnte (Abbildung 15). Der größte Sprung erfolgte in den Energiesystemen, in denen Chinas Anteil um mehr als 40 Prozentpunkte auf über 60 Prozent gestiegen ist – China hat damit einen klaren Vorsprung vor den USA erreicht. Auch im Zukunftsfeld Ernährung führt China inzwischen vor den USA. Sehr dynamisch entwickelten sich darüber hinaus die Luft- und Raumfahrt, die Industrie, das Gesundheitswesen und die Mobilität.

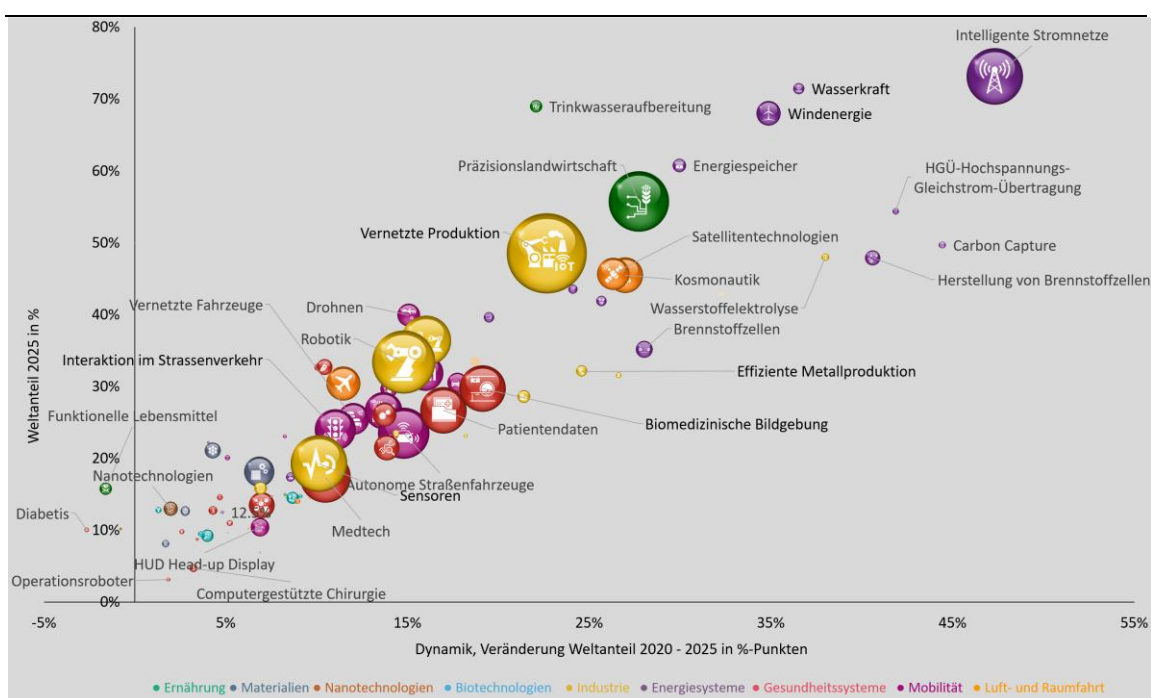
¹⁷ <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/company/state-grid-corporation-china>

Technologieprofil

Auf Ebene der Anwendungstechnologien (Abbildung 16) zeigt sich, dass China besonders in der Digitalisierung der Energiesysteme eine Führungsrolle einnimmt. Bei den intelligenten Stromnetzen erreicht China mit mehr als 4.200 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten einen Weltanteil von 73 Prozent – ein Anstieg um 47 Prozentpunkte gegenüber 2020. In folgenden Energietechnologien liegt Chinas Weltanteil ebenfalls über 50 Prozent: Wasserkraft (71 Prozent), Windenergie (68 Prozent), Energiespeicher (61 Prozent) und Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (54 Prozent). In Carbon Capture (50 Prozent) und Wasserstoffelektrolyse (48 Prozent) liegt der chinesische Anteil nur knapp darunter.

Abbildung 16

China: Technologieprofil in den Anwendungstechnologien, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Auch in der fortgeschrittenen Digitalisierung in industriellen Anwendungstechnologien ist China ein Schwergewicht: Bei der vernetzten Produktion erreicht das Land 48 Prozent Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten, bei der Robotik 33 Prozent und im Robotik-Teilsegment Industrieroboter 36 Prozent. Hervorzuheben ist außerdem Chinas Stärke im Zukunftsfeld Ernährung – bei der Präzisionslandwirtschaft beträgt Chinas Weltanteil 56 Prozent, bei der Trinkwasseraufbereitung sogar bei 69 Prozent.

Dank des rasanten Ausbaus der kommerziellen Raumfahrt hat China auch in der Luft- und Raumfahrt stark zugelegt. Bei Kosmonautik und Satellitentechnologien erreicht China mittlerweile einen Anteil an den globalen Weltklassepatenten von jeweils 46 Prozent.

Schwächer positioniert ist China in Gesundheits- und Biotechnologien: bei Operationsrobotern liegt der chinesische Weltanteil bei nur 3 Prozent, bei der computergestützten Chirurgie bei 5 Prozent, bei CAR-T und Stammzell-Umprogrammierung bei rund 7 Prozent und bei Impfstoffen, CRISPR, Biomarkern und Alzheimer-Forschung jeweils unter 10 Prozent.

Abbildung 17

China: Vergleich digitales und gesamtes Technologieprofil, 2025



Weltanteile an allen Weltklassepatente vs. Weltanteile an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den vbw Zukunftsfeldern. Kugelgröße: absolute Menge digitaler bzw. gesamter Weltklassepatente.
Quelle: EconSight

Beim Vergleich der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente mit allen Weltklassepatenten aus China in den vbw Zukunftsfeldern ergibt sich keine klare Tendenz (Abbildung 17). In drei von neun Zukunftsfeldern (Gesundheitswesen, Energiesysteme, Luft- und Raumfahrt) liegt der chinesische Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten höher als bei den gesamten Weltklassepatenten. Bei den Zukunftsfeldern Industrie, Biotechnologien, Ernährung und Mobilität liegen die entsprechenden Anteile etwa gleichauf. Bei Nanotechnologien und Materialien ist China dagegen bei der Digitalisierung weniger stark positioniert als bei der sonstigen Spitzenforschung in diesen Feldern.

Im Vergleich zu 2023 konnte China in den meisten Technologiefeldern seinen Weltanteil um einige Prozentpunkte ausbauen. Besonders stark hat China im Bereich Energiesysteme zugelegt: Der Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten ist hier gegenüber 2023 von 45 auf über 60 Prozent gestiegen, bei den Weltklassepatenten insgesamt von 35 auf über 40 Prozent. Auch in der Luft- und Raumfahrt konnte China seine

Forschungsposition deutlich verbessern. Im Gesundheitswesen und in den Biotechnologien stagnierte der chinesische Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten dagegen. Bei den Weltklassepatenten insgesamt ist Chinas Anteil in diesen beiden Zukunftsfeldern gegenüber 2023 sogar gesunken.

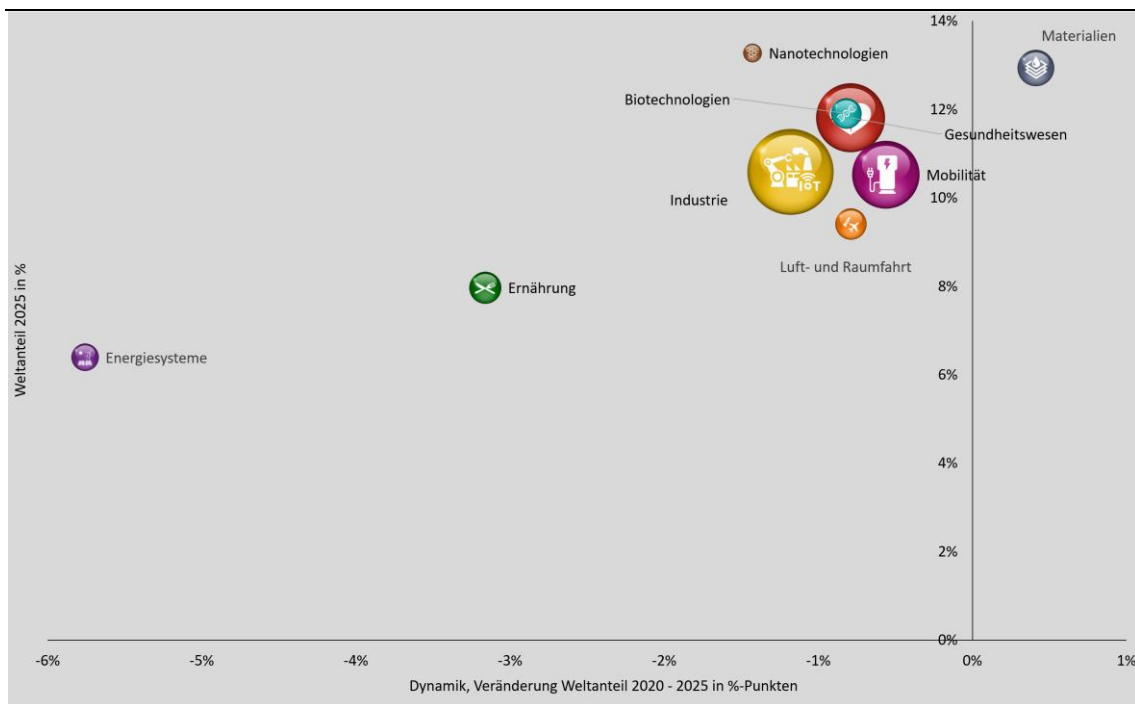
4.3 Technologieprofile EU

Die EU ist nach den USA und China der drittgrößte Forschungsstandort für fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien. Ihr Weltanteil liegt mit mehr als 13.300 Weltklassepatenten 2025 bei rund 10 Prozent – ein deutlicher Rückstand auf die USA (41 Prozent) und China (35 Prozent).

Die gemessen an der Zahl der Weltklassepatente fünf führenden Forschungsunternehmen in der EU sind Siemens (inklusive Siemens Healthineers) mit 654 in der EU entwickelten Weltklassepatenten, Philips (575), Bosch (400), Intel/Mobileye (384) und Ericsson (373).

Abbildung 18

EU: Technologieprofil in den vbw Zukunftsfeldern, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Zwischen 2020 und 2025 hat die EU in fast allen Zukunftsfeldern Weltanteile verloren (Abbildung 18). Einzig im Bereich Materialien konnte die EU ihren Weltanteil leicht erhöhen. Stark gesunken ist der Weltanteil dagegen vor allem bei Energiesystemen

(–6 Prozentpunkte auf 6,4 Prozent) und Ernährung (–3 auf 8,0 Prozent). In den übrigen Zukunftsfeldern fallen die Weltanteilsverluste deutlich geringer aus (Abbildung 18). Gleichwohl hat die EU im Verhältnis zu den USA in den meisten Feldern Boden gutgemacht und Japan insgesamt knapp überholt. Die Rückgänge bei den Weltanteilen in den Zukunftsfeldern sind somit auf das hohe chinesische Wachstum zurückzuführen.

Die EU erreicht ihre höchsten Weltanteile in der fortgeschrittenen Digitalisierung in den Nano-, Material- und Biotechnologien sowie im Gesundheitswesen – mit jeweils rund 11 bis 13 Prozent. Diese Felder spiegeln die Stärke der EU in der chemisch-pharmazeutischen Industrie und in der hochwertigen Werkstoffforschung wider. Auch in den Zukunftsfeldern Industrie und Mobilität liegt der Weltanteil der EU über der 10-Prozent-Schwelle.

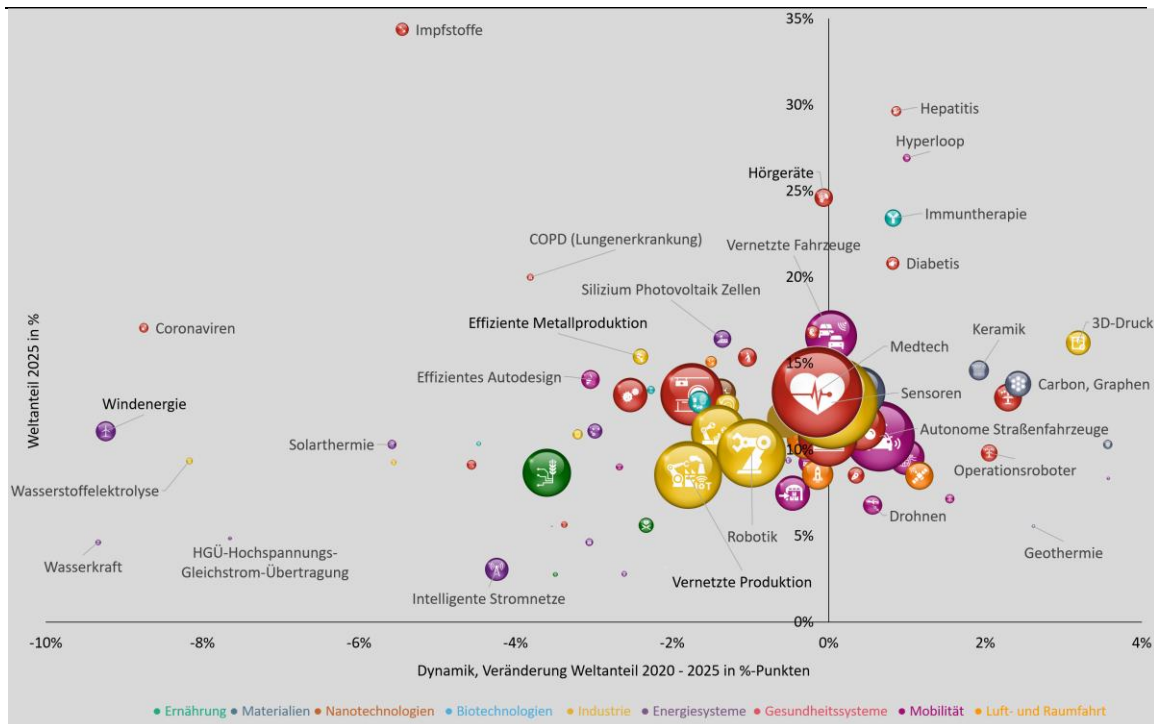
Im Energiesektor dagegen ist die EU mit einem Weltanteil von nur 6,4 Prozent weltweit so schwach positioniert wie in keinem anderen Zukunftsfeld. Der Draghi-Bericht zur europäischen Wettbewerbsfähigkeit¹⁸ führt die Innovationsschwäche im EU-Energiesektor unter anderem auf schwache private Forschungsinvestitionen und einen erschwerten Zugang zu Risikokapital zurück. Zugleich verweist er auf strukturelle Defizite der europäischen Energiemärkte als zentrale Wettbewerbshemmnisse. Angesichts der hohen Bedeutung einer möglichst effizienten Energiewende und wettbewerbsfähiger Energiepreise für zahlreiche Wirtschaftszweige stellt die schwache Forschungsposition der EU in der fortgeschrittenen Digitalisierung der Energiesysteme ein Warnsignal dar. Gerade digitale Technologien sind ein zentraler Hebel für eine erfolgreiche Energiewende – von der Lastprognose über das Netzmanagement bis zur Integration erneuerbarer Energien.

Auf Ebene der Anwendungen (Abbildung 19) ist die EU vor allem in Gesundheits- und Biotechnologien wie Impfstoffen, Hepatitis, CAR-T, Hörgeräten, COPD, Diabetes und Immuntherapien innovationsstark. In diesen Technologien liegt der Weltanteil der EU zwischen 20 und 35 Prozent. Die absoluten Zahlen in Bezug auf fortgeschrittene digitale Weltklassepatente sind in diesen Technologien allerdings überschaubar, da die Digitalisierung in diesen Feldern grundsätzlich eine etwas geringere Rolle spielt als etwa in vielen Technologien der Zukunftsfelder Industrie und Mobilität.

¹⁸ https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en

Abbildung 19

EU: Technologieprofil in den Anwendungstechnologien, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Die zahlenmäßig größten Forschungsgebiete der EU sind Sensoren (2.800 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente), Medtech (rund 2.700), autonome Strassenfahrzeuge (rund 1.600), Robotik und vernetzte Produktion (jeweils rund 1.500). In diesen Bereichen erreicht die EU jedoch nur Weltanteile zwischen 8 und 13 Prozent.

Positiv hervorzuheben sind einige Bereiche, in denen die EU zwischen 2020 und 2025 Marktanteile hinzugewinnen konnte. Zu nennen sind hier etwa die Technologien 3D-Druck (+3.2 auf über 16 Prozent) und die autonomen Straßenfahrzeuge (+0,7 auf fast 11 Prozent). Im Bereich autonomes Fahren haben europäische Automobilhersteller und -zulieferer wie Volkswagen und Bosch, aber auch US-amerikanische Halbleiterunternehmen wie Qualcomm, Intel/Mobileye und Nvidia ihre Forschungsaktivitäten in der EU in den letzten Jahren deutlich ausgebaut.

Kritisch sind dagegen die bereits angesprochenen Weltanteilsverluste im Bereich Energie. Bei intelligenten Stromnetzen hält die EU nur noch einen Weltanteil von 3,1 Prozent, bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung von 4,9 Prozent (−7,7 Prozentpunkte) und bei der Windenergie von 11,1 Prozent (−9,2 Prozentpunkte). Bei der Wasserstoffelektrolyse liegt der Weltanteil bei 9,3 Prozent (−8,2 Prozentpunkte).

Abbildung 20

EU: Vergleich digitales und gesamtes Technologieprofil, 2025



Weltanteile an allen Weltklassepatente vs. Weltanteile an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den vbw Zukunftsfeldern. Kugelgröße: absolute Menge digitaler bzw. gesamter Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Der Vergleich der fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente mit allen Weltklassepatenten (Abbildung 20) zeigt, dass die EU im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung Nachholbedarf hat. In fast allen vbw Zukunftsfeldern liegen die Weltanteile bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten unter den Weltanteilen für die gesamten Weltklassepatente. Besonders hoch ist die Diskrepanz in der Luft- und Raumfahrt und den Biotechnologien. Einzig bei den Nanotechnologien ist der Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten höher.

Die deutlich tieferen Weltanteile im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung sind problematisch, da diese Bereiche typischerweise Wachstumsmotoren innerhalb der Zukunftsfelder darstellen. Daher ist eine gute Forschungsposition in der fortgeschrittenen Digitalisierung wichtig für die zukünftigen Wachstumsaussichten.

Im Vergleich zu den Ergebnissen der letzten Erhebung hat sich vor allem die Forschungsposition der EU im Bereich Energiesysteme verschlechtert. So ist der EU-Weltanteil sowohl bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten als auch bei allen

Weltklassepatenten um zwei bis drei Prozentpunkte gegenüber 2023 gesunken. In den anderen Zukunftsfeldern ist der EU-Weltanteil seit 2023 relativ stabil geblieben.

4.4 Technologieprofile Deutschland

Deutschland ist auf Länderebene nach den USA, China, Japan und Südkorea weiterhin der fünftgrößte Forschungsstandort für fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien. Deutschland verfügte 2025 über 6.175 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente in Anwendungstechnologien. Dies entspricht einem Weltanteil von knapp 5 Prozent.

Siemens (inklusive Siemens Healthineers) (576 in Deutschland entwickelte Weltklassepatente), Bosch (395) und VW Group (256) sind die drei gemessen an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in Anwendungstechnologien führenden Forschungsakteure in Deutschland. Auf Plätzen vier und fünf folgen die beiden US-Unternehmen Intel (inklusive Mobileye) (205) und Deere (201), welche über umfangreiche Forschungsaktivitäten in Deutschland verfügen. Unter den Forschungsinstitutionen und Hochschulen liegt die Fraunhofer-Gesellschaft mit 66 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten im Jahr 2025 mit deutlichem Abstand an der Spitze. Auf Platz zwei folgt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit 28 Weltklassepatenten. Die ersten beiden Hochschulen im Ranking sind die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und die Technische Universität München mit jeweils zwölf Weltklassepatenten auf Platz drei. Mit 5 Prozent liegt der Anteil der Forschungseinrichtungen an allen fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in Deutschland jedoch deutlich tiefer als im weltweiten Durchschnitt (16 Prozent).

Innerhalb der EU ist Deutschland mit einem Anteil von rund 46 Prozent an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten der mit Abstand größte einzelne Akteur und ist bei einzelnen Schlüsseltechnologien wie Industrierobotern (72 Prozent an den EU-Patenten), Sensoren (65 Prozent) oder vernetzten Fahrzeugen (60 Prozent) für einen Großteil der gesamten EU-Forschungsaktivität verantwortlich. Gegenüber 2023 hat sich der deutsche Anteil somit leicht erhöht (von 45 auf 46 Prozent).

Deutschlands Weltanteile in den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten der vbw Zukunftsfelder bewegen sich 2025 zwischen 3,1 und 6,3 Prozent (Abbildung 21). Den höchsten Anteil besitzt Deutschland bei den Materialien (6,3 Prozent), gefolgt von Industrie (5,5 Prozent), dem Gesundheitswesen und der Mobilität (jeweils 4,8 Prozent) sowie den Biotechnologien und den Nanotechnologien (jeweils rund 4,5 Prozent). Etwas schwächer fällt die Position in der Luft- und Raumfahrt (4,1 Prozent) und der Ernährung (4,0 Prozent) aus. Das Schlusslicht bilden die Energiesysteme mit nur 3,1 Prozent.

Zwischen 2020 und 2025 hat Deutschland in sieben der neun Zukunftsfelder an Weltanteilen verloren. Stark zurückgefallen ist Deutschland in den Energiesystemen (–2,5 Prozentpunkte), während in den für Deutschland sehr wichtigen Technologiebereichen Industrie, Gesundheitswesen und Mobilität der Rückgang bei den Weltanteilen moderat ausfiel.

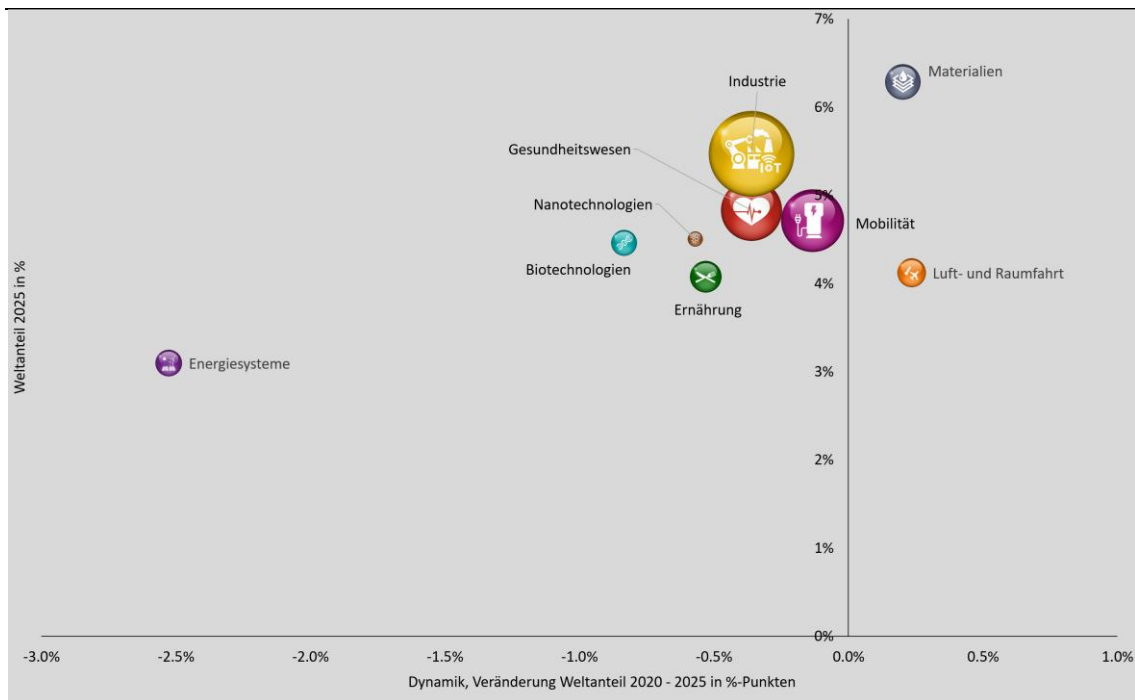
Technologieprofil

(Rückgänge jeweils zwischen -0.1 und -0.4 Prozentpunkten). In der Luft- und Raumfahrt sowie bei den Materialien konnte Deutschland seinen Weltanteil dagegen leicht ausbauen (jeweils +0,2 Prozentpunkte).

Insgesamt hat sich die Wachstumsperformance Deutschlands im internationalen Vergleich gegenüber den Ergebnissen der letzten Erhebung aus dem Jahr 2024 jedoch verbessert. Im damals analysierten Zeitraum 2018 bis 2023 waren die deutschen Weltanteile in allen Zukunftsfeldern mit Ausnahme der Energiesysteme stärker rückläufig. Zwar sind die deutschen Weltanteile auch im Zeitraum 2020 bis 2025 aufgrund des hohen chinesischen Wachstums noch rückläufig, doch gegenüber den USA und Japan hat sich die deutsche Wettbewerbsposition in den letzten Jahren verbessert.

Abbildung 21

Deutschland: Technologieprofil in den vbw Zukunftsfeldern, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

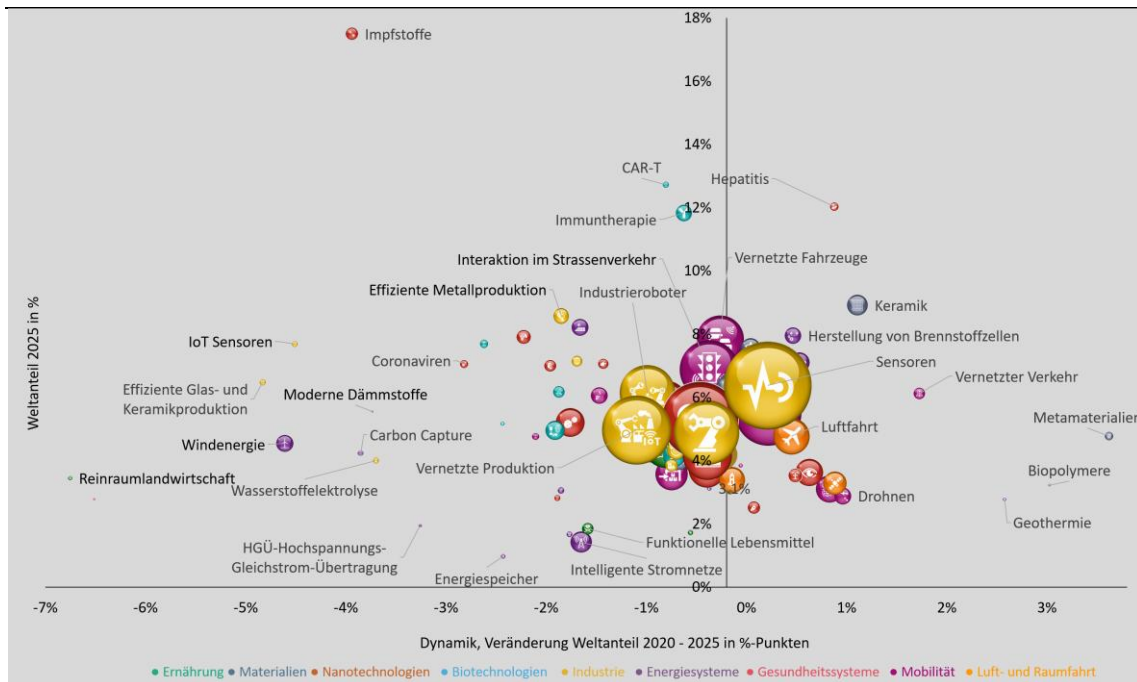
Auf Ebene der Anwendungstechnologien (Abbildung 22) zeigen sich die traditionellen deutschen Stärken in den Feldern Mobilität und Industrie: Bei den vernetzten Fahrzeugen erreicht Deutschland einen Weltanteil von 7,8 Prozent und auch in der Interaktion im Straßenverkehr (6,9 Prozent) und bei autonomen Straßenfahrzeugen (5,5 Prozent) ist Deutschland stark positioniert. In wichtigen Industrietechnologien wie Sensoren (6,4 Prozent), Industrierobotern (6,2 Prozent) und vernetzter Produktion (5,0 Prozent) erreicht Deutschland ebenfalls hohe Weltanteile.

Technologieprofil

Besonders hohe zweistellige Weltanteile erzielt Deutschland weiterhin in einzelnen Gesundheits- bzw. Biotechnologien wie Impfstoffen, CAR-T, Hepatitis-Forschung und in der Immuntherapie. Diese starke Position ist den zahlreichen in Deutschland forschenden Pharma- und Biotechunternehmen wie z. B. Roche, Bayer und BioNTech zu verdanken.

Abbildung 22

Deutschland: Technologieprofil in den Anwendungstechnologien, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Wie die EU insgesamt weist auch Deutschland Verbesserungsbedarf beim Thema fortschrittliche Digitalisierung auf. In fast allen vbw Zukunftsfeldern liegt der deutsche Weltanteil bei fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten tiefer als der Weltanteil bei allen Weltklassepatenten. Die einzige Ausnahme sind Nanotechnologien. Insgesamt liegt Deutschlands Anteil an allen Weltklassepatenten weltweit in den vbw Zukunftsfeldern bei 6,5 Prozent. Bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in Anwendungstechnologien liegt der Anteil mit 4,7 Prozent deutlich darunter.

Im Vergleich zu 2023 haben sich die deutschen Weltanteile in den meisten Zukunftsfeldern nur wenig verändert. Ausnahmen sind die Zukunftsfelder Energiesysteme und Materialien. Während der deutsche Weltanteil bei den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten im Bereich Energiesysteme deutlich gesunken ist (von 4,6 Prozent im Jahr 2023 auf 3,1 Prozent im Jahr 2025), ist er im Bereich Materialien von 5,3 Prozent auf 6,3 Prozent gestiegen.

Abbildung 23

Deutschland: Vergleich digitales und gesamtes Technologieprofil, 2025



Weltanteile an allen Weltklassepatente vs. Weltanteile an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den vbw Zukunftsfeldern. Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

4.5 Technologieprofile Bayern

Bayern ist bei der Entwicklung von fortgeschrittenen digitalen Anwendungstechnologien ein wichtiger Forschungsstandort mit knapp 2.400 fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten im Jahr 2025 (vgl. Kap. 3).

Die drei führenden Forschungsakteure in Bayern, gemessen an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in Anwendungstechnologien, sind Siemens (inklusive Siemens Healthineers) mit 489 in Bayern entwickelten Weltklassepatenten, Intel (inklusive Mobileye) mit 140 und Infineon mit 132. Auf den Plätzen vier bis sechs folgen Midea (Kuka) und die VW Group (jeweils 88) sowie BMW (80). Unter den Forschungseinrichtungen und Hochschulen liegen, genau wie in Deutschland insgesamt, die Fraunhofer-Gesellschaft (37), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (28), die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und die Technische Universität München (jeweils 12) ganz vorne. Auch in Bayern liegt der Anteil der Forschungseinrichtungen an allen digitalen Weltklassepatenten mit 6 Prozent deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt von 16 Prozent.

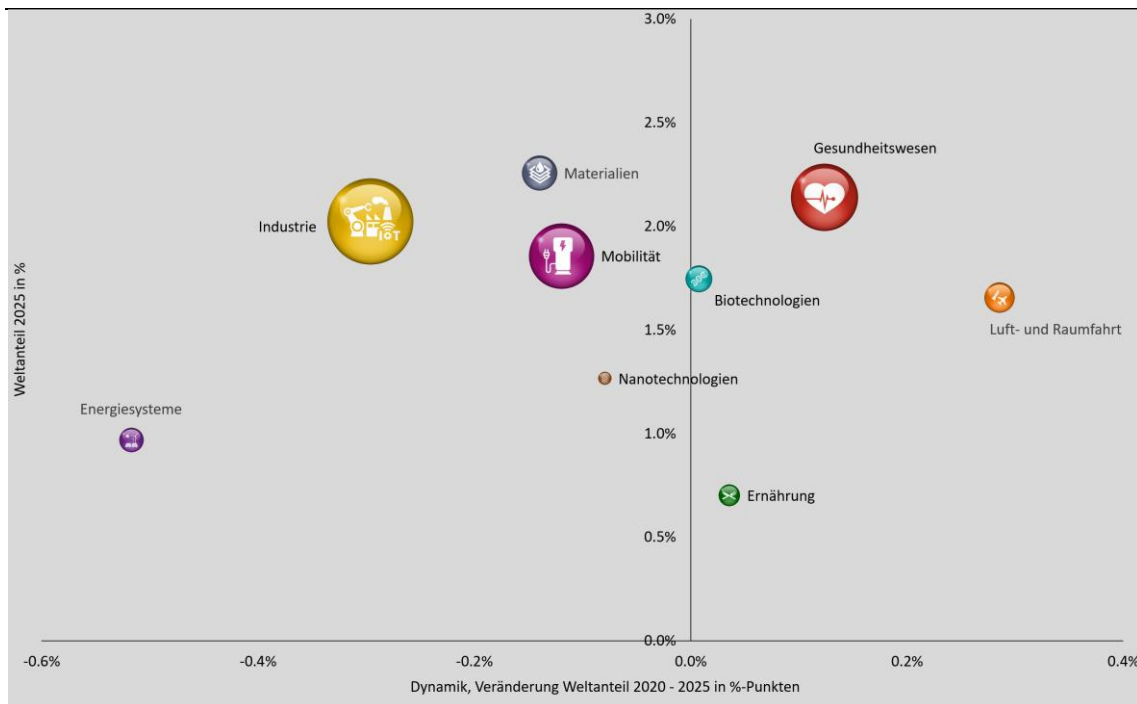
Technologieprofile

Innerhalb Deutschlands trägt Bayern 38 Prozent zum gesamtdeutschen Bestand bei – ein Anteil, der in einzelnen Schlüsseltechnologien noch höher liegt: In den Technologien vernetzte Fahrzeuge, biomedizinische Bildgebung, Medtech und Patientendaten stammen rund die Hälfte aller fortgeschrittenen digitalen deutschen Weltklassepatente aus Bayern.

Bayerns Weltanteile an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten der vbw Zukunftsfelder bewegen sich 2025 zwischen 0,7 und 2,3 Prozent (Abbildung 24). In den gemessen an den absoluten Patentzahlen größten Zukunftsfeldern in Bayern (Industrie, Gesundheitswesen, Mobilität) erreicht Bayern Weltanteile von jeweils rund 2 Prozent. In den kleineren Feldern Materialien, Biotechnologien und der Luft- und Raumfahrt ist der bayerische Weltanteil auf vergleichbarem Niveau. Eine kleinere Rolle in der globalen Forschungslandschaft spielt Bayern dagegen bei Nanotechnologien, Energiesystemen und im Bereich Ernährung.

Abbildung 24

Technologieprofil Bayern in den vbw Zukunftsfeldern, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Hinsichtlich der Forschungsdynamik fällt auf, dass Bayern im Bereich Industrie und vor allem bei den Energiesystemen an Boden verloren hat. Relativ stabil blieb der Weltanteil in den Bereichen Nanotechnologien, Biotechnologien und Ernährung. Leicht gestiegen ist der bayerische Weltanteil im Gesundheitswesen.

Am besten verlief die Entwicklung seit 2020 in der Luft- und Raumfahrt. Bayern konnte hier seinen Weltanteil an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente deutlich steigern. Die Kombination aus etablierten Forschungs- und Industrieakteuren wie Airbus, MTU Aero Engines und der Fraunhofer-Gesellschaft und einer dynamisch wachsenden New-Space-Szene, darunter vielversprechende Start-ups wie Isar Aerospace, resultiert in einer hohen Forschungsdynamik.¹⁹ Hinzu kommen umfangreiche Fördermaßnahmen im Rahmen der Hightech Agenda Bayern sowie der Rückenwind durch die seit 2020 deutlich gestiegenen europäischen Verteidigungs- und Sicherheitsausgaben.

Insgesamt ist Bayerns globale Wettbewerbsposition im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung in den Zukunftsfeldern in den letzten Jahren relativ stabil geblieben. Auch wenn Bayern nicht mit der hohen Dynamik Chinas mithalten konnte, konnte der Freistaat eine im Vergleich mit den USA, Japan und den anderen EU-Ländern überdurchschnittliche Wachstumsperformance erreichen.

Auf Ebene der einzelnen Anwendungstechnologien (Abbildung 25) verfügt Bayern über einen hohen Weltanteil bei den vernetzten Fahrzeugen (4,3 Prozent, 221 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente). Auch bei den eng verwandten Technologien Interaktion im Straßenverkehr (3,2 Prozent Weltanteil, 297 Weltklassepatente) und bei autonomen Straßenfahrzeugen (2,1 Prozent, 306) ist Bayern stark positioniert. Intel, Huawei, Apple, Fraunhofer, VW (Audi) und BMW sind wichtige Forschungsakteure in diesen Technologien in Bayern.

Im industriellen Bereich ist Bayern bei den Industrierobotern (2,6 Prozent, 230) und bei Sensoren (2,3 Prozent, 500) ein bedeutender Akteur – mit Siemens, Infineon und Midea (Kuka) als prägenden Unternehmen.

Im Gesundheitswesen hervorzuheben sind Medtech (2,5 Prozent, 514 Patente) und die biomedizinische Bildgebung (3,0 Prozent, 290) – Felder, in denen Siemens Healthineers eine zentrale Rolle spielt. Auch bei den fortgeschrittenen Materialien (2,3 Prozent, 150) ist Bayern stark positioniert.

Daneben gibt es noch einige weitere Technologien wie effiziente Glas- und Keramikproduktion, Hörgeräte und Hyperloop, in denen der bayerische Weltanteil hoch, die Gesamtzahl der Weltklassepatente jedoch überschaubar ist.

Betrachtet man die Forschungsdynamik im Zeitraum 2020 bis 2025 im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt, gibt es einige grössere Technologien, in denen Bayern seinen Weltanteil steigern konnte. Zu nennen sind hier die Technologien Luftfahrt, Krebsforschung, Computergestützte Chirurgie, Elektrofahrzeuge, Batterieladestationen für Fahrzeuge, Satellitentechnologien und 3D-Druck, in denen Bayern jeweils über mindestens 30 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente verfügt und den Weltanteil seit 2020 zwischen 0,4 und 0,8 Prozentpunkte erhöhen konnte.

¹⁹ <https://www.bdlj.de/luft-und-raumfahrtrepublik-deutschland-bayern>

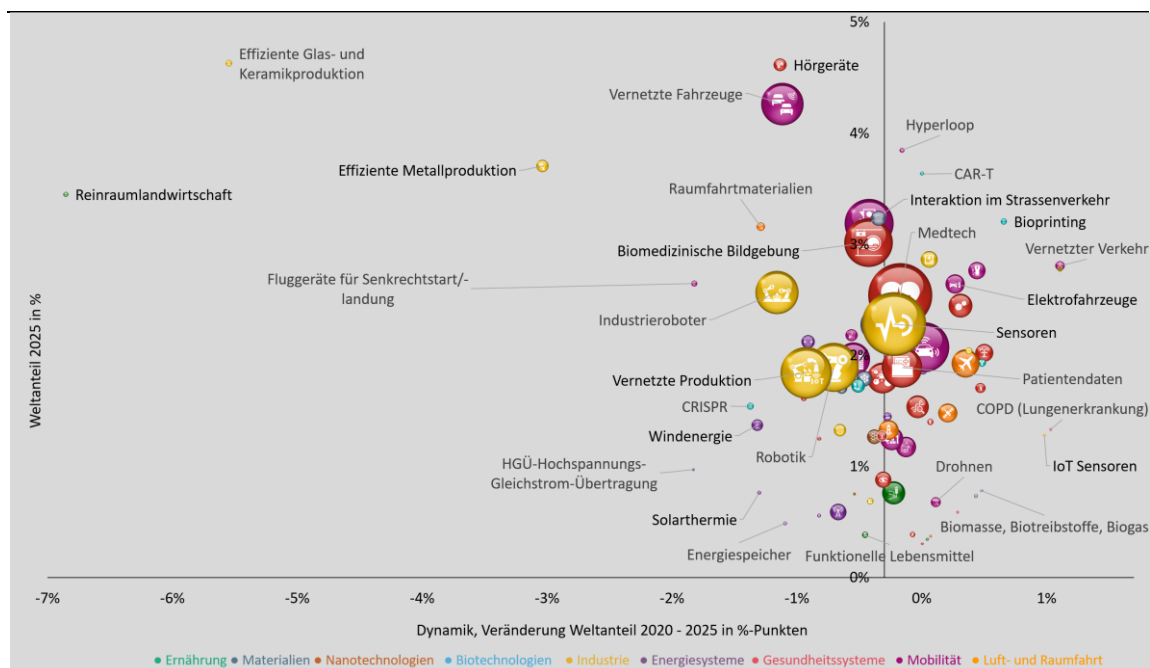
Technologieprofil

In den drei für Bayern zentralen Technologien Medtech, Sensoren und autonome Strassenfahrzeuge blieb der bayerische Anteil trotz der hohen chinesischen Dynamik zumindest stabil.

Etwas an Boden verloren hat Bayern dagegen in den bedeutenden Technologien vernetzte Fahrzeuge, Industrieroboter, vernetzte Produktion und Robotik (Rückgang Weltanteil jeweils zwischen -0,4 und -0,9 Prozentpunkte).

Abbildung 25

Technologieprofil Bayern in den Anwendungstechnologien, 2025



Kugelgröße: absolute Menge digitaler Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

Auch in Bayern liegt der Weltanteil an den fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in der Mehrheit der vbw Zukunftsfelder tiefer als der Weltanteil bei allen Weltklassepatenten. Insgesamt beträgt der bayerische Weltanteil im Bereich fortgeschrittene Digitalisierung in Anwendungstechnologien im Jahr 2025 1,8 Prozent gegenüber 2,1 Prozent für alle Weltklassepatente. Der Abstand ist damit aber nicht so hoch wie in Deutschland.

Im Vergleich zur letzten Erhebung ist ein Rückgang des bayerischen Weltanteils im Zukunftsfeld Energiesysteme um etwa einen Prozentpunkt zu verzeichnen. Dies gilt sowohl für den Anteil Bayerns an den fortschrittlichen digitalen Weltklassepatenten als auch für den Anteil Bayerns an allen Weltklassepatenten. Auch in den Zukunftsfeldern Industrie und Biotechnologie ist der bayerische Weltanteil seit 2023 leicht gesunken. In den Feldern Materialien und Mobilität war hingegen bei den fortgeschrittenen digitalen

Weltklassepatenten ein Anstieg des bayerischen Weltanteils um 0,7 Prozentpunkte bzw. um 0,3 Prozentpunkte zu verzeichnen.

Abbildung 26

Bayern: Vergleich digitales und gesamtes Technologieprofil, 2025



Weltanteile an allen Weltklassepatente vs. Weltanteile an fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatenten in den vbw Zukunftsfeldern. Kugelgröße: absolute Menge digitaler bzw. gesamter Weltklassepatente.

Quelle: EconSight

5 Fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien im Fokus

Künstliche Intelligenz ist die wichtigste der fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien

5.1 Überblick über die Rolle der fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien in den Zukunftsfeldern

In diesem Kapitel werden ausgewählte Kombinationen aus fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien und Anwendungstechnologien dargestellt, die von besonderem Interesse sind. Abbildung 27 gibt zunächst einen Gesamtüberblick über die globale Verteilung der Weltklassepatente nach Zukunftsfeldern, welche auf fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien basieren.

Auf der Ebene der Zukunftsfelder zeigt sich, dass weltweit die Felder Industrie, Gesundheitswesen und Mobilität mit Abstand die meisten fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente auf sich vereinen. Allein die Industrie kommt auf mehr als 55.000 fortgeschrittene digitale Weltklassepatente (vgl. Abbildung 3), gefolgt von Mobilität (35.000) und Gesundheitswesen (32.000). Mit deutlichem Abstand folgen Ernährung, Energiesysteme, Luft- und Raumfahrt, Materialien sowie Biotechnologien; die Nanotechnologien bilden mit rund 2.100 Patenten klar das Schlusslicht.

Die künstliche Intelligenz ist die klar dominierende fortgeschrittene Digitalisierungstechnologie und in sieben der neun Zukunftsfelder die mit Abstand am häufigsten vertretene Technologie. Insbesondere in der Biotechnologie und der Ernährung steht sie sogar für einen Großteil aller fortgeschrittenen digitalen Weltklassepatente, aber auch in der Industrie, im Gesundheitswesen und in der Mobilität spielt die KI eine dominierende Rolle bei den Spitzenforschungsaktivitäten. Lediglich in den Zukunftsfeldern Materialien und Nanotechnologien liegen KI-Patente nicht an der Spitze – dort führt die Halbleiterherstellung mit rund 6.800 bzw. 1.900 Weltklassepatenten.

Neben der künstlichen Intelligenz sind vor allem die Technologien Prozessautomatisierung, Cloud, Metaverse, Gesichtserkennung und Halbleiterherstellung von entscheidender Bedeutung hinsichtlich der Zahl der Weltklassepatente in den Zukunftsfeldern.

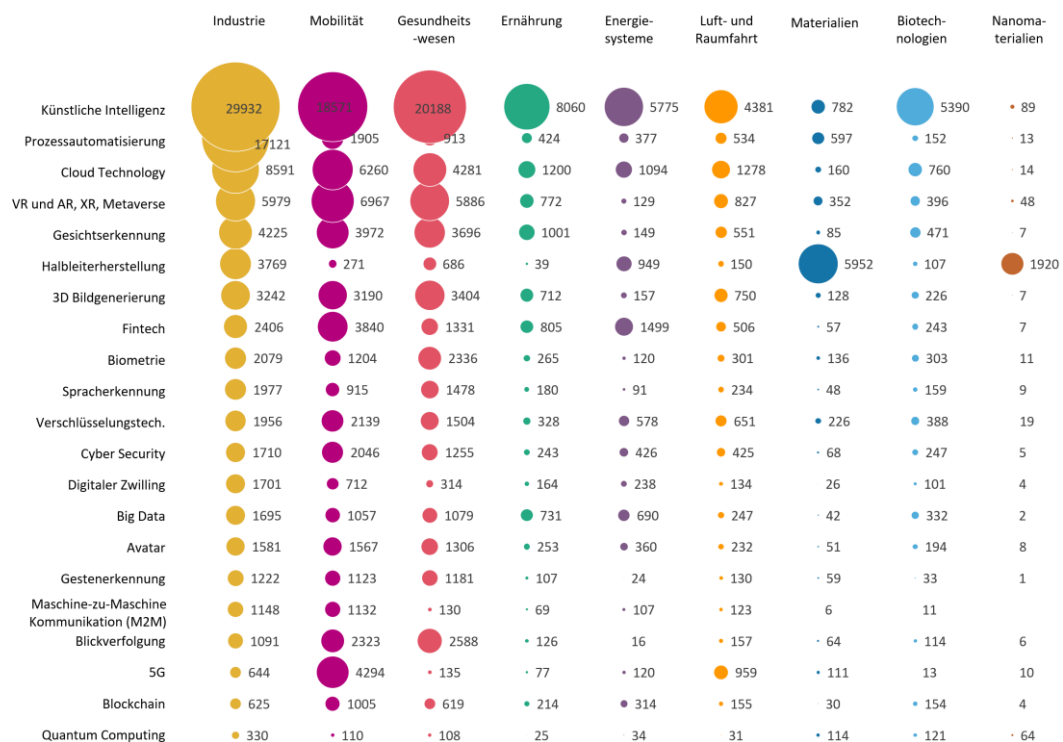
Einige Digitalisierungstechnologien sind sehr stark auf einzelne Anwendungsfelder fokussiert. 5G ist eng mit der Mobilität verknüpft, was die Bedeutung der drahtlosen Hochgeschwindigkeitskommunikation für vernetzte und autonome Fahrzeuge widerspiegelt. Die fortgeschrittene Prozessautomatisierung wiederum ist hauptsächlich ein industrielles Phänomen, genau wie der Einsatz von Digitalen Zwillingen.

Fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien im Fokus

Umgekehrt gibt es auch Digitalisierungstechnologien, die zwar nicht zu den Spitzen-Technologien zählen, aber dennoch in einzelnen Anwendungsfeldern überraschend stark vertreten sind. So entfallen viele Weltklassepatente in der Blickverfolgung auf das Gesundheitswesen – ein Hinweis auf die wachsende Bedeutung in der Diagnostik neurologischer Erkrankungen²⁰ und in der Augenheilkunde. Fintech wiederum ist in der Mobilität (etwa für Bezahlösungen in vernetzten Fahrzeugen)²¹ stark vertreten.

Abbildung 27

Fortgeschrittene Digitalisierungstechnologien in vbw Zukunftsfeldern, 2025



Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern, die auf fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien basieren. Es gibt Weltklassepatente, die mehreren Anwendungsfeldern bzw. mehreren fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien zugeordnet sind.

Quelle: EconSight

²⁰ Culicetto, L. et al. (Mai 2025): Recent advances (2022–2024) in eye-tracking for Parkinson's disease: a promising tool for diagnosing and monitoring symptoms. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12133813/>

²¹ <https://www.mastercard.com/global/en/news-and-trends/stories/2025/in-car-payments-toll-roads.html>

5.2 Künstliche Intelligenz

Wie der Überblick im Kapitel 5.1 gezeigt hat, spielt KI eine führende Rolle in fast allen Zukunftsfeldern. Die Bedeutung der KI hat in den letzten Jahren signifikant zugenommen, wie es etwa die milliardenschweren Investitionen in KI-Rechenzentren weltweit verdeutlichen. Zu nennen ist hier etwa das 2026 eröffnete KI-Rechenzentrum „Industrial AI Cloud“ der Deutschen Telekom und Nvidia in München.²² Im Folgenden wird daher in diesem Update erneut ein vertiefter Blick auf die Entwicklung der KI-basierten Weltklassepatente in den Zukunftsfeldern gerichtet.

Die Zahl der KI-Weltklassepatente in Anwendungstechnologien ist insgesamt zwischen 2020 und 2025 von etwa 22.000 auf knapp 72.300 gestiegen. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 27 Prozent. Auch im Jahr 2025 sind die Weltklassepatente um mehr als ein Viertel gestiegen (+26 Prozent).

Die globale Verteilung der KI-Weltklassepatente bestätigt die eindeutige Führungsrolle der USA und Chinas: Beide Länder vereinen den überwiegenden Teil der KI-Spitzenforschung auf sich und liegen in allen Zukunftsfeldern auf den beiden Spitzenpositionen hinsichtlich der Zahl an KI-Weltklassepatenten.

Während die USA bei der KI-Forschung in der Industrie, im Gesundheitswesen, in der Mobilität, in den Materialien, in den Biotechnologien und in der Nanotechnologie unverändert die Führung halten, liegt China bei den Energiesystemen, der Ernährung und bei der Luft- und Raumfahrt an der Spitze.

Besonders ausgeprägt ist Chinas Vorsprung bei den Energiesystemen: Mit rund 4.100 KI-Weltklassepatenten kommt China auf rund 70 Prozent des globalen Bestands in diesem Feld. Diese Konzentration spiegelt die strategische Priorität wider, die Peking dem Zusammenspiel von KI und Energie einräumt. Im September 2025 verabschiedeten die National Development and Reform Commission und die National Energy Administration ein Programm zur beschleunigten Integration von KI in das Energiesystem, das den Einsatz von spezialisierten großen Sprachmodellen in Stromnetzen, Erzeugung und fossilen Energieträgern vorsieht.²³ Ziele des Programms sind die Verbesserung der Netzsicherheit sowie eine möglichst effiziente Integration erneuerbarer Energien.

In der Luft- und Raumfahrt hat China im Update-Zeitraum die USA mit rund 1.940 zu 1.820 KI-Weltklassepatenten erstmals knapp überholt. Dahinter steht vor allem der rasante Ausbau der chinesischen kommerziellen Raumfahrt. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Integration von KI direkt in die Satellitenhardware: Im Mai 2025 brachte China die ersten zwölf Satelliten der „Three-Body“-Konstellation in den Orbit, die KI-Modelle direkt auf der Satellitenhardware betreiben. Damit lassen sich Erdbeobachtungsdaten autonom an Bord

²² <https://www.bayern.de/gigantische-ki-fabrik-eroeffnet-in-muenchen-minister-mehring-meilenstein-fuer-digitalstandort-bayern/>

²³ <https://www.globaltimes.cn/page/202509/1342947.shtml>

analysieren, das Datenvolumen für bestimmte Aufgaben reduzieren und Reaktionszeiten – etwa bei der Erkennung von Waldbränden – drastisch verkürzen.^{24 25}

In der EU dominiert Deutschland: Auf das Land entfallen je nach Zukunftsfeld zwischen 33 und 54 Prozent der EU-KI-Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern.

Bayern liegt bei den KI-Weltklassepatenten in den Zukunftsfeldern im globalen Ländervergleich auf Platz 9 knapp hinter Grossbritannien und Israel, aber vor Frankreich, der Schweiz und den Niederlanden. Die Zahl der KI-Weltklassepatente aus Bayern in Anwendungstechnologien ist in den vergangenen zehn Jahren deutlich gestiegen – von 145 im Jahr 2016 über 370 im Jahr 2020 bis zu fast 1.150 im Jahr 2025. Besonders dynamisch entwickelte sich die Patentaktivität zwischen 2018 und 2022: In diesen Jahren stiegen die Patentzahlen jährlich um 26 bis 41 Prozent (2018: +26 Prozent; 2019: +39 Prozent; 2020: +41 Prozent; 2021: +35 Prozent; 2022: +34 Prozent). In den Jahren 2023 und 2024 schwächte sich das Wachstum mit jeweils 18 Prozent etwas ab, bevor es 2025 mit 23 Prozent wieder anzog.

Über den gesamten Zeitraum von 2020 bis 2025 lag das jährliche Patentwachstum in Bayern mit durchschnittlich 25,4 Prozent leicht unter dem weltweiten Wachstum, aber über dem Wachstum in Deutschland insgesamt (+24,6 Prozent) sowie in der EU (+23,6 Prozent) und deutlich über dem in den USA (+16,2 Prozent). Die Hightech Agenda Bayern dürfte zu dieser positiven Entwicklung beigetragen haben. Mit der im Jahr 2019 gestarteten Technologieoffensive hat Bayern seine Forschungs- und Innovationsförderung im Bereich der künstlichen Intelligenz deutlich ausgeweitet.

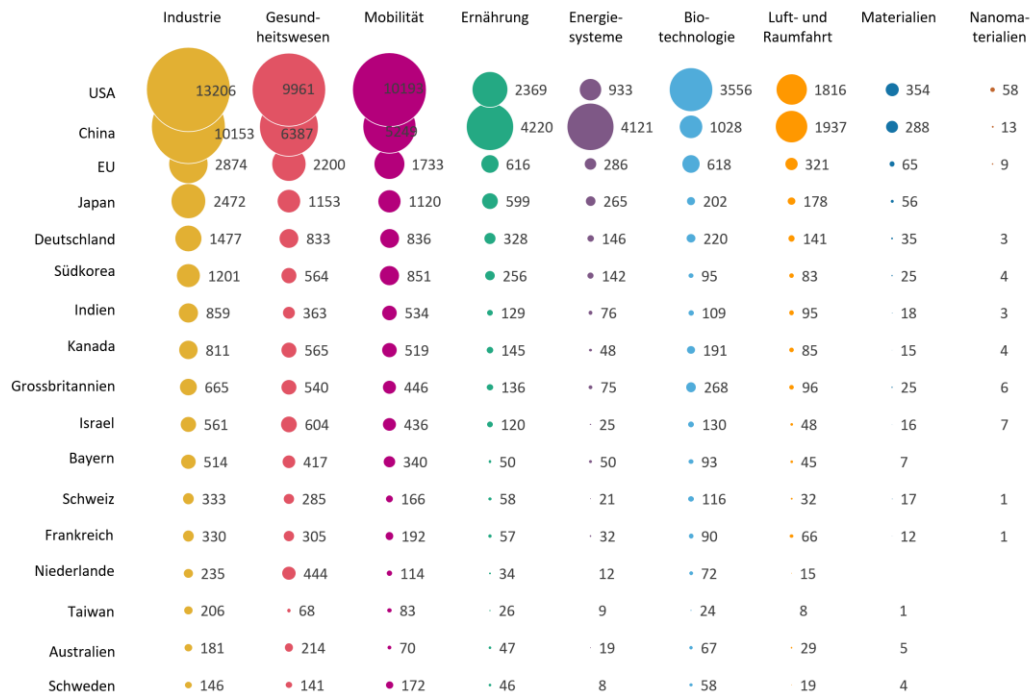
Bayern verfügt im relativen Vergleich insbesondere im Gesundheitswesen über viele KI-Aktivitäten (417 Weltklassepatente, Weltanteil 2,1 Prozent). Dies ist insbesondere den zahlreichen Weltklassepatenten von Siemens Healthineers in diesem Bereich zu verdanken. In den Zukunftsfeldern Industrie (514 / 1,7 Prozent), Mobilität (340 / 1,8 Prozent) und Biotechnologien (93 / 1,7 Prozent) liegt der bayerische Weltanteil etwas tiefer. Kaum eine Rolle spielt Bayern bei der KI-Spitzenforschung in den Feldern Energiesysteme, Ernährung und Nanomaterialien (Weltanteil jeweils unter einem Prozent).

²⁴ <https://satnews.com/2026/02/16/china-completes-in-orbit-testing-of-three-body-ai-computing-constellation/>

²⁵ <https://orbitaltoday.com/2026/02/15/china-launches-ai-driven-satellite-constellation-to-transform-space-computing/>

Abbildung 28

Künstliche Intelligenz in Ländern und vbw Zukunftsfeldern, 2025



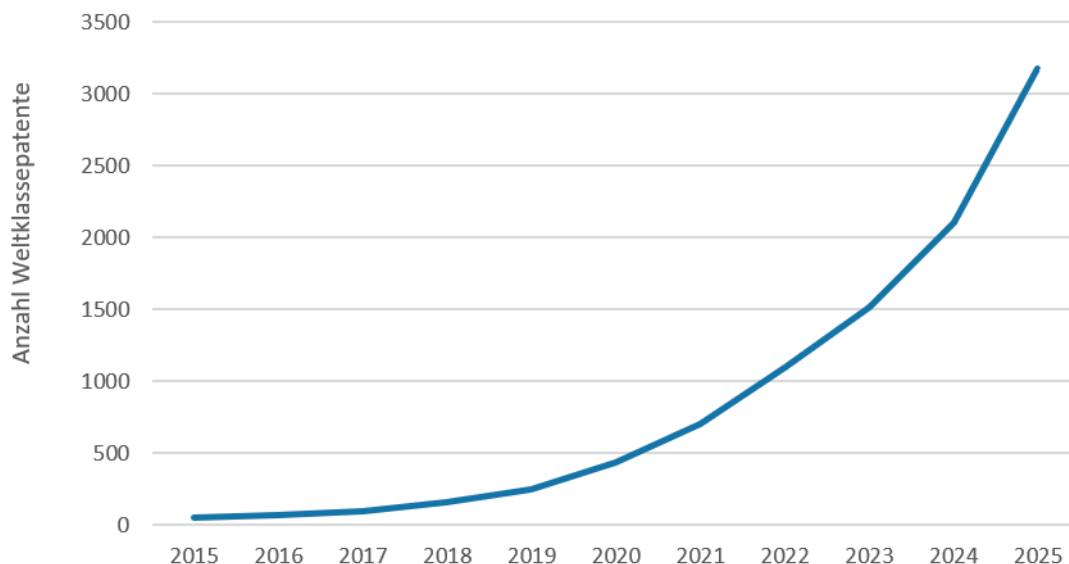
Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern nach Ländern, die auf KI-Technologien basieren. Es gibt Weltklassepatente, die mehreren Anwendungsfeldern bzw. mehreren Ländern zugeordnet sind.

Quelle: EconSight

Generative KI ist ein besonders dynamischer Teilbereich der künstlichen Intelligenz und hat in den letzten beiden Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen.

Abbildung 29

Entwicklung generative KI-Weltklassepatente weltweit, in Anwendungstechnologien, 2010 - 2025



Anzahl Weltklassepatente in Generative KI sowie Anzahl Weltklassepatente in den Zukunftsfeldern, welche auf generativer KI basieren.

Quelle: EconSight

Drei technologische Trends haben die generative KI seit 2024 geprägt. Erstens setzte 2024 der Übergang zu multimodalen Modellen ein, die Text, Bilder, Audio, Video und Code in einem System verarbeiten können (z. B. GPT-4o, Gemini, Claude 3). Zweitens kamen Ende 2024 mit OpenAIs o1-Serie sogenannte Reasoning-Modelle auf, die komplexe Probleme schrittweise „durchdenken“. Sie haben zu deutlichen Leistungssprüngen in wissenschaftlich-mathematischen Aufgaben geführt²⁶. Der dritte Trend ist der Aufstieg der sogenannten agentischen KI: Systeme, die selbstständig planen, mehrstufige Aufgaben ausführen und ihr Verhalten auf Basis von Echtzeit-Rückmeldungen anpassen.²⁷ Industrieanwendungen zeichnen sich bereits ab: Siemens und NVIDIA bauen ab 2026 in der Siemens-Elektronikfabrik in Erlangen die weltweit erste vollständig KI-gesteuerte adaptive Fertigung auf, in der KI-Systeme Produktionsplanung, -optimierung und Wartung autonom orchestrieren.²⁸ Die Anzahl der auf generativer KI basierenden Weltklassepatente in den vbw Zukunftstechnologien hat sich allein zwischen 2023 und 2025 weltweit von etwa 1.500 auf fast 3.200 mehr als verdoppelt (Abbildung 29). Damit stieg der Anteil der generativen KI an allen

²⁶ <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/inference-time-scaling-for-complex-tasks-where-we-stand-and-what-lies-ahead/>

²⁷ Agentic AI: a comprehensive survey of architectures, applications, and future directions (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11422-4>)

²⁸ <https://nvidianews.nvidia.com/news/siemens-and-nvidia-expand-partnership-industrial-ai-operating-system>

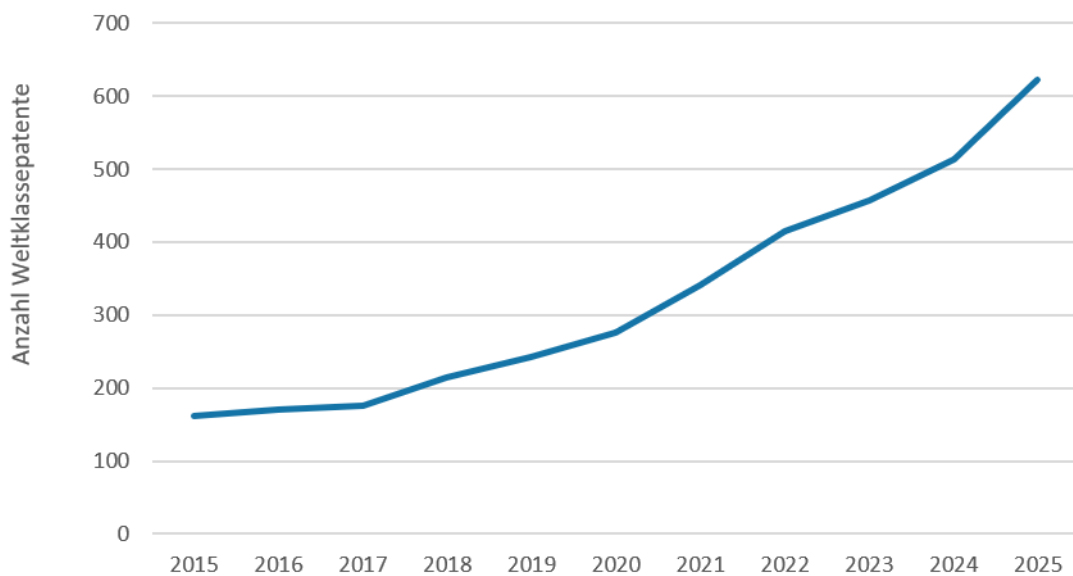
KI-basierten Weltklassepatenten in den Zukunftsfeldern 2025 auf 4.4 Prozent. Im Jahr 2023 hatte dieser Anteil bei 3.2 Prozent, im Jahr 2020 sogar nur bei 2.0 Prozent gelegen.

5.3 Quantencomputing

Die Anzahl der weltweiten Patente im Quantencomputing in den Anwendungstechnologien der vbw Zukunftsfelder ist von rund 750 im Jahr 2015 auf knapp 5.200 im Jahr 2025 gestiegen. Die Anzahl der Weltklassepatente im Quantencomputing in den Anwendungstechnologien der vbw Zukunftsfelder hat sich im gleichen Zeitraum von 161 auf 622 erhöht (Abbildung 30).²⁹

Abbildung 30

Entwicklung Quantencomputing-Weltklassepatente weltweit, in Anwendungstechnologien, 2015 - 2025



Quelle: EconSight

Die Quantencomputing-Forschungsaktivitäten sind auf verschiedene Zukunftsfelder verteilt. Die meisten Weltklassepatente entfallen auf das Zukunftsfeld Industrie (329), gefolgt von Biotechnologie (121), Materialien (114), Mobilität (110) und Gesundheitswesen

²⁹ Im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 2024 wurde für dieses Update die Technologie Quantencomputing aus dem Zukunftsfeld Materialien entfernt, da diese Technologie bereits im Technologieset der fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien enthalten ist. Diese Korrektur der Doppelzählung der Technologie Quantencomputing führt dazu, dass die Zahl der Quantencomputing-Weltklassepatente in Anwendungstechnologien niedriger als in der letzten Erhebung ausfällt.

(108).³⁰ In den anderen Zukunftsfeldern ist die Anzahl der Quantencomputing-basierten Weltklassepatente noch überschaubar.

Diese Verteilung der Forschungsaktivitäten spiegelt eine typische Anwendung von Quantencomputern wider: die Simulation der elektronischen Struktur von Molekülen und Festkörpern, die klassischen Computern auch bei höchstem Rechenaufwand nur näherungsweise gelingt. Konkrete Anwendungsfelder reichen von Katalysatoren über Batteriematerialien bis zu Supraleitern. BMW forscht beispielsweise bereits seit 2021 zusammen mit Airbus und Quantinuum an der Simulation der Sauerstoffreduktionsreaktion in Brennstoffzellen-Katalysatoren. Im November 2025 wurde die Zusammenarbeit zu einer mehrjährigen Partnerschaft erweitert, in deren Rahmen BMW Zugang zu den neuesten Quantinuum-Quantencomputern hat.³¹ Im Bereich Gesundheitswesen bzw. Biotechnologie haben AstraZeneca, IonQ, AWS und NVIDIA im Juni 2025 eine signifikante Beschleunigung der Berechnungszeit für eine zentrale Reaktion in der Wirkstoffsynthese kleiner Moleküle demonstriert.³² Solche Fortschritte könnten die Entwicklungszeiten neuer Medikamente verkürzen.

Bei der Länderverteilung der Weltklassepatente liegen die USA klar vorne (Abbildung 31). Die USA verfügen über rund 1.350 Quantencomputing-Patente in den Anwendungstechnologien, davon sind fast 400 als Weltklassepatente eingestuft. China verfügt insgesamt über mehr Quantencomputing-Patente in Anwendungstechnologien (2.483), aber die Anzahl der Weltklassepatente (107) ist deutlich geringer als in den USA. Mit deutlichem Abstand folgt die EU (554 Patente, davon 100 Weltklasse). Deutschland ist innerhalb der EU für mehr als ein Drittel der Weltklassepatente in Anwendungstechnologien verantwortlich.³³

Bayern verfügt insgesamt über 56 Quantencomputing-Patente in den Anwendungstechnologien. Sieben dieser Patente sind als Weltklassepatente eingestuft, wobei einige dieser Patente mehreren Zukunftsfeldern zugewiesen sind. Der bayerische Chip-Hersteller Infineon entwickelt beispielsweise im Rahmen einer im November 2024 geschlossenen strategischen Partnerschaft mit Quantinuum die nächste Generation von Ionenfallen-Chips, die das Herzstück von Quantinuums Quantenprozessoren bilden – mit dem Ziel, Fortschritte in Materialwissenschaft, generativer Chemie und künstlicher Intelligenz zu ermöglichen.³⁴ Diese industriellen Aktivitäten werden flankiert durch die umfangreiche akademische Forschungslandschaft. Im Munich Quantum Valley³⁵ forschen die führenden bayerischen Universitäten, das Max-Planck-Institut und zahlreiche Partner aus der Industrie an Quanten-Hardware (Supraleiter, neutrale Atome, Ionenfallen) Algorithmen und Anwendungen.

³⁰ Die Summe der Quantencomputing-Weltklassepatente in den Anwendungsfeldern ist grösser als 100 Prozent, da einige Patente mehreren Feldern zugeordnet sind.

³¹ <https://www.automotiveworld.com/news/bmw-expands-quantum-computing-tie-with-quantinuum/>

³² <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/the-quantum-revolution-in-pharma-faster-smarter-and-more-precise>

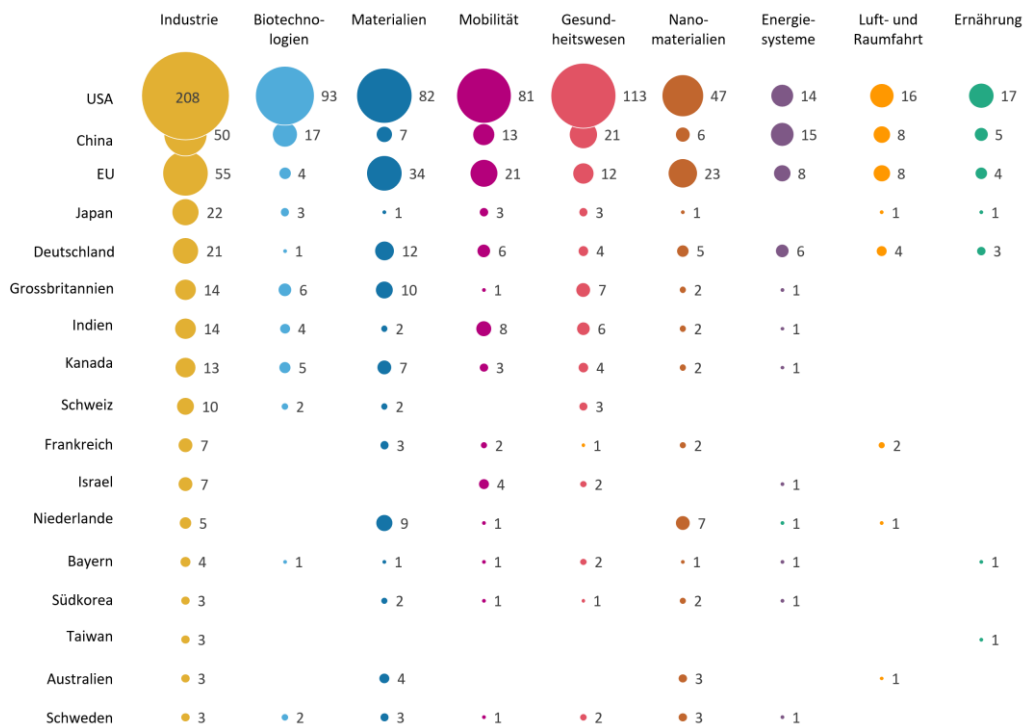
³³ Die Summe der Quantencomputing-Weltklassepatente in den Ländern ist grösser als 100 Prozent, da einige Patente mehreren Ländern zugeordnet sind.

³⁴ <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2024/INFXX202411-025.html>

³⁵ <https://www.munich-quantum-valley.de/>

Abbildung 31

Quantencomputing-Weltklassepatente in Ländern und vbw Zukunftsfeldern, 2025



Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern nach Ländern, die auf dem Einsatz von Quantencomputern basieren. Es gibt Weltklassepatente, die mehreren Anwendungsfeldern bzw. mehreren Ländern zugeordnet sind.

Quelle: EconSight

Quantencomputing ist nicht die einzige relevante Quantentechnologie. Auch in anderen Quantentechnologien wie Quantensensorik, Quantenkommunikation, Quantenverschlüsselung oder die Kombination aus Quantencomputing und künstlicher Intelligenz gibt es Weltklassepatente, die in den vbw Anwendungstechnologien eine Rolle spielen. Während Quantencomputing auf die Berechnung und Verarbeitung von Informationen mit Hilfe von Qubits zielt, nutzen die anderen Felder Quantenphänomene für Messung, Übertragung oder Sicherung von Information. Methodisch sind die Felder teilweise verwandt – etwa teilen sich Quantencomputing und Quantenverschlüsselung Hardwareelemente wie supra-leitende Schaltungen oder Photonen-Detektoren.

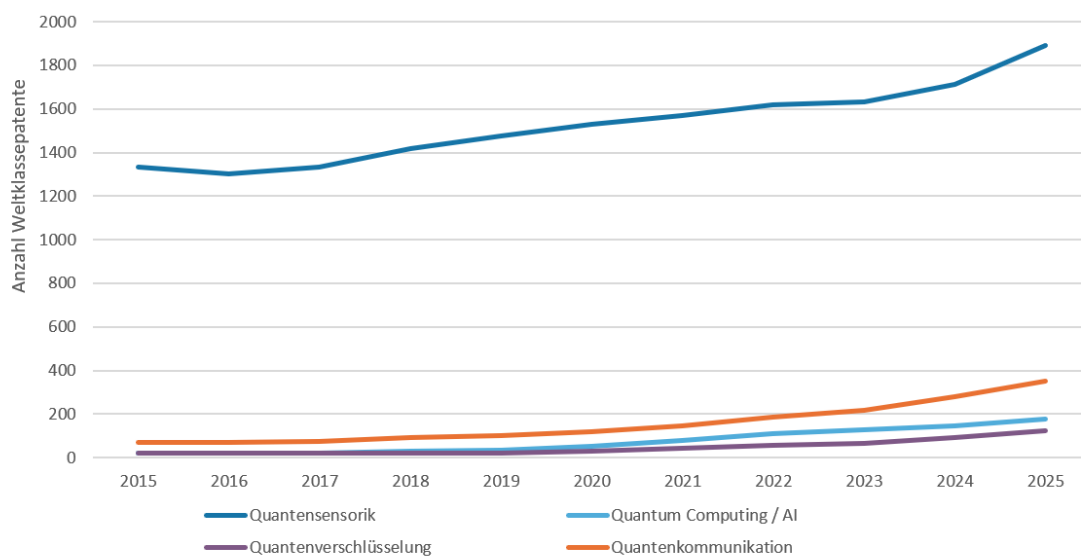
- **Quantensensorik** nutzt quantenmechanische Effekte, um Messungen mit einer Präzision durchzuführen, die klassische Sensoren nicht erreichen. Anwendungsfelder reichen

von der medizinischen Bildgebung über GPS-unabhängige Navigation bis zur Frühwarnung von Materialermüdung.

- **Quantenkommunikation** umfasst die Übertragung von Quanteninformation über Glasfaser- oder Satellitenverbindungen. Sie schließt Quantum-Verschlüsselung als Anwendung mit ein.
- **Quantenverschlüsselung** bezeichnet kryptografische Verfahren, die auf quantenmechanischen Prinzipien beruhen – insbesondere die Quantum Key Distribution (QKD), einem Verfahren zum Austausch kryptografischer Schlüssel, mit dem Abhör- oder Manipulationsversuche erkannt und abgewendet werden sollen.
- **Quantencomputing / KI** umfasst hybride Anwendungen, bei denen Quantenalgorithmen mit Methoden der künstlichen Intelligenz kombiniert werden – etwa Quantum Machine Learning für die Mustererkennung in komplexen Daten.

Abbildung 32

Entwicklung Weltklassepatente weltweit in anderen Quantum-Technologien, in Anwendungstechnologien, 2015 - 2025



Quelle: EconSight

Abbildung 32 zeigt die Entwicklung der Weltklassepatente in den vbw Anwendungstechnologien, die auf dem Einsatz der verschiedenen Quantentechnologien basieren. Die **Quantensensorik** ist eine bereits seit Jahren in verschiedenen Anwendungen etablierte Technologie, die etwa in MRT-Geräten, Gravimetern und Atomuhren industriell eingesetzt wird. Die Zahl der Quantensensorik-Weltklassepatente in Anwendungstechnologien ist zwischen 2015 und 2025 von etwa 1.300 auf knapp 1.900 gewachsen. Die Wachstumsdynamik war somit nicht sehr hoch mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 4,3 Prozent. Die Gesamtzahl der Patente stieg im gleichen Zeitraum von rund 5.900 auf 12.750 an.

Die **Quantenkommunikation** in Anwendungstechnologien hat zwischen 2015 und 2025 von einem niedrigen Niveau (knapp 70 Weltklassepatente) auf rund 350 Weltklassepatente zugelegt. Die Gesamtzahl der Patente expandierte von rund 600 auf knapp 4.800 in dieser Zeit. Hinter diesem hohen Wachstum stehen große staatliche Infrastrukturprojekte: In China gehört das rund 2.000 Kilometer lange Peking-Shanghai-QKD-Backbone seit 2017 zu den weltweit größten realisierten Quantenkommunikationsnetzen.³⁶ In Europa entsteht mit der European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI) ebenfalls ein großes staatliches Quantenkommunikationsprojekt.³⁷ EuroQCI soll sensible Daten und kritische Infrastrukturen wie Regierungsbehörden, Krankenhäuser und Energienetze über eine physikalisch abgesicherte Quantenkommunikationsebene schützen und gilt als wichtiger Baustein der EU-Cybersicherheitsstrategie.

Noch etwas kleiner hinsichtlich der Patentzahlen, aber mit hoher Dynamik entwickeln sich die Kombination aus **Quantencomputing und KI** sowie die **Quantenverschlüsselung**. In der Quantenverschlüsselung stieg die Zahl der Weltklassepatente in den Anwendungsfeldern im gleichen Zeitraum von knapp 20 auf über 120. Die Gesamtzahl der Patente legte von 200 auf über 1.850 im gleichen Zeitraum zu. Sie gilt als Schlüsseltechnologie zum Schutz besonders schützenswerter Daten gerade angesichts der zukünftigen Bedrohung klassischer Verschlüsselungsverfahren durch leistungsfähige Quantencomputer.

Die Zahl der Weltklassepatente, welche sowohl Quantencomputing als auch KI in den Anwendungstechnologien einsetzen, hat von weniger als 20 Weltklassepatenten im Jahr 2015 auf 175 im Jahr 2025 zugelegt. Die Gesamtzahl der Patente in diesem Bereich ist in der gleichen Zeit von rund 70 auf über 1.100 gestiegen. Das Potenzial von Quantencomputing/KI liegt vor allem dort, wo klassische Machine-Learning-Verfahren an Grenzen stoßen: bei der Modellierung quantenmechanischer Systeme – etwa in der Wirkstoffentwicklung und Materialforschung – oder bei komplexen Optimierungsproblemen. Die Verzahnung von Quantencomputing mit künstlicher Intelligenz dürfte daher in den kommenden Jahren weiter an Bedeutung gewinnen.

Auf Ebene der Zukunftsfelder sind insbesondere die Bereiche Industrie, Mobilität und Biotechnologie wichtige Einsatzbereiche für Quantencomputing/KI-Lösungen, auf Ebene der Anwendungstechnologien gibt es die meisten Quantencomputing/KI-Weltklassepatente in den Technologien Autonome Strassenfahrzeuge, Robotik und Bioinformatik.

Ein Beispiel für den Einsatz von Quantencomputing in Kombination mit KI liefert ein Patent³⁸ des Volkswagen-Konzerns, das ein hybrides System zur Optimierung des Verkehrsflusses beschreibt. Dabei prognostizieren KI-Verfahren zunächst drohende Verkehrsengepässe und berechnen mögliche Alternativrouten. Anschließend wird das

³⁶ <https://itif.org/publications/2024/09/09/how-innovative-is-china-in-quantum/>

³⁷ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-quantum-communication-infrastructure-euroqci>

³⁸ <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064556911/publication/US2019164418A1?q=pn%3DUS2019164418A1>

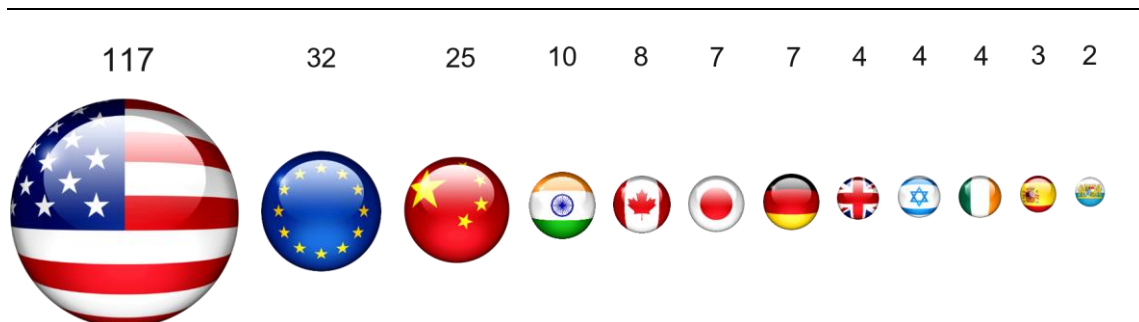
daraus abgeleitete Optimierungsproblem mithilfe eines Quantenannealers³⁹ gelöst. Anders als herkömmliche Navigationssysteme, die jede Route individuell optimieren, verfolgt der Ansatz eine koordinierte Steuerung vieler Fahrzeuge: Über vernetzte Navigationssysteme werden unterschiedlichen Fahrzeugen gezielt verschiedene Routenvorschläge übermittelt, um den Verkehr möglichst gleichmäßig auf das Straßennetz zu verteilen und neue Engpässe zu vermeiden. Der Ansatz nutzt die besonderen Stärken des Quantenannealings bei komplexen Optimierungsproblemen, die mit klassischen Verfahren unter Echtzeitbedingungen nur schwer effizient zu lösen sind. Bislang bleibt der Ansatz allerdings ein Zukunftsszenario: Eine flächendeckende Umsetzung würde voraussetzen, dass nahezu alle Fahrzeuge kontinuierlich Positionsdaten übermitteln und Routenvorschläge automatisch umsetzen – eine Infrastruktur, die heute weder technisch noch regulatorisch vorhanden ist.

Auf Länderebene dominieren die USA die Spitzenforschung im Bereich Quantencomputing und KI (Abbildung 33). 117 der insgesamt 175 Quantencomputing/KI Weltklassepatente in Anwendungen stammen aus den USA. Die EU erreicht weltweit den zweiten Platz mit 32 Weltklassepatenten und liegt somit vor China (Platz 3, 25 Weltklassepatente). Von den 32 EU-Weltklassepatenten stammen 7 aus Deutschland und davon wiederum zwei aus Bayern. Indien, Kanada und Japan verfügen ebenfalls bereits über einige Weltklassepatente.

Betrachtet man nicht nur die Weltklassepatente, sondern alle Patente, liegt China mit insgesamt 567 Patenten im Bereich Quantencomputing und KI im Jahr 2025 an der Spitze, gefolgt von den USA (277), Südkorea (90), der EU (85), Japan (42) und Deutschland (31). Bayern verfügt insgesamt über sieben Patente in diesem Bereich.

Abbildung 33

Die wichtigsten Forschungsstandorte weltweit, 2025



Kumulierte Quantencomputing/KI-Weltklassepatente in den vbw Zukunftsfeldern nach Ländern.

Quelle: EconSight

³⁹ Quantenannealing ist ein spezielles Verfahren des Quantencomputings zur Lösung komplexer Optimierungsprobleme. Anders als universelle Quantencomputer, die prinzipiell ein breites Spektrum unterschiedlicher Algorithmen ausführen können, ist ein Quantenannealer auf die Suche nach möglichst guten Lösungen für kombinatorische Optimierungsprobleme spezialisiert. Er eignet sich daher insbesondere für Aufgaben wie Routenplanung, Einsatzplanung oder Ressourcenallokation.

Anhang

A.1 Die vbw Zukunftsfelder und Anwendungstechnologien – Überblick

Industrie

- 3D-Druck
- Effiziente Aluminiummetallproduktion
- Effiziente Chemieproduktion
- Effiziente Glas- und Keramikproduktion
- Effiziente Metallproduktion
- Grüne/blaue Wasserstoffproduktion
- Kohlendioxidfilter
- Robotik
- Vernetzte Produktion
- Wasserstoffelektrolyse
- Wasserstofferzeugung/Speicherung

Gesundheitswesen

- Alzheimer
- Augenkrankheiten
- Biomedizinische Bildgebung
- Biosensoren
- Computergestützte Chirurgie
- COPD (Lunge)
- Coronaviren
- Diabetes
- Hepatitis
- Hörgeräte
- Impfstoffe
- Krebs
- Medtech
- NASH (Fettleber)
- Parkinson
- Patientendaten
- Pflegeroboter
- Technik für Ältere
- Virusnachweis

Energiesysteme

- AC/DC Wandler, Photovoltaik
- Batterie- und Brennstoffzellenrecycling
- Biotreibstoffe, Biomasse
- Brennstoffzellen
- Energiespeicher
- Geothermie

[Anhang](#)

- Herstellung von Brennstoffzellen
- HGÜ-Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
- Intelligente Stromnetze
- Lithium Akkumulatoren
- Silizium Photovoltaik Zellen
- Solarthermie
- Synthetische Treibstoffe
- Wärmepumpen
- Wasserkraft
- Windenergie

Mobilität

- Autonome Straßenfahrzeuge
- Batterieladegeräte für Fahrzeuge
- Drohnen
- Effizientes Autodesign
- Elektrofahrzeuge
- Hyperloop
- Smart City
- Urbane Logistik
- Vernetzte Fahrzeuge
- Vernetzter Verkehr

Materialien

- Biopolymere
- Carbon, Graphen
- Fortgeschrittene Materialien
- Fortgeschrittene Beschichtungen
- Keramik
- Metamaterialien
- Moderne Dämmstoffe

Biotechnologien

- Biomarker
- Bioinformatik
- Bioprinting
- CAR-T
- CRISPR
- Immuntherapie
- Präzisionsmedizin
- Stammzellen Umprogrammierung

Ernährung

- Präzisionslandwirtschaft
- Funktionelle Lebensmittel

[Anhang](#)

- Reinraumlandwirtschaft
- Trinkwasseraufbereitung
- Verarbeitung von Pflanzenproteinen

Luft- und Raumfahrt

- Elektroflugzeuge
- Kosmonautik
- Luftfahrt
- Raumfahrtmaterialien
- Satellitentechnologien

Nanotechnologien

- Nanotechnologien

Fortgeschrittene Digitalisierung

- 5G
- 3D Bild-Modellierung
- Avatar
- Big Data
- Blockchain
- Cloud Technology
- Cyber Security
- Digital Twin
- Verschlüsselungstechnologien
- Gesichtserkennung
- Biometrie
- Fintech
- Gestenerkennung
- Blickverfolgung
- Maschinelles Lernen / KI
- Machine-to-Machine, M2M Communication
- Prozessautomatisierung
- Quantencomputing
- Halbleiterherstellung
- Spracherkennung
- VR & AR, XR, Metaverse

A.2 Methodik Patentanalyse

Die Grundlage der vorliegenden Studie ist die Auswertung von Patentdaten. Patente sind ein wichtiger Erfolgsausweis von Forschung und Entwicklung und damit einer der wichtigsten Innovationsoutput-Indikatoren. Das Patentportfolio einer (regionalen) Volkswirtschaft bzw. ihrer Unternehmen und Forschungseinrichtungen bildet eine wichtige Grundlage für ihre Innovations- und damit auch Zukunftsfähigkeit. Vor allem Neuerungen im hochtechnologischen Bereich sind elementar, um wettbewerbsfähig zu bleiben und drängende gesellschaftliche Herausforderungen zu lösen. Patentanalysen tragen dazu bei, die

Anhang

Stärken und Schwächen einer Region aufzudecken. Der Fokus von Patentanalysen liegt dabei naturgemäß ausschließlich auf den Innovationsaktivitäten von Unternehmen und Forschungsinstitutionen. Stärken oder Schwächen in Bereichen der Wertschöpfungskette, welche nicht oder weniger von Innovationsaktivitäten der Unternehmen geprägt sind (wie z. B. Vertrieb, Marketing usw.) können durch Patentanalysen nicht erfasst werden. Das gleiche gilt für Stärken oder Schwächen hinsichtlich Standortfaktoren (z. B. Energiekosten, Fachkräfteverfügbarkeit, Steuerbelastung usw.).

In dieser Studie werden die Begriffe Patente und Patentfamilien synonym verwendet. Technisch gesehen ist der Begriff „einfache Patentfamilie“ oder „simple family“ korrekt. Häufig melden Unternehmen eine Erfindung in mehreren Ländern zum Patent an. Dies resultiert in mehreren Patentanmeldungen (bzw. bei erfolgreicher Erteilung in mehreren Patenten) für die gleiche Erfindung. Derart verbundene Patente und Anmeldungen nennt man zusammen eine „Patentfamilie“.

In der vorliegenden Analyse liegt der Fokus auf der fortgeschrittenen Digitalisierung in den Zukunftsfeldern der vbw. Patente können mehreren Patentklassen zugeordnet werden und tragen häufig mehr als eine Technologieinformation. Für die Analysen in dieser Studie werden sämtliche Patente an der Schnittstelle zwischen Anwendungstechnologien und fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologien identifiziert, d. h. diese Patente tragen sowohl Merkmale mindestens einer Anwendungstechnologie als auch mindestens einer fortgeschrittenen Digitalisierungstechnologie.

Anhand der Entwicklung der Patente pro Jahr kann die Stärke der Patentportfolios der ausgewählten Länder bzw. Regionen analysiert und verglichen sowie die technologische Entwicklung aufgezeigt werden. Dabei werden sämtliche aktive Patente, also auch ältere noch gültige Patente, zum jeweiligen Stichtag (Jahresende) berücksichtigt. Die Laufzeit eines Patents beträgt im Normalfall 20 Jahre ab dem Zeitpunkt der Anmeldung unter der Voraussetzung, dass die jährlichen Patentgebühren gezahlt werden. Zahlreiche Patente verfallen jedoch frühzeitig aufgrund der Nichtzahlung der Jahresgebühren, falls sich für den Patentbesitzer keine ausreichend lukrative Verwertungsmöglichkeit ergibt. Auch die erfolgreiche Anfechtung eines Patents oder die Nichterteilung eines Patents nach der Patentprüfung führen zum Inaktivwerden eines Patents. Die Analyse auf Grundlage der aktiven Patente unterscheidet sich von anderen Patentanalysen, bei denen häufig nur neue Patentanmeldungen pro Jahr gezählt werden. Der Vorteil des in dieser Studie verwendeten Ansatzes besteht darin, dass sowohl die Dynamik der Entwicklung des Patentbestandes im Zeitverlauf als auch die absolute Größe und Stärke eines Patentportfolios zum jeweils aktuellen Zeitpunkt gemessen werden kann. Bei Auswertungen auf Grundlage von Patentanmeldungen werden dagegen nur die neuesten Entwicklungen erfasst, während bereits bestehendes technologisches Know-how aus älteren Patenten nicht berücksichtigt wird.

Ein weiteres wichtiges Element der Analyse ist der Fokus auf die Patentqualität. Grundlage für die Bewertung der Qualität ist eine Kombination aus Zitierungen des Patents sowie der Länderabdeckung des Patentes.

Anhang

Die Zitierhäufigkeit des Patents ergibt sich daraus, wie oft die Prüfer der verschiedenen Patentämter darauf Bezug nehmen und es zitieren. Die Patentämter prüfen nach recht ähnlichen Methoden, ob eine Patentanmeldung neu und erfinderisch ist, und ziehen dazu andere, publizierte Patente heran. Daraus wird ersichtlich, wie wichtig eine Erfindung im Vergleich zu anderen Patenten in derselben Technologie ist. EconSight legt hier besonderen Wert auf die Relevanz der gemessenen Werte. Während andere Bewertungssysteme Zitierungen einfach zählen oder bestenfalls jüngere Zitierungen höher gewichten als ältere Zitierungen, fokussiert EconSight auf business-relevante Zitierungen. So ist beispielsweise die Zitierung eines Patents durch einen einzelnen Forschenden weniger wert als die Zitierung durch ein großes Unternehmen wie Alphabet.

Die Länderabdeckung berechnet die weltweite gesetzliche Abdeckung des Patentschutzes. Sie zeigt, wie Unternehmen die Bedeutung ihrer eigenen Erfindung bewerten. Je größer die Zahl der Länder, in denen das Patent angemeldet wird, desto teurer wird der Patentschutz. Eine breitere internationale Länderabdeckung signalisiert also, dass der Patentanmelder sein Patent für vielversprechend hält. Gemessen wird insbesondere, ob ein Patent die "kritische Masse" der wichtigsten Märkte erreicht hat (mehrere große Länder wie die USA, China, Japan, aber auch zentrale mittelgroße Länder wie Großbritannien, Deutschland, Südkorea).

Die individuelle Patentstärke als Kombination aus Länderabdeckung und Zitierhäufigkeit lässt darauf schließen, welche Auswirkung eine Patentfamilie auf den Wettbewerb hat und erlaubt eine Einteilung in wichtige Patente und weniger wichtige Patente. Bei unseren Auswertungen liegt der Fokus auf dem Bestand und der Entwicklung der besten zehn Prozent der Patente pro Technologie – die sogenannten Weltklassepatente.

Der Fokus auf Weltklassepatente ist sinnvoll, um verzerrende Effekte durch länderspezifische Unterschiede in den Patentierungssystemen zu reduzieren. So werden beispielsweise in China Forschende u. a. mit Steuererleichterungen dazu angehalten, so viel wie möglich zu patentieren, um die Relevanz des Forschungsstandorts China zu erhöhen.

Ein Patent ist das Ergebnis von Forschungsarbeiten, die in der Regel von mehreren Forschenden, teilweise von mehr als einer Einrichtung und manchmal von mehr als einem Land, durchgeführt werden. Es stellt sich die Frage, wie diese Patente gezählt werden sollen und welcher Region bzw. welchem Land sie zugeschrieben werden sollen. Grundsätzlich sind mit den Anmelde- und Erfindersinformationen 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. Die Perspektive der Erfinder fokussiert auf die regionale Zuordnung der technologischen Leistungsfähigkeit. Allerdings müssen die entsprechenden Patente nicht unbedingt Unternehmen aus der Region gehören. Die Perspektive aus Erfindersicht wurde in der vorliegenden Studie für die Zuordnung der Patente verwendet.

Ansprechpartner/Impressum

Johanna Yaacov

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-135

Johanna.yaacov@vbw-bayern.de

Christine Völzow

Geschäftsführerin, Leiterin der Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-251

christine.voelzow@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich ohne jede Diskriminierungsabsicht grundsätzlich auf alle Geschlechter.

Herausgeber

vbw

Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

Weiterer Beteiligter

EconSight

Kai Gramke, Klaus Jank

Thiersteinerrain 126
CH-4059 Basel

T +41 61 811 10 10
info@econsight.ch
www.econsight.ch