



#Innovation
BSt

Weltklassepatente in Zukunftstechnologien

Die Innovationskraft Ostasiens, Nordamerikas und Europas

Bertelsmann Stiftung
#InnovationBSt

Weltklassepatente in Zukunftstechnologien

Die Innovationskraft Ostasiens, Nordamerikas und Europas

Eine Kooperation der Projekte

Global Economic Dynamics (GED)

Innovationskraft stärken. Potenziale erschließen.

Wissenschaftliche Analyse

EconSight GmbH

Autoren

Jan C. Breiting

Benjamin Dierks

Thomas Rausch

IN

HA

IT

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	6	4. EUROPA	46
1. EINLEITUNG	8	4.1 Gesundheit	48
2. OSTASIEN	12	Großbritannien	51
2.1 Umwelt	16	4.2 Mobilität	52
China	19	Frankreich	55
2.2 Energie	20	4.3 Industrie	56
Japan	23	Deutschland	59
2.3 Ernährung	24	Europa	60
2.4 Infrastruktur	28	5. SCHLUSSFOLGERUNGEN	62
Südkorea	31	METHODIK - WELTKLASSEPATENTE IN ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN	66
3. NORDAMERIKA	32	ÜBERBLICK ÜBER ALLE 58 ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN	69
3.1 Digitalisierung	34	LITERATUR	92
Kanada	37		
3.2 Sicherheit	38		
USA	41		
3.3 Materialien	42		

ZUSAMMENFASSUNG

Unser Ansatz

Das Patentportfolio einer Volkswirtschaft bildet eine wichtige Grundlage für ihre Innovations- und damit auch Zukunftsfähigkeit. In dieser Studie betrachten wir, wie sich dieses Portfolio einzelner Länder und Regionen seit der Jahrtausendwende bei 58 wichtigen Zukunftstechnologien, die wir in zehn thematische Bereiche einordnen, entwickelt hat. Wir analysieren dabei – im Gegensatz zu den meisten anderen Studien zu diesem Thema – nicht alle Patentanmeldungen, sondern vielmehr die Weltklassepatente: die 10 Prozent aller Patente, die am bedeutsamsten sind. Wir hoffen, dass wir damit einen Beitrag leisten können, die Innovationsfähigkeit von großen Volkswirtschaften, der durch die Corona-Krise eine nochmals gestiegene Bedeutung zukommt, besser bewerten zu können.

Unsere wichtigsten Ergebnisse

Nordamerika (USA, Kanada) und Europa (EU-27) weisen immer noch die höchste Patenteffizienz auf: Der reine Blick auf alle Patentanmeldungen überzeichnet die Stärke Ostasiens (China, Japan, Südkorea). Hier werden zwar sehr viele Patente angemeldet, aber der Anteil der Weltklassepatente gemessen an allen Patenten liegt in den drei patentstärksten Volkswirtschaften Ostasiens – China, Japan und Südkorea – in den meisten Jahren klar unter 10 Prozent. In den patentstärksten Staaten in Nordamerika – Kanada und USA – sowie in Europa – Deutschland, Frankreich und Großbritannien (einschließlich Nordirland) – liegt er dagegen bei über 15 Prozent.

Ostasien holt in riesigen Schritten auf: Gerade Südkorea und China haben in den vergangenen zehn Jahren in Sachen Patentqualität einen enormen Sprung nach vorne gemacht. 2019 rangierte China in 42 der 58 untersuchten Technologien unter den drei Ländern mit den meisten Spitzenpatenten. 2010 war das Land nicht ein einziges Mal unter den Top 3 vertreten, 2000 kein einziges Mal unter den Top 5. Vor dem Hintergrund des wachsenden Wohlstands und der hohen Bevölkerungszahl ist Chinas Stärke im Bereich Ernährung nicht überraschend. Südkorea belegte 2000 noch in keiner Zukunftstechnologie einen der ersten fünf Plätze. 2010 war es dort 14-mal vertreten, 2019 schon 29-mal, d. h.: In der Hälfte aller Technologien zählt Südkorea bei der Zahl der Weltklassepatente zu den fünf führenden Ländern.

Die Vereinigten Staaten sind noch die unangefochtene „Patent-Supermacht“: Die Dynamik Chinas lässt den Anteil der USA an Weltklassepatenten in nahezu allen Bereichen langsam schrumpfen. Ihr Vorsprung ist jedoch so groß und ihre Stärke so breit verteilt, dass die Vereinigten Staaten mittelfristig die größte Patentmacht bleiben werden. In 50 von 58 Zukunftstechnologien verfügen die USA über die meisten Weltklassepatente. Besonders groß ist der Vorsprung in den Bereichen Gesundheit und Sicherheit. In zentralen Querschnittstechnologien rund um das Thema Digitalisierung weisen die Vereinigten Staaten immer noch eine hohe Wachstumsdynamik auf und können als einzige Industrienation bei ganz neuen Technologien mit China mithalten.

Deutschland ist immer noch die stärkste europäische Patentmacht, fällt aber weltweit allmählich zurück: Gemessen an seiner Einwohnerzahl, schlägt sich Deutschland nach wie vor beachtlich über nahezu die gesamte Breite der Technologien. Sein Anspruch, eine führende Technologienation zu sein, gerät aber immer stärker unter Druck. Gehörte Deutschland 2010 in 47 der 58 Technologien noch zu den drei Nationen mit den meisten Weltklassepatenten, hat sich dieser Anteil 2019 auf 22 Technologien mehr als

halbiert. Diese Entwicklung betrifft auch Deutschlands traditionelle Stärken in den Bereichen Industrie und Mobilität. Zudem trägt das Bild eines „grünen Deutschlands“ nicht: Im Bereich Umwelt oder auch bei den für die Energiewende wichtigen alternativen Energieträgern spielt die Musik immer mehr in Ostasien.

Europa kann als Ganzes weit mehr Gewicht in die Waagschale werfen als die EU-27 alleine: In keiner der 58 Technologien verfügt ein europäisches Land alleine über die meisten Weltklassepatente. Als EU-27 reicht es immerhin für zwei Spitzenpositionen – bei Windkraft und Functional Food. Ohne den Brexit wären es sogar noch fünf erste Plätze. Vor allem Großbritanniens relative Stärke in der Digitalisierung wiegt hier schwer, denn insbesondere bei neuen Entwicklungen wie 5G oder Blockchain droht Europa den Anschluss zu verlieren. Würde man in einer rein geografischen Betrachtung die Patente aller europäischen Staaten zusammenzählen, hielte Europa immerhin in zwölf von 58 Technologien die meisten Weltklassepatente. Vor dem Hintergrund der Corona-Krise ist positiv zu bewerten, dass Gesundheit – und hier besonders Impfstoffe – nach wie vor zu den sehr starken Bereichen Europas zählt.

Unsere wichtigsten Schlussfolgerungen

Europäische und internationale Kooperation ausbauen: Gesellschaften werden durch Abschottung nicht innovativer. Der Austausch von Ideen hilft allen Staaten, ihre Innovationskraft zu stärken. Ganz be-

sonders wichtig ist das für Europa, das viel von der Dynamik und Stärke in anderen Weltregionen profitieren kann. Gleichzeitig sollte Europa – möglichst über die EU-27 hinaus – noch stärker versuchen, seine Stärken zu bündeln und zu nutzen sowie seine zunehmende Schwäche in einem so wichtigen Bereich wie Digitalisierung offensiv anzugehen. Um den Anschluss nicht zu verlieren, muss schnell gehandelt werden – nicht national, sondern mit einer ambitionierteren europäischen Digitalstrategie.

Bessere Anwendung und Kommerzialisierung: Deutschland und Europa verfügen, trotz der in dieser Studie offengelegten Schwachstellen, noch immer über herausragende Forschungsstandorte und eine lebendige Wissenschaftsszene. Hier werden viele gute Ideen produziert, jedoch hapert es oft an deren Anwendung und Kommerzialisierung. Insbesondere die USA, zunehmend aber auch China sind oft schneller in der Lage, neue Ideen in erfolgreiche Produkte und Unternehmen umzuwandeln. Um mehr vielversprechende Ansätze zur Marktreife zu bringen, braucht es Offenheit und Mut gegenüber Geschäftsideen. Das setzt eine positive Einstellung zum Unternehmertum voraus.

Innovation und gesellschaftlichen Fortschritt verbinden: Deutschland und seine Nachbarn verbinden nicht nur kommerzielle wirtschaftliche Interessen, und Europa ist mehr als ein Wirtschaftsraum. Innovationen müssen sich auch an den Bedürfnissen orientieren, die in unseren Gesellschaften entstehen. In dem Sinne ist Innovation nicht allein ein Wettlauf, der ein bereits bestehendes Ziel voraussetzt. Innovation bedeutet auch, dass unsere Gesellschaft den Weg beschreibt, den wir mithilfe von Forschung und Entwicklung beschreiten wollen. Daher sollte eine moderne, ambitionierte Innovationspolitik nicht nur wirtschaftliche, sondern auch gesellschaftlich wünschenswerte Missionen und Ziele formulieren.

Ostasien holt in riesigen Schritten auf: Gerade Südkorea und China haben in den vergangenen zehn Jahren in Sachen Patentqualität einen enormen Sprung nach vorne gemacht.

1. EINLEITUNG

China und seine ostasiatischen Nachbarstaaten, allen voran Südkorea, haben in den vergangenen knapp 20 Jahren einen Erfindergeist an den Tag gelegt, der seinesgleichen sucht. Vor allem China, das zu Beginn dieses Jahrtausends in den meisten Technologien als Entwickler nicht existent war, hat sich spektakulär auf die vorderen Ränge katapultiert. In vielen Zukunftstechnologien steigert Ostasien seine Innovationskraft mit einer Dynamik, die nicht nur die Europäer*innen, sondern in einigen Fällen auch die lange mit Abstand dominanten USA hinter sich lässt. Nordamerika hält zwar insgesamt noch die Führung in den wichtigsten Innovationsfeldern, ist jedoch weit weniger dynamisch als seine Wettbewerber aus Ostasien. Europa und Deutschland stagnieren oder fallen zurück und können sich nur in wenigen Bereichen behaupten, vor allem dort, wo sie einst stark begonnen haben. Genau in diesen Nischen haben sie die besten Chancen, auch künftig international mitzuhalten, und können deshalb – aller asiatischen Stärke zum Trotz – verhalten optimistisch sein. Bemerkenswert ist zudem, dass Staaten abseits der drei Weltregionen Ostasien, Nordamerika und Europa in den letzten 20 Jahren kaum an Boden gewinnen konnten.

Das ist – in wenigen Worten – das Ergebnis der vorliegenden Studie. Sie verdeutlicht, wie stark sich die internationalen Kräfteverhältnisse im Bereich des geistigen Eigentums verschieben, der für den Erfolg von Wissensgesellschaften zentral ist. Wir schließen damit eine Wissenslücke: In welchen Ländern und Regionen befinden sich die meisten bedeutungsvollen Patente, die „Weltklassepatente“, in zentralen Zukunftstechnologien? Welche Länder und Regionen verfügen damit über ein besonders großes Potenzial – die politischen Rahmenbedingungen vorausgesetzt – künftig mit eigenen leistungsfähigen Produkten und innovativen gesellschaftlichen Lösungen zur Wertschöpfung beizutragen? In welchen

Wirtschaftsbereichen können sie besonders glänzen und wo ist ihre Entwicklung weniger Erfolg versprechend? Die Entwicklung der Patente ist besonders relevant, weil Urheberrecht und Innovationsvermögen im internationalen Wettrennen um Handelsstärke und Wirtschaftskraft immer mehr ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken.

Unsere Studie ist nicht die erste, die Patente als einen Indikator für gesellschaftliche Innovationsfähigkeit genauer analysiert. Unser Ansatz unterscheidet sich aber von den bisherigen darin, dass er die großen qualitativen Unterschiede berücksichtigt, die es zwischen verschiedenen Patenten gibt (siehe Box „Patente vs. Weltklassepatente“). Eine rein quantitative Betrachtung darüber, in welchem Land die meisten Patente angemeldet werden, greift zu kurz, um aussagekräftige Ergebnisse zur Patentstärke eines Landes zu ermitteln. Daher verwenden wir einen

In welchen Ländern und Regionen befinden sich die meisten bedeutungsvollen Patente, die „Weltklassepatente“, in zentralen Zukunftstechnologien?

Ansatz, der sich auf Weltklassepatente in Zukunftstechnologien konzentriert: Im Zeitraum von 2000 bis 2019 betrachten wir nur jene Patente, die besonders oft bei anderen Patentanmeldungen zitiert und in vielen Märkten angemeldet wurden. Sie betreffen zudem lediglich relevante Technologien, die das Potenzial haben, Wirtschaft und Gesellschaft zu verändern und bei der Bewältigung großer Herausforderungen zu helfen. Diese Betrachtungsweise ist im Hinblick auf die Innovationskraft von Ländern und Regionen besonders aussagekräftig. Da die Patent-

BOX 1

Patente vs. Weltklassepatente

China hat gezielt in seine Technologieentwicklung investiert und bei seinen Patentanmeldungen einen gewaltigen Sprung gemacht. Was die Patentanzahl generell angeht, hat China in der Tat schwindelerregende Höhen erreicht und dabei Europa und sogar die USA abgehängt. Häufig wird jedoch unterschiedslos die Anzahl aller angemeldeten Patente angeführt, um die neue chinesische Stärke zu beschreiben. Aber sie allein sagt wenig aus, denn viele dieser Patente haben keinen großen Wert und verzerren daher das Bild.

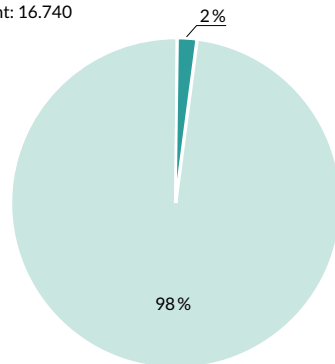
Anders sieht es bei den Patenten aus, die in ihren jeweiligen Technologien weltweit am wichtigsten sind. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie technologisch besonders relevant sind, eine breite Zahl an Märkten abdecken und häufig bei der Anmeldung anderer Patente zitiert werden. Das macht diese Weltklassepatente besonders aussagekräftig für die Innovationskraft von Ländern und Regionen.

Die Windkrafttechnologie ist ein gutes Beispiel, um die Diskrepanz zwischen der Masse aller Patente und der Auslese der Weltklassepatente aufzuzeigen: Insgesamt gab es 2019 bis zum 9. September weltweit 40.011 Windkraftpatente, 16.740 davon kamen aus China. Davon zählen wir – gemessen an ihrer Qualität und Relevanz – allerdings nur 300 zu den Weltklassepatenten. China hielt 2019 also rund 40 Prozent an den weltweiten Patenten in der Windkrafttechnologie insgesamt, der Anteil an den Weltklassepatenten war mit 6,6 Prozent allerdings deutlich niedriger. Wenn man diese Weltklassepatente in Relation zu den Patenten insgesamt setzt, hat China in dieser Technologie eine Forschungseffizienz von 1,8 Prozent. Andersherum gesagt: Von der beeindruckend hohen Zahl der 16.740 Windkraftpatente Chinas sind 16.440 zu vernachlässigen. Zum Vergleich dazu kommt Deutschland bis zum 9. September 2019 auf 958 Weltklassepatente in der Windkraft – bei 3.829 Patenten in dieser Technologie insgesamt.

CHINAS PATENTE

in der Technologie Windkraft (2019)

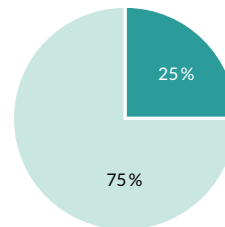
Gesamt: 16.740



DEUTSCHLANDS PATENTE

in der Technologie Windkraft (2019)

Gesamt: 3.829



■ Weltklassepatente ■ Keine Weltklassepatente

menge weltweit in jedem Land und in jeder betrachteten Zukunftstechnologie zunimmt, ist der Vergleich absoluter Patentzahlen nicht aussagekräftig. Dementsprechend liegt der Fokus dieser Analyse auf Entwicklung sowie Vergleich von Weltanteilen einzelner Länder und Ländergruppen. Die Jahresdaten weisen dabei jeweils das Patentportfolio eines Landes zum 31.12. (2019: 9.9.) aus. Weitere Details zur Ermittlung dieser Patente und zur Methodik der Studie finden Sie im Anhang.

Ein Kritikpunkt an der Betrachtung des Patentsystems ist, dass die Anmeldung und damit die Offenlegung einer Innovation zu Wettbewerbsnachteilen in besonders schnelllebigen Technologien führt und

Unser Fokus ermöglicht eine schonungslose Beurteilung der großen Volkswirtschaften, die in einem immer schärferen internationalen Wettbewerb zueinander stehen.

damit nicht sinnvoll ist. Dabei wird allerdings übersehen, dass Patente ein zeitlich befristetes Monopol gewähren und damit in erster Linie ein Verbotswort sind, d. h. sie verbieten potenziellen Konkurrenten in bestimmten Technologiebereichen tätig zu sein. Es kann also unternehmerisch fahrlässig sein, auf den Patentschutz zu verzichten, während die Konkurrenten den Patentschutz für sich reklamieren. Zudem zeigt sich, dass gerade in extrem schnelllebigen Technologiebereichen wie der Digitalisierung die Patentintensität am stärksten zunimmt.

Unser Fokus ermöglicht eine schonungslose Beurteilung der großen Volkswirtschaften, die in einem immer schärferen internationalen Wettbewerb zueinander stehen: Wo liegen die Stärken und Schwächen ihrer Technologieportfolios? Nur wer sie kennt, kann Innovationspotenziale entdecken und umsetzen, wo sie bereits vorhanden sind, oder sie schaffen, wo sie bislang noch fehlen. Wir begreifen die Innovationsfähigkeit eines Landes als Motor für seinen wirtschaftlichen Wohlstand und seine gesellschaftliche Entwicklung. Vor allem Neuerungen im hochtechnologischen Bereich sind elementar, um wettbewerbsfähig zu bleiben und drängende gesellschaftliche Herausforderungen zu lösen – mehr denn je, wo uns die Corona-Krise gewaltige innovative Lösungsansätze abverlangt. Staaten, die – nicht nur im Bereich Gesundheit – über große innovative Potenziale verfügen, sind dafür wesentlich besser gerüstet.

Wir betrachten im Folgenden zum einen die drei Weltregionen, die bei Innovationen in den wichtigsten Zukunftstechnologien herausragen: Ostasien, Nordamerika und Europa. Ostasien definieren wir dabei vereinfacht als China, Japan und Südkorea, Nordamerika schließt die USA sowie Kanada ein und mit Europa ist in der Regel die EU-27 gemeint. Wo hat Ostasien besonders aufgeholt, wo können Nordamerika und insbesondere die USA ihre dominante Position behaupten und wo finden die Europäische Union und Deutschland Anknüpfungspunkte für künftige Erfolge? Zum anderen beschreiben wir anhand der zentralen Schlüsseltechnologien, wie sich Innovationen entwickelt haben. Wir haben die Technologien grob danach geordnet, welche Bedeutung sie für die jeweiligen Weltregionen haben. Zu Beginn stehen die Bereiche, die besonders exemplarisch für den asiatischen Aufstieg sind. Darauf folgen die Technologien, in denen vor allem die amerikanische Führung weitgehend unangefochten bleibt. Schließlich schildern wir die Entwicklung der Technologien, die für die EU und Deutschland die größten Potenziale bieten. Ganz sauber lassen sich diese Trennlinien selbstverständlich nicht ziehen. In allen Technologien gibt es Ausreißer und Zwischentöne, auf die wir eingehen – u. a. in den Porträts von besonders patentstarken Volkswirtschaften, die wir in Form von Länderseiten immer wieder einfließen lassen.

Uns leiten bei dieser Studie insbesondere zwei Motive: Zum Ersten wollen wir das weltweite Innovationsgeschehen genau analysieren, um aufzuzeigen, wo vor allem Deutschland und Europa in diesem internationalen Wettstreit stehen und wie sie ihre Position behaupten oder ausbauen können. Zum Zweiten richten wir unseren Blick auf politische Entscheidungsträger*innen sowie gesellschaftliche und wirtschaftliche Akteur*innen und Mechanismen, die Innovationen besonders erfolgreich vorantreiben. Dafür stehen die beiden Projekte der Bertelsmann Stiftung, die maßgeblich an der Erarbeitung dieser Studie beteiligt waren:

I. Global Economic Dynamics (GED)

Das Ziel des Projektes „Global Economic Dynamics“ (GED) ist es, wichtige internationale wirtschaftliche Entwicklungen zu identifizieren, zu analysieren und Handlungsoptionen für ihre nachhaltige und inklusive Gestaltung zu entwickeln. Mit einer Mischung aus bewährten und innovativen sowie qualitativen und quantitativen wissenschaftlichen Methoden wollen wir gemeinsam mit starken Partner*innen aus der Forschung und Beratung bestehende Wissenslücken hinsichtlich der vielschichtigen Ausprägungen und komplexen Auswirkungen der Globalisierung schließen. Über traditionelle und soziale Medien, Workshops und Veranstaltungsreihen bringen wir unsere Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Handlungsvorschläge als Impuls in die nationale, europäische und internationale gesellschaftliche Debatte ein.

Wir konzentrieren uns dabei vor allem auf solche Trends, die besonders große Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit und die Teilhabechancen in Deutschland und Europa haben können und im öffentlichen Diskurs bislang keine ausreichende Berücksichtigung finden. Dazu gehören insbesondere Entwicklungen, die den Strukturwandel hin zu einer global eng vernetzten Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft entweder weiter stark beschleunigen (z. B. zunehmender globaler Datenaustausch oder Handel mit Dienstleistungen) oder abrupt abbremsen, vielleicht sogar zurückfahren können (z. B. sich verschärfende Wirtschaftskonflikte, makroökonomische Schocks oder ein nicht mehr leistungsfähiges oder zunehmend fragmentiertes internationales Handelssystem).

II. Innovationskraft stärken. Potenziale erschließen.

Innerhalb des Projektes „Innovationskraft stärken. Potenziale erschließen.“ suchen wir im Rahmen des Reinhard Mohn Preises nach beispielhaften Initiativen, Mechanismen und Strategien, die geeignet sind, die Innovationskraft in Deutschland und Europa zu fördern. Zum einen, um technologisch – und damit wirtschaftlich – wettbewerbsfähig zu bleiben. Und zum anderen, um unsere wirtschaftliche Entwicklung human, chancengerecht und demokratisch zu gestalten. Wir gehen dabei von der These aus, dass sich die beiden Paradigmen der „Stärkung von Innovationskraft und technologischer Wettbewerbsfähigkeit“ und der „gesellschaftlichen Problemlösung durch Innovation“ gerade in ihrer Verbindung gegenseitig positiv verstärken können.

Zwar schneidet Deutschland in internationalen Rankings zur Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit regelmäßig gut ab, doch trotz aller Stärken und wirtschaftlicher Kennziffern zeigt ein genauerer Blick, dass der Innovationsgrad in Deutschland und auch in Europa in den vergangenen Jahren eher abgenommen hat. Dies betrifft vor allem den Bereich der digitalen Schlüsseltechnologien. Zudem kommen aus Deutschland kaum disruptive Innovationen, also solche, die die Spielregeln auf dem Markt oder das Nutzungsverhalten von Verbrauchern grundlegend verändern. Dies ist nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht problematisch, sondern auch aus gesellschaftlicher. Denn vor allem in technologischen (Sprung-)Innovationen könnte die Antwort auf viele gesellschaftliche Herausforderungen unserer Zeit liegen. Diese Potenziale sollen in unserem Projekt zutage gefördert und dadurch erschließbar gemacht werden.

O S T

A S I

E N T

2. OSTASIEN

2.1 UMWELT

2.2 ENERGIE

2.3 ERNÄHRUNG

2.4 INFRASTRUKTUR

2. OSTASIEN

Ein Bild wird uns an vielen Stellen dieser Studie begegnen: Das Tempo der Forschung und Entwicklung in Ostasien – vor allem in China – ist so groß, dass die dominanten USA und die stabilen Europäer*innen nicht nur herausgefordert, sondern in einigen Zukunftstechnologien gar abgehängt werden. Ostasien schreibt aber nicht nur eine, sondern mindestens drei Geschichten: die Chinas, Südkoreas und Japans.

Zuerst ist es die Geschichte des dynamischen Chinas, das lange als „Werkbank der Welt“ und darüber hinaus höchstens dafür bekannt war, schnell, günstig und mitunter kunstvoll nachzuahmen, was an Neuerungen aus den USA und Europa auf den Markt kam. Doch diese Zeit ist vorbei. Die Produktion in China ist nicht mehr zu den Schleuderpreisen von einst zu haben. Imitate und Massenproduktion gibt es freilich noch, aber die chinesische Führung sieht die Zukunft des Landes woanders. 2015 hat sie das Innovationsvorhaben „Made in China 2025“ in die Wege geleitet, einen ambitionierten und mit umgerechnet rund 270 Milliarden Euro subventionierten Plan: China durch gezielte Forschung und Entwicklung in zentralen Wirtschaftszweigen wie Flugzeugbau, Elektromobilität oder Computerchipp Produktion an die Weltspitze zu bringen (vgl. Bertelsmann Stiftung 2018).

Jahre zuvor hatte China bereits alle anderen Staaten durch die Zahl seiner zum Patent angemeldeten Innovationen überholt. Viele davon waren aller-

dings minderwertige Massenpatente, die lediglich in China angemeldet worden waren und weltweit kaum Bedeutung erlangten. Doch die schiere Masse bringt auch immer mehr Klasse hervor. Ein Großteil der Forschung in China wurde durch Kooperationen mit westlichen Firmen angestoßen. Die Zahlen dieser Studie zeigen, dass China bei den Weltklassepatenten enorm zugelegt hat und mittlerweile in fast allen Technologien kräftig aufholt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Patente nicht nur im eigenen Land, sondern auch in wichtigen Auslandsmärkten angemeldet wurden und für die jeweiligen Branchen so wichtig sind, dass sie von anderen Patenten häufig zitiert werden.

In den wichtigsten Umwelttechnologien hat China nicht nur aufgeholt, sondern die einst führenden USA mittlerweile abgehängt. Im Recycling hält China ein gutes Viertel der Weltklassepatente, die USA landen

Das Tempo der Forschung und Entwicklung in Ostasien ist groß – vor allem in China.

mit gut 21 Prozent dahinter. In der Wasseraufbereitung hat China sich einen Patentanteil von 36 Prozent erkämpft und lässt die USA ebenso mit etwas über 22 Prozent zurück. Die Abfallwirtschaft wird mit über 23 Prozent der Patente ebenso von China angeführt, und damit immerhin einen Prozentpunkt vor den USA. Auffällig ist, dass China zu Beginn des Beobachtungszeitraums im Jahr 2000 hier so gut wie keine relevanten Patente vorzuweisen hatte. Das gilt auch für viele andere Technologiefelder. Seit 2010 legte die Zahl der chinesischen Weltklassepatente aber mit einem deutlichen Wachstum von teils über 50 Prozent im Jahresdurchschnitt zu. Insgesamt hat Ostasien mit einem Anteil von 46 Prozent an den Weltklassepatenten in der Umweltbranche die Innovationsführerschaft und den früheren Anteil der USA übernommen.

Ähnlich steile Aufstiegserfolge Chinas finden sich auch in den meisten anderen Technologien – wenn sie auch in den meisten Fällen noch nicht ausreichen, um die USA zu überholen. Diese immensen Fortschritte gelangen vor allem in Feldern, in denen der technische Anspruch überschaubar ist. Zum Beispiel bei Düngemitteln landete China 2019 bei 61,7

Prozent und ließ die USA mit 12,6 Prozent weit abgeschlagen hinter sich. Bei der Schädlingsbekämpfung hat China die USA mit einem Viertel der Patente ebenfalls leicht überholt. Erfolge erzielt es auch in relativ jungen Fachgebieten, in denen die Wettbewerber nicht von ihrer alten Stärke zehren können. Etwa in der Blockchaintechologie hält China einen Anteil von 33,5 Prozent und liegt damit knapp hinter den USA mit 35,6 Prozent. Deutschland hat sich von China in einigen Bereichen abhängen lassen, in denen es einst zur Führungsriege zählte oder zumindest Chancen darauf hatte, dann aber anteilmäßig entweder stagnierte oder verlor. Prägnante Beispiele dafür sind die Photovoltaik und die thermische Solarenergie.

Dass Unternehmen in China heute so viel Wert auf Forschung und Entwicklung legen, hängt z. T. auch mit der frühen Kooperation mit deutschen Unternehmen zusammen. Zum Beispiel stellte der chinesische Batteriehersteller CATL 2012 Batterien für ein Joint Venture des chinesischen Autobauers Brilliance und des deutschen BMW-Konzerns her und war gezwungen, den hohen Qualitätsanspruch durch kontinuierliche Kontrollen zu sichern. Heute arbeitet ein Fünftel der Belegschaft des Konzerns in der Forschung und Entwicklung. Die Qualität verbesserte sich durchgängig, sodass CATL Expert*innen zufolge den drei großen Konkurrenten aus Japan und Südkorea – Panasonic, Samsung und LG – nahekommt. Seinen ersten europäischen Standort baut CATL derzeit in Thüringen auf, um ab Anfang 2022 nah an den deutschen Abnehmern – wie z. B. BMW – Batterien zu produzieren. Hier schließt sich der Kreis: Nicht mehr China ist die „Werkbank der Welt“, sondern ein chinesisches Unternehmen verlegt eine seiner Werkbänke nach Deutschland – noch dazu mit einer Technologie, bei der Deutschland und Europa den Anschluss verloren haben. Einer Erhebung der EU-Kommission von 2017 zufolge kommen 85 Prozent der weltweit produzierten Lithium-Ionen-Batteriezellen, die in Elektroautos verbaut werden, aus Asien und nur 3 Prozent aus Europa. 2021 könnte der europäische Anteil demnach auf immer noch magere 5 Prozent zulegen (vgl. Eisenring 2019).

Dass Unternehmen in China heute so viel Wert auf Forschung und Entwicklung legen, hängt z. T. auch mit der frühen Kooperation mit deutschen Unternehmen zusammen.

Der Energietechnologiebereich ist auch deshalb interessant, weil er wie die Mobilitätsbranche und die digitale Infrastruktur zu den Sektoren zählt, die die zweite Geschichte Ostasiens erzählen: die weltweite Dominanz im Zusammenspiel mit den regionalen Nachbarn, vor allem mit Südkorea. Das Land hat in vielen Technologien ein ähnlich dynamisches Wachstum zu verzeichnen wie China, wenn auch auf deutlich niedrigerem Niveau. In der Batterietechnik, die rund die Hälfte des betrachteten Energiesektors ausmacht und somit dessen bedeutendster Faktor ist, hält Südkorea 11,8 Prozent der Patente, einen Prozentpunkt mehr als China. In den digitalen Infrastrukturtechnologien punktet Südkorea vor allem bei dem neuen Mobilfunkstandard 5G und belegt mit gut 19 Prozent klar vor China den zweiten Platz hinter den USA. Gemeinsam haben die ostasiatischen Staaten in den Technologiefeldern Energie, Ernährung, Infrastruktur, Industrie und Umwelt die Führung bei den Innovationen übernommen.

Der Energiesektor bietet auch ein Beispiel für die dritte Geschichte Ostasiens: die ambivalente Rolle Japans. Etwa in der Batterietechnik ist Japan traditionell stark und hält dort trotz eines bescheidenen Wachstums mit gut 30 Prozent den weltweit größten Anteil an den Weltklassepatenten. Somit trägt es hier erheblich zur ostasiatischen Führung bei. Was aber auffällt: Dort, wo das einst noch mehr als heute zu den weltweit forschungsintensivsten Wirtschaftsstandorten zählende Land auch gegenwärtig noch punkten kann, lebt es vor allem von dieser alten Stärke. Hingegen hat Japan in anderen Technologiefeldern durch ein verlorenes Wirtschaftsjahr

zehnt abgebaut. Dadurch teilt es in vielerlei Hinsicht das Schicksal Europas, das einst in vielen Technologien eine bedeutende Position einnahm, heute aber in weiten Teilen abgeschlagen ist. In zentralen Digitalisierungstechnologien, wie z. B. Künstliche Intelligenz und Big Data, hat Japan den einstigen zweiten Platz hinter den USA weitgehend aus der Hand gegeben und auch im Vergleich zu den Wettbewerbern aus der Region klar verloren.

Südkorea hat in vielen Technologien ein ähnlich dynamisches Wachstum zu verzeichnen wie China.

Einen Lichtblick gibt es aber für Japan, denn die schlimmste Zeit scheint überwunden. In einigen Bereichen konnte das Land bereits wieder auf dem guten Fundament aufsetzen und ist dort dabei, sich zu erholen. Zu den Stärken Japans zählt etwa die Elektromobilität, wo das Land um 2010 sogar über die Hälfte der Patente auf sich vereinte und 2019 im internationalen Ländervergleich mit 41 Prozent klar die Führung innehatte. Beim intelligenten Verkehrsmanagement (Smart Traffic) sticht Japan trotz einiger Verluste mit gut 15 Prozent immer noch als klarer Zweiter hinter den doppelt so starken USA hervor. Und auch in der Industrie liegt Japan in den Technologien Smart Factory, Robotik und Prozessautomatisierung trotz kräftiger Anteilsverluste im Ländervergleich immer noch auf einem starken zweiten Platz.

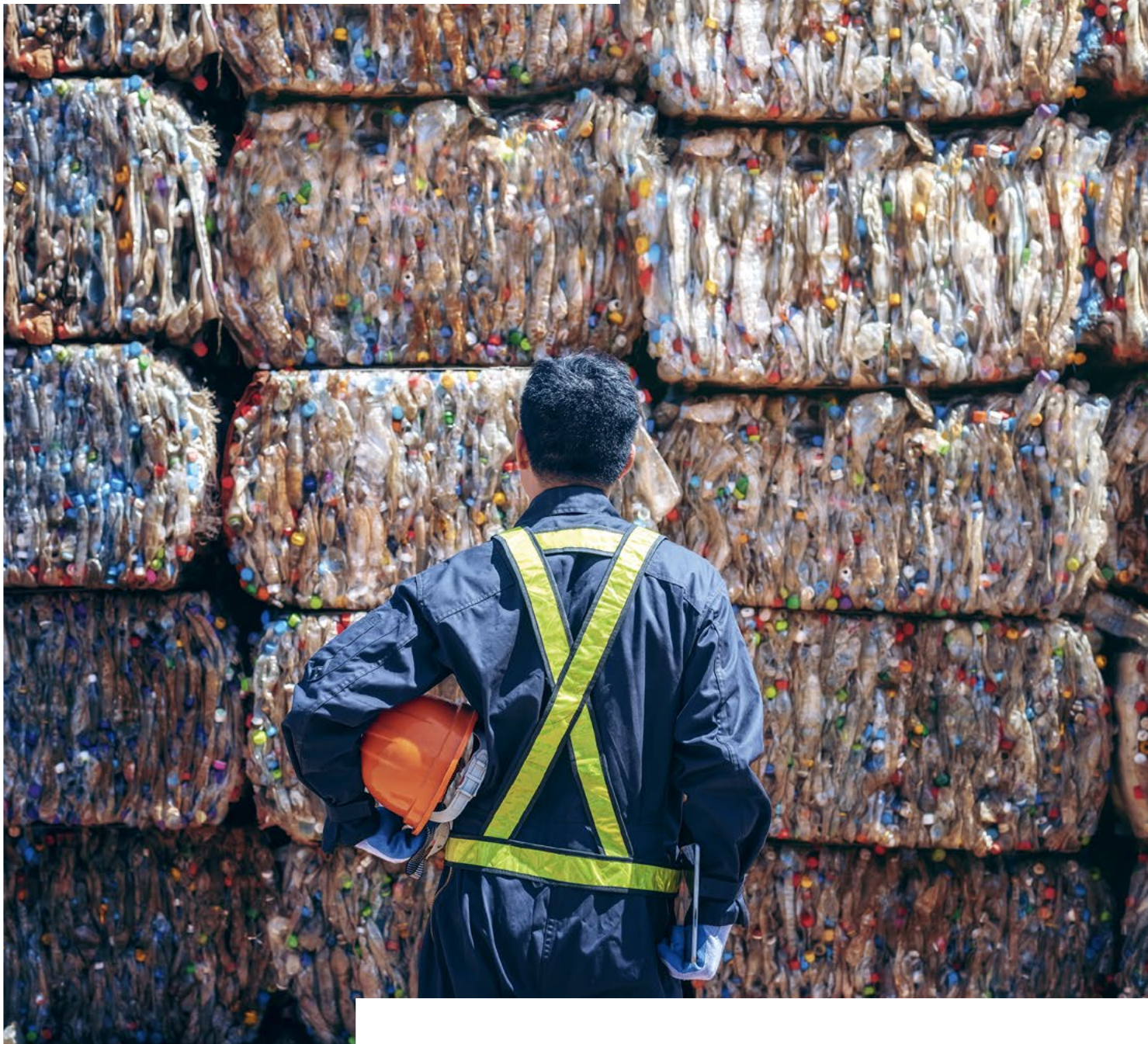


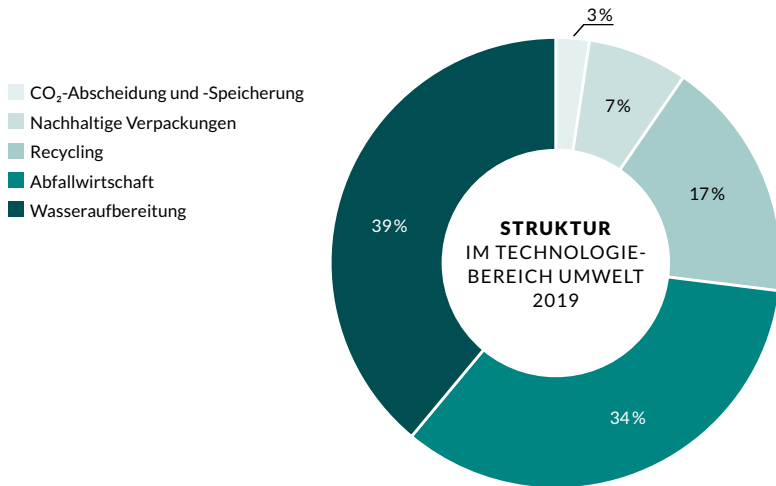
DEFINITION

Umwelttechnologien umfassen Kreislaufwirtschaft und Recycling sowie Ansätze zur Adaption an den Klimawandel. Themen wie Wasseraufbereitung, Abfallwirtschaft und Recycling profitieren von einem längerfristigen Fokus. Neuere Themen wie CO₂-Abscheidung und -Speicherung sowie nachhaltige Verpackungen befinden sich dagegen noch stärker in ihren Anfängen.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Umwelt:

- US2005031514.A1 – Abgasreinigungsanwendung
- US2008072762.A1 – Industrieller CO₂-Filter





2.1 UMWELT

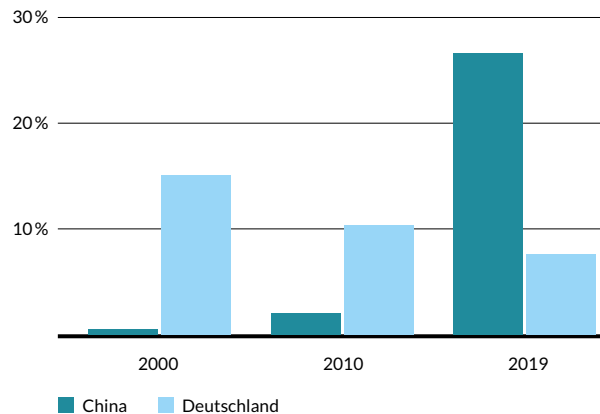
Recycling, Klimawandel und Nachhaltigkeit werden hierzulande heiß diskutiert, und zumindest moralisch dürften Deutschland und Europa eine Führungsrolle in Umweltfragen beanspruchen. Dass dieses positive Selbstbild zumindest zweifelhaft ist, offenbart schon ein genauerer Blick auf alltägliche Dinge wie unseren Umgang mit Müll. Deutschland sei keineswegs Weltmeister im Recycling, wie es Branchenvertreter*innen gern postulieren, mahnen Kritiker (vgl. Eisenring 2019). Und wenn es darum geht, wie wir den Umgang mit der Natur, dem Wasser, dem Klima oder unseren Abfällen durch technischen Fortschritt voranbringen, ist es mit der Spitzenposition erst recht nicht weit her: Die Dynamik bei Innovationen in Umwelttechnologien findet vor allem in Ostasien statt – allen voran in China. Nordamerika und die EU sind abgehängt.

Mit Umwelttechnologien beschreiben wir alles, was mit Kreislaufwirtschaft, Recycling und dem Umgang mit dem Klimawandel zu tun hat. Die größten Felder sind Wasseraufbereitung und Abfallwirtschaft, gefolgt vom Recycling. Besonders im letztgenannten Sektor ist der Wandel immens und stellt Europa und die USA vor gewaltige Herausforderungen. Deutsche Unternehmen beobachten mit wachsender Unruhe, wie rasant die Zahl chinesischer Patente in den Technologien Recycling und Abfallwirtschaft wächst (vgl. BDE 2018). War der chinesische Anteil an den welt-

weit führenden Patenten im Jahr 2000 mit 0,4 Prozent quasi nicht existent und auch zehn Jahre später mit 2,1 Prozent noch bescheiden, schoss er in den Jahren danach auf 26 Prozent. Insgesamt hat Ostasien 2019 mit 44,3 Prozent nahezu die Hälfte der Spitzenpatente in diesem Sektor zu verzeichnen. Damit hat sich die Region weltweit den Anteil erkämpft, den einst Nordamerika hielt. Deutschlands Anteil an den Innovationen im Recycling halbierte sich im Beobachtungszeitraum und rutschte von 15,1 auf 7,7 Prozent (Abb. 1).

ABBILDUNG 1
RECYCLING

Anteile von Weltklassepatenten



Die Entwicklung ist politisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich brisant, weil China nicht nur seine Innovationen ankurbelt, sondern mit wachsendem Wohlstand auch seine Rolle neu definiert. Lange war das Land der größte Abnehmer von westlichem Plastikmüll. Ab 2018 aber stoppte Peking die Einfuhr von insgesamt 24 Stoffen, was die hiesige Abfallwirtschaft weitgehend unvorbereitet traf – schließlich basierte deren hohe Recyclingquote auch darauf, dass ein Teil vor allem der Plastikabfälle exportiert werden konnte. So gibt das Umweltbundesamt an, dass knapp 40 Prozent des Verpackungsmülls in Deutschland recycelt werde. Die Heinrich-Böll-Stiftung und der BUND kommen aber, wenn sie u. a. die exportierten Abfälle abziehen, zu weitaus nüchterneren Zahlen: Nach dem von ihnen herausgegebenen „Plastikatlas 2019“ liegt die tatsächliche Wiederverwertung bei Kunststoffabfällen bei gerade einmal gut 15 Prozent (vgl. Heinrich-Böll-Stiftung und BUND 2019).

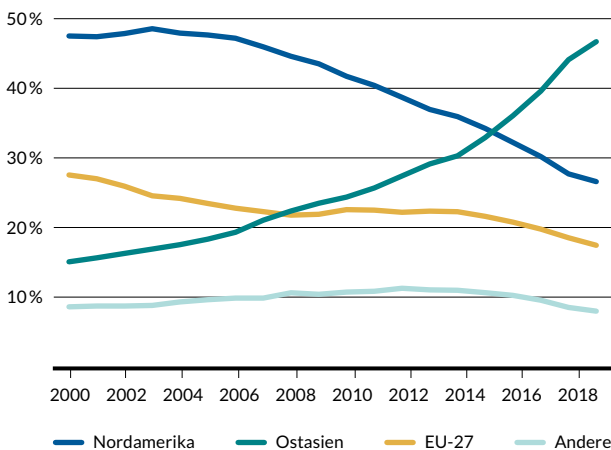
Durch das gestiegene chinesische Bewusstsein für Umwelt und Kreislaufwirtschaft sowie das neue Rollenverständnis Pekings wächst in den westlichen Industrieländern der Druck, Recyclingalternativen zu entwickeln – während die Dynamik dafür vor allem

in Ostasien stattfindet. China kommt zugute, dass es zumindest im Recyclingsektor um vergleichsweise niedrigschwellige Innovationen geht. Neuerungen bei Sortier- und Trennanlagen sowie Sammelbehältern sind einfacher zu entwickeln als Innovationen in komplizierten Hightechbereichen. Zu den Neuerungen in der Branche gehört auch die Idee, Recycling dezentral zu organisieren, etwa durch kleinere mobile Recyclinganlagen.

Ein ähnlicher Wandel wie im Recycling hat in den Umwelttechnologien insgesamt stattgefunden. Die Patentdynamik ist mit 16,4 Prozent Wachstum vor allem in Ostasien stark, während sie in Nordamerika und Europa wesentlich geringer ausfällt. Der Trend überall: China führt und hat die Zahl seiner Patente insgesamt so gut wie verzehnfacht. Japan zeigte in allen wesentlichen Umwelttechnologien zwischenzeitlich ein starkes Wachstum der Innovationen, stabilisierte sich 2019 aber ungefähr auf der Position, die es schon zu Beginn des Beobachtungszeitraums eingenommen hatte. Die Dynamik Japans ist also gering, die soliden Anteile an den Patenten in der Umwelttechnologie – 19 Prozent in der Abfallwirtschaft, 12,5 Prozent im Recycling und 10 Prozent in der Wasseraufbereitung – tragen aber zur starken ostasiatischen Position bei.

In den 27 EU-Mitgliedsstaaten hat die Zahl der weltweit relevanten Umweltpatente von 2010 bis 2019 um 5,7 Prozent pro Jahr zugenommen, in Nordamerika um nur 3,5 Prozent. Dieses vergleichsweise schwache Wachstum hat den weltweiten Anteil Nordamerikas kräftig schrumpfen lassen. Im Jahr 2000 machte er mit 46,9 Prozent noch fast die Hälfte aus. 2019 lag er bei 26,8 Prozent. In der EU dämpfte das leicht höhere Wachstum den anteiligen Abstieg etwas ab, von 27,9 auf 18 Prozent. Hingegen lag Ostasien 2019 mit einem Anteil von 46,2 Prozent auf der einstigen Position Nordamerikas und hielt somit die Technologieführerschaft (Abb. 2).

ABBILDUNG 2
UMWELT
Anteile von Weltklassepatenten





Anzahl der Technologien, in welchen China über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

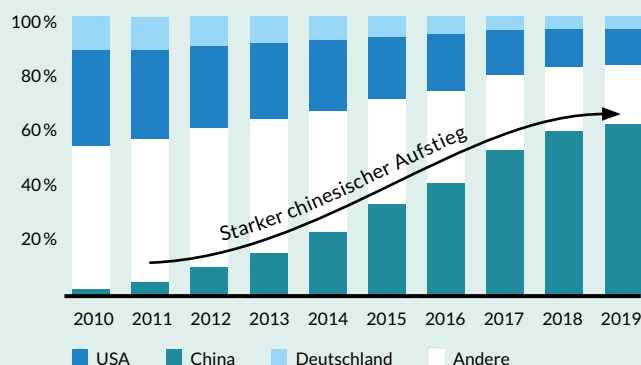
CHINA

SPITZENREITER IN UMWELT UND ERNÄHRUNG

In drei Umwelttechnologien – Recycling, Wasseraufbereitung und Abfallwirtschaft – hat China die Wettbewerber hinter sich gelassen und hält die meisten Weltklassepatente. In zwei Ernährungstechnologien, Biozide und Düngemittel, führt China ebenfalls. Bei den Düngemitteln liegt China sogar mit erheblichem Vorsprung vor allen anderen Staaten.

ABBILDUNG 3
DÜNGEMITTEL

Anteile von Weltklassepatenten



SCHWÄCHEN IM BEREICH GESUNDHEIT

Hier schafft es China nur bei einer der sieben Technologien (Präzisionsmedizin) in die Top 3.

STARKES WACHSTUM SEIT 2010

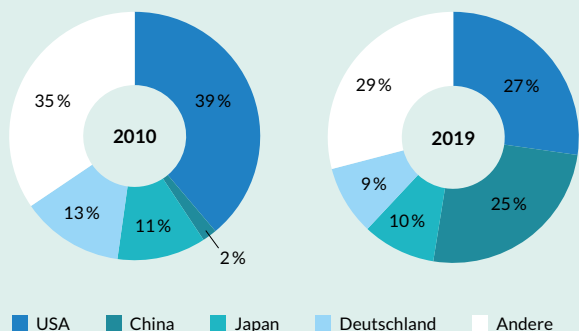
2019 rangierte China in 42 der 58 untersuchten Technologien unter den drei Ländern mit den meisten Spitzenpatenten. 2010 war es nicht ein einziges Mal unter den Top 3 vertreten, 2000 kein einziges Mal unter den Top 5.

GROSSES POTENZIAL IN DEN BEREICHEN ENERGIE, DIGITALISIERUNG UND INFRASTRUKTUR

Setzen sich die aktuellen Wachstumsraten fort, kann China hier bald die Spitzenposition der USA angreifen. In den neun untersuchten Energietechnologien hält China bereits sechsmal den zweiten Platz, bei der Digitalisierung steht es in vier von sechs Technologien an zweiter Stelle und in der Infrastruktur landet es bei insgesamt sechs Technologien fünfmal auf Platz 2.

ABBILDUNG 4
BAUWESEN

Anteile von Weltklassepatenten



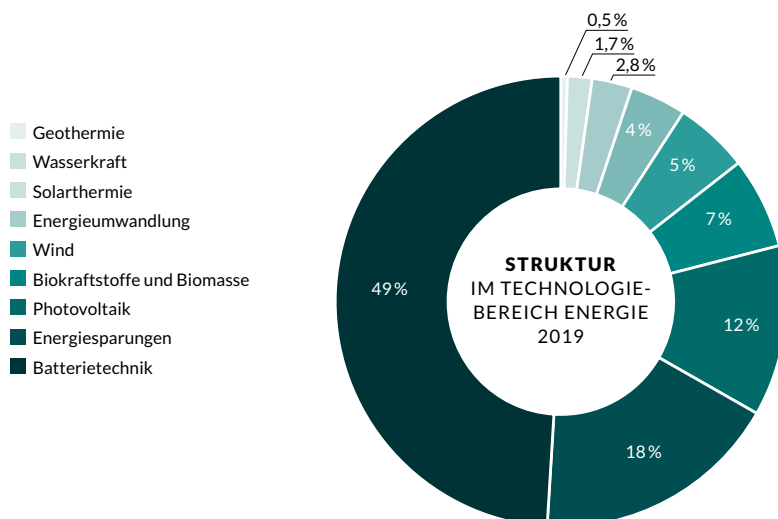
DEFINITION

Die Abkehr von fossilen Energieformen verschiebt den technologischen Fokus im Bereich Energie auf die erneuerbaren Technologien. In der Energieerzeugung sind Wind, Wasser, Erdwärme, Solar und Photovoltaik Teil der Definition. Hinzu kommen Energieinspartechnologien und Energieumwandlungstechnologien im Bereich der Solar- und Windenergie sowie die Energiespeicherung.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Umwelt:

- US2009096413.A1 - Induktive Ladetechnologie für tragbare elektronische Geräte
- US2010071979.A1 - Batteriesystem für elektrische Fahrzeuge





2.2 ENERGIE

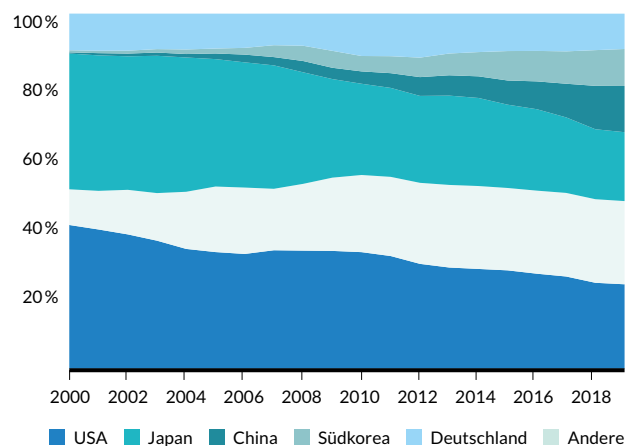
Die Solarenergie steht wie keine andere Branche dafür, wie Deutschland eine Spitzenposition aus der Hand gegeben hat. Von 2005 bis 2008 stellten deutsche Unternehmen mehr Solarzellen her als alle anderen (vgl. Haffert 2019). Als das letzte Werk des einstigen Vorzeigeunternehmens SolarWorld im Herbst 2018 geschlossen wurde, kam die Produktion im Land so gut wie zum Erliegen – während die Branche weltweit neue Rekorde jagte. Als Grund für den deutschen Abstieg führen Expert*innen u. a. an, dass deutsche Unternehmen – anders als in China – nicht gezielt in den Ausbau von Silizium-Photovoltaik gesetzt hätten (vgl. ebenda). Die gegensätzliche Entwicklung der beiden Länder lässt sich auch an den Patentzahlen ablesen. Deutschland erlebte um 2010 herum einen Aufschwung, der mit den Erfolgen der deutschen Solarbranche korrelierte. Im Spitzenjahr 2012 gingen hierzulande fast 8.000 Megawatt neu ans Netz, rund viermal so viel wie es heute jährlich sind (vgl. ebenda). Bis 2019 sank der deutsche Anteil an den Spitzenpatenten aber wieder auf 10 Prozent, den Wert, welchen Deutschland auch schon 2000 innehatte.

China hielt 2000 hingegen nur eine Handvoll Weltklassepatente in der Photovoltaik und hat Deutschland mit einem weltweiten Anteil von 13 Prozent mittlerweile klar überholt. Auch Südkoreas Wachstum ist beachtlich. 2000 hielt das Land keine zehn Pa-

tente, heute hat es Deutschland ebenfalls überholt, wenn auch nur knapp. Japan hat seinen Anteil an den Spitzenpatenten von 38,2 auf 19,4 Prozent zwar halbiert und teilt, was Wachstumsrate und Dynamik angeht, das Schicksal von Deutschland und den USA. Immerhin kann es im Ländervergleich aber noch den zweiten Platz hinter den USA halten, die auf einen Anteil von knapp 24 Prozent kommen (Abb. 5). Im Vergleich der Weltregionen hat Ostasien – auch dank der noch starken Position Japans – Nordamerika aber klar abgehängt.

ABBILDUNG 5
PHOTOVOLTAIK

Anteile von Weltklassepatenten



Kaum ein Sektor hängt so von Innovationen ab wie die Energie. Wenn die Energiewende gelingen soll, müssen effiziente Energieträger her. Zum Beispiel wurden einer Erhebung des Europäischen Parlaments zufolge 2017 in der EU 80 Prozent der Treibhausgasemissionen durch den Energiesektor verursacht (vgl. Europäisches Parlament 2018). Dagegen helfen nachhaltige Energiequellen, die weder Schadstoffe noch Treibhausgase ausstoßen: Wind, Wasser, Erdwärme, thermische Solarenergie und Photovoltaik. Außerdem kann ein Umstieg auf Elektromobilität als Alternative für den Verbrennungsmotor nur gelingen, wenn die Batterietechnik weiterentwickelt wird. Rund die Hälfte der Energiepatente entfällt auf Batterien. Batterietechnik ist, gemessen an der Innovationstätigkeit, somit der wichtigste Teil des Bereichs der Energietechnologien. Insgesamt hat sich die Zahl der Patente in den Energietechnologien in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht. Sie sind ein Beispiel für Ostasiens Innovationskraft – gut 45 Prozent der Weltklassepatente hielt die Region 2019, während Nordamerikas Anteil sich fast exakt gegensätzlich entwickelt hat und 2019 auf rund 29 Prozent gefallen ist. Die Europäische Union stagnierte über die Jahre weitgehend stabil bei rund 17,5 Prozent (Abb. 6).

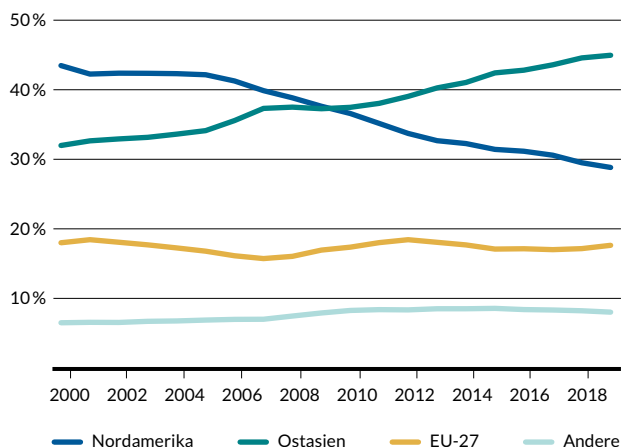
Ostasiens Stärke ist besonders im Feld der Energietechnologien nicht nur eine Erfolgsgeschichte Chinas. Im besonders innovationsgetriebenen Batteriesektor überzeugen vor allem Japan und Südkorea. Japan hatte hier bereits auf hohem Niveau begonnen und hielt seinen weltweiten Patentanteil von rund 30 Prozent nach einer zwischenzeitlichen Steigerung und lag 2019 damit vor den abgefallenen USA mit ihren rund 23 Prozent. Südkorea wuchs stark auf einen weltweiten Anteil von 11,8 Prozent, gefolgt von China mit 10,7 Prozent. China hatte allerdings auch hier so gut wie bei null angefangen und legte somit das stärkste Wachstum hin. Deutschland fiel von 9 auf 7,5 Prozent. Zwar gibt es Batteriehersteller, die mit „Made in Germany“ werben, aber meist wird hier nur das Akkupaket zusammengebaut. Die Batteriezelle, das innovative Herz der Akkus, stammt in der Regel von Unternehmen wie Samsung, LG Chem oder Panasonic aus Südkorea, Japan oder China.

Der einzige positive Ausreißer für Deutschland in den Energietechnologien ist die Windkraft. Hier hielt Deutschland 2019 rund 21 Prozent der weltweiten Spitzenpatente und zog damit mit den USA gleich. Diese Stärke Deutschlands trägt wesentlich dazu bei, dass die EU in dem Gebiet etwa die Hälfte der weltweit führenden Patente für sich verzeichnen kann. Ein Großteil der Patente ist dem Windanlagenhersteller Enercon zuzuschreiben, der den Unternehmenssitz Aurich damit zu einer der innovativsten Städte der Branche macht (vgl. Windmesse o. A.). Allerdings warnen Branchenvertreter*innen, dass die Windkraft in Deutschland ein ähnliches Schicksal erleiden könnte wie die Solarenergie. Enercon, das einst zu den Weltmarktführern gehörte, baut massiv Stellen ab. Bereits 2017 kam es zu drastischen Stellenstreichungen in der Branche. Sie klagt, dass durch Windkraftgegner, Naturschützer, Politik und Bürokratie die nächste Zukunftsindustrie in Deutschland ausgebremst werde (vgl. Handelsblatt 2018).

ABBILDUNG 6

ENERGIE

Anteile von Weltklassepatenten





Anzahl der Technologien, in welchen Japan über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

JAPAN

SPITZENREITER IN MOBILITÄT, ENERGIE UND MATERIALIEN

In jeweils einer Technologie (Elektromobilität, Batterietechnik, Funktionsbeschichtungen) aus den Technologiebereichen Mobilität, Energie und Materialien verfügt Japan über die meisten Weltklassepatente. In allen anderen Technologien aus diesen drei Bereichen belegt das Land mindestens einen Platz in den Top 5.

ABBILDUNG 7 ELEKTROMOBILITÄT

Technologien in denen Japan im internationalen Vergleich über den höchsten Anteil von Weltklassepatenten verfügt (2019)



SCHWÄCHEN IN GESUNDHEIT UND DIGITALISIERUNG

In jeweils drei Technologien der Bereiche Gesundheit und Digitalisierung hat Japan seinen Platz in den Top 5 verloren.

LANGSAMER ABSTIEG AUF HOHEM NIVEAU

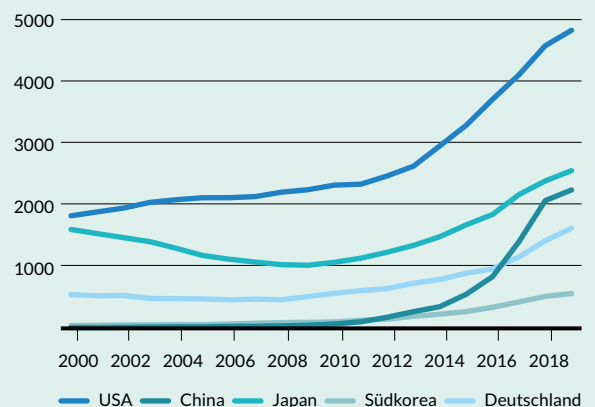
Japan belegte 2000 noch in 49 von 58 Zukunftstechnologien einen Platz unter den drei Ländern mit den meisten Weltklassepatenten. 2010 galt dies noch für 46 Zukunftstechnologien, 2019 nur noch für 38.

UNTER DRUCK IM BEREICH INDUSTRIE

Hier ist Japan traditionell stark und liegt noch in allen vier Technologien vor China und Südkorea, die aber mit größeren Wachstumsraten schnell aufholen.

ABBILDUNG 8 PROZESSAUTOMATISIERUNG

Anzahl von Weltklassepatenten



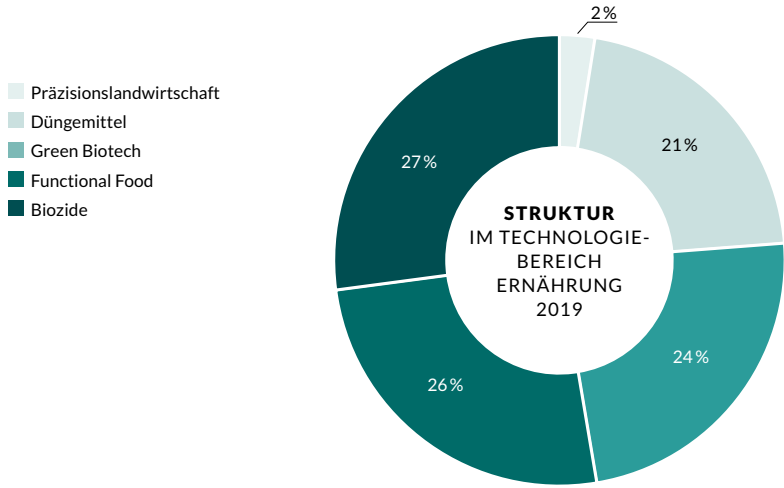
DEFINITION

Das Ziel des Technologiebereichs Ernährung ist eine effizientere Landwirtschaft zur Versorgung der Weltbevölkerung mit Lebensmitteln unter Einsatz von Pestiziden und Düngern sowie gentechnisch veränderten Pflanzen. Außerdem werden Technologien zur Anreicherung von Nahrungsmitteln mit zusätzlichen gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen berücksichtigt.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Ernährung:

- US2014323305.A1 – Modernes Fungizid zur Pilz- und Sporenabtötung
- US2003120054.A1 – Pestizid als Schädlingsbekämpfungsmittel





2.3 ERNÄHRUNG

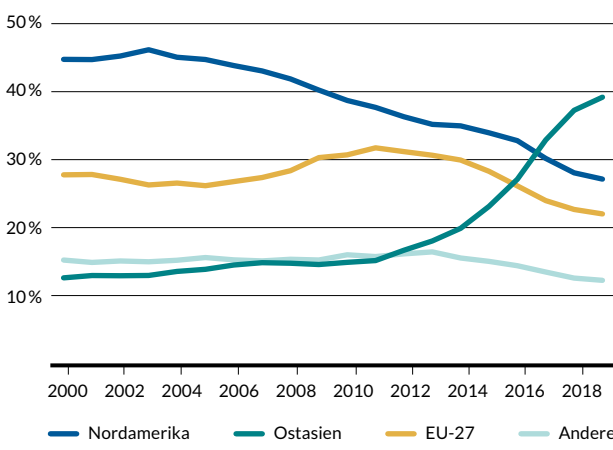
Wie Lebensmittel produziert und zubereitet werden, verändert sich laufend. Dieser Wandel wird derzeit besonders durch das Wachstum der Weltbevölkerung angetrieben, eine der weitreichendsten gesellschaftlichen Entwicklungen. 2050 werden den Prognosen der Vereinten Nationen zufolge über neun Milliarden Menschen auf der Erde leben (vgl. United Nations 2019). Zugleich verringert sich die Fläche, die zum Anbau von Landwirtschaftsprodukten genutzt werden kann (vgl. Umweltbundesamt 2019). Forschung und Entwicklung in den Ernährungstechnologien sollen helfen, Versorgung und Wachstum effizienter und nachhaltiger zu machen – z.B. durch Prozessoptimierung, Ressourcenschonung und weiterentwickelte Obst- und Gemüsesorten. Ein besserer Einsatz von Düngern und Pestiziden sowie die Nutzung von angereicherten oder gentechnisch veränderten Pflanzen versprechen höhere Erträge. In der Präzisionslandwirtschaft wird u.a. die Beschaffenheit von Böden mittels Satelliten aus dem Welt- raum analysiert. Dadurch können Landwirte besser auf die unterschiedlichen Anforderungen ihrer Fel- der und sogar innerhalb eines Feldes reagieren.

Durch Functional Food kommt zusätzliche Bewe- gung in den Nahrungsmittelsektor. Diese Lebens- mittel werden durch Zucht oder Zusätze angerei- chert, die u.a. als gesundheitsfördernd beworben werden. Functional Food ist ein weites Feld. Auf der

einen Seite gibt es in der Forschung bereits Schnitt- stellen mit der Pharmazie, z.B. beim therapeu- tischen Einsatz von Bakterien. Produkte wie Fleisch- ersatzstoffe könnten helfen, Ernährungsprobleme zu lösen und die Folgen von Massentierhaltung zu lindern. Auf der anderen Seite gibt es einen großen Functional-Food-Bereich, dessen Funktion vor allem darin besteht, dass Hersteller in den weitgehend ge- sättigten Lebensmittelmärkten der Industriestaaten neue Kaufanreize schaffen können. In vielen Fällen lässt sich der versprochene gesundheitliche Nutzen der zugesetzten Fettsäuren, Vitamine, Mineral- oder Ballaststoffe sowie Bakterien oder Pflanzenstoffe,

ABBILDUNG 9 ERNÄHRUNG

Anteile von Weltklassepatenten



wie Ginkgo und Aloe vera, nicht belegen. Verbraucherschützern zufolge tut Functional Food häufig vor allem dem Geldbeutel der Hersteller gut und weniger der Gesundheit der Verbraucher (vgl. Verbraucherzentrale NRW 2016).

Patente auf diese vermeintlich oder tatsächlich gesundheitsfördernden Nahrungsmittel sind bei Unternehmen beliebt. Das liegt vor allem daran, dass die entsprechenden Veränderungen von Pflanzen und Produkten mit verhältnismäßig niedrigem Aufwand möglich sind. Innovationen im Functional-Food-Sektor benötigen nur einen Bruchteil der Investitionen, die etwa für gentechnisch veränderte Pflanzen anfallen – und der Mehrwert ist dennoch groß. Die Entwicklung einer genetisch veränderten Pflanze kostet einen Konzern um die 100 Millionen Euro. Die Entwicklung eines Functional Food funktioniert schon ab 1,5 Millionen Euro (vgl. Matheis 2017).

Die großen Spieler der Branche nutzen Functional Food, um ihre Marktposition zu verbessern und eigene Sorten durchzusetzen. Die Patente auf die Züchterzeugnisse werden aber kontrovers aufgenommen und treffen teils auf Widerstand von zivilgesellschaftlichen Organisationen und Verbrauchern (vgl. Brücking und Hensge 2015). So zog z. B. das Unternehmen Syngenta Anfang 2019 nach einem Masseinspruch ein europäisches Patent auf angereicherte Tomaten zurück.

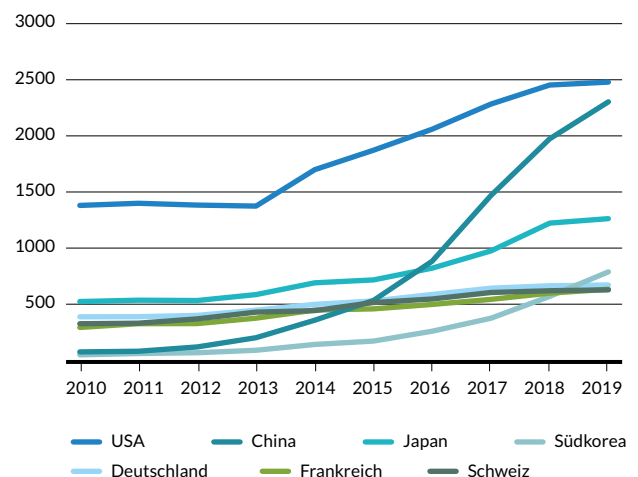
Die Forschung in den Ernährungstechnologien hat – wie in anderen Sektoren auch – vor allem in Ostasien an Dynamik gewonnen. Die Zahl der weltweit führenden Patente wächst hier jährlich im Durchschnitt um 20 Prozent. Die ostasiatische Lebensmittelindustrie profitiert dabei von der kaufkräftigen Mittelschicht, die ihre Nahrungsmittel zunehmend auch wegen der versprochenen Gesundheitseffekte aus-

wählt (vgl. Schmitt 2018). 2010 lag Ostasien bei den Patenten im Bereich der Ernährungstechnologien noch deutlich hinter Nordamerika und der EU, holte in der Folgezeit aber dank starker Wachstumsquoten vor allem in China und auch in Südkorea auf. Japans Anteil an Innovationen im Sektor war konstant hoch. Gemeinsam ließen diese Länder die anderen zwei großen Weltregionen mit Abstand hinter sich: 2019 entfielen auf Ostasien 39 Prozent der Weltklassepatente in den Ernährungstechnologien (Abb. 9). Dass jedoch auch im europäischen Markt Bewegung ist, offenbart vor allem ein genauere Vergleich der Technologien.

Auch die Nicht-EU-Staaten Schweiz und Norwegen tun sich in den Ernährungstechnologien hervor, die Schweiz besonders durch den Saatgut- und Agrarchemiehersteller Syngenta und den Nahrungsmittelkonzern Nestlé. Diese spielen etwa bei Functional Food eine große Rolle. Hier lag die Schweiz 2019 mit gut 5 Prozent ungefähr gleichauf mit Deutschland und Frankreich. Gemeinsam liegen die EU-Staaten hier noch vor Nordamerika. Im Ländervergleich führen die USA das Feld aber mit gut 20 Prozent an, knapp gefolgt von China mit rund 19 Prozent (Abb. 10).

ABBILDUNG 10
FUNCTIONAL FOOD

Anzahl von Weltklassepatenten



BOX 2

Vom Fleischersatz zum Fleischimitat

Eine sehr junge, aber äußerst zukunftssträchtige Technologie-Untergruppe innerhalb der Functional Foods ist jene zur Erstellung von Fleischersatz. Fleischersatz ist grundsätzlich kein neues Phänomen: Produkte wie Tofu, Tempeh und Seitan sind in Asien seit Jahrhunderten weitverbreitet. Während Fleischersatz früher vor allem preislich attraktiv sein musste bzw. Nahrungsmittelengpässe kompensieren sollte, stehen heute infolge der sich intensivierenden Debatte um mehr Tierwohl und stärkeren Klimaschutz auch ethisch-moralische und umweltpolitische Erwägungen im Vordergrund.

Damit haben sich auch die Anforderungen an das Produkt stark verändert. Gefordert ist nicht mehr nur ein Fleischersatz, sondern ein möglichst täuschend echtes Fleischimitat, das sogenannte Meat Analogue (oder auch Alternative Meat). Es soll Fleisch nicht nur als Lebensmittel ersetzen, sondern auch ähnliche Produkteigenschaften aufweisen und ähnlich zubereitet werden können. Jedoch ist die Entwicklung von Fleischimitaten mit einer hohen Ähnlichkeit zu echtem Fleisch in Bezug auf Textur, Geschmack, Aussehen und Geruch technologisch höchst anspruchsvoll.

Der Geschmack von Fleisch entsteht aufgrund eines Proteins (Häm), das im Blut und Muskelgewebe vorkommt und für den Sauerstofftransport zuständig ist. Der Stoff ist zwar auch in Pflanzen enthalten, aber in deutlich geringerer Konzentration. Um die Massenproduktion neuerer Fleischimitate sicherzustellen, wird Häm aus gentechnisch veränderten Hefen gewonnen. Aufgrund der noch nicht erteilten Zulassung als gentechnisch verändertes Lebensmittel sind einige neuere Fleischimitate gegenwärtig nicht in der EU erhältlich – Fleischersatz auf der Basis von Rote-Bete-Saft hingegen schon.

Traditionell ist der Markt von großen Nahrungsmittelherstellern wie Nestlé, Unilever, DuPont und Mars besetzt. Jedoch haben in den letzten Jahren kleinere Unternehmen Fortschritte erzielt, besonders durch die Weiterentwicklung des fleischähnlichen Geschmacks. Dazu gehören insbesondere die beiden kalifornischen Unternehmen Impossible™ Foods und Beyond Meat.

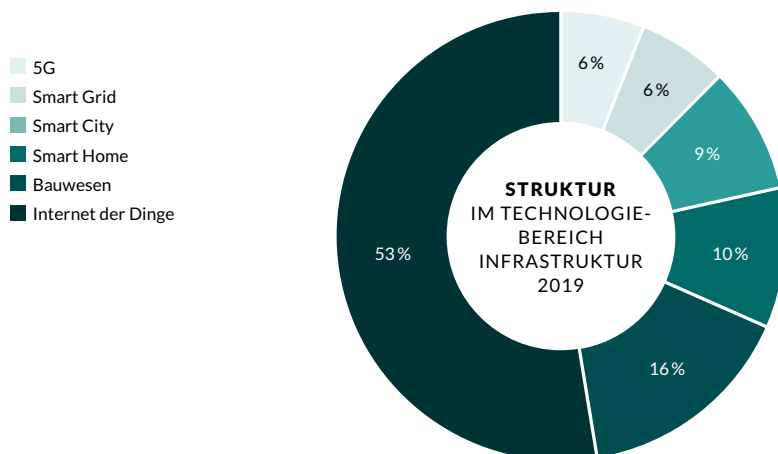
DEFINITION

Unter die Infrastruktur fallen sowohl physische Netzwerke als auch technische Infrastruktur. Dazu gehören insbesondere neue Kommunikationsnetze, aber auch komplexe Stadtentwicklungs- und Vernetzungssysteme.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Infrastruktur:

- US2014070957.A1 – Als Kleidungsstück tragbare Kommunikationsplattform im Rahmen des Internets der Dinge
- US2017331670.A1 – Methoden und Geräte für 5G-Netzwerkarchitektur





2.4 INFRASTRUKTUR

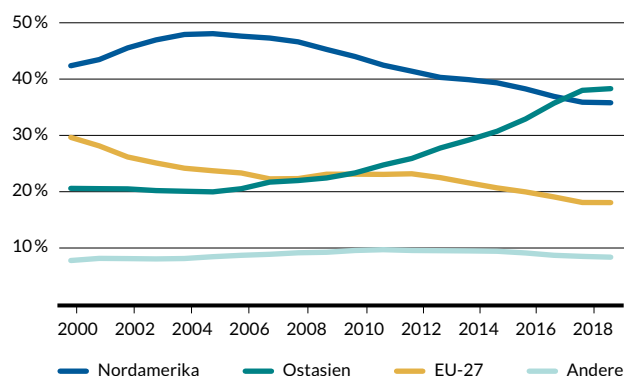
Wie sehr der technische Fortschritt in China den Westen nicht nur wirtschaftlich, sondern auch politisch aus dem Konzept bringt, wird durch den Streit um den Aufbau der 5G-Mobilfunknetze deutlich. Für den Ausbau der Netze kommen international bislang vor allem drei Unternehmen infrage: Neben den zwei altbekannten Europäer*innen Nokia und Ericsson gehört auch der chinesische Konzern Huawei dazu (vgl. Stacey 2019). Er hat sich vor allem durch den rasanten Aufstieg Chinas zu einem führenden Anbieter der Netzwerktechnologie entwickelt. In Deutschland sowie in vielen anderen westlichen Ländern fragt man sich nun allerdings sorgenvoll, ob Huawei sowie sein kleinerer inländischer Wettbewerber ZTE mit dem 5G-Ausbau beauftragt werden können. Huawei könne chinesischen Sicherheitsbehörden schließlich unbemerkt Zugriff auf die Netze seiner Kund*innen ermöglichen, warnen die Geheimdienste der USA und ihrer Verbündeten (vgl. Kühl 2018). Deshalb drängen sie ihre westlichen Partner*innen dazu, Huawei vom 5G-Ausbau auszuschließen. Bundeskanzlerin Angela Merkel hat zwar die Devise ausgegeben, dass alle Anbieter*innen unvoreingenommen geprüft werden sollen. In der Regierung mehren sich aber die Stimmen, die Huawei lieber außen vor lassen wollen. Die Telekommunikationsunternehmen hingegen warnen, dass 5G ohne chinesische Komponenten nicht aufzubauen sei oder zumindest empfindlich teurer würde (vgl. Koch 2019).

Dieses Beispiel zeigt, welch mächtige Position sich China durch gezielte Innovationen in dieser Schlüsseltechnologie erkämpft hat: Ohne den chinesischen Anbieter wird es schwierig. Insgesamt hat Ostasien

bei den Anteilen an den Weltklassepatenten in den digitalen Infrastrukturtechnologien Nordamerika und die EU klar überholt. 2019 kamen 38,5 Prozent aller aktiven Weltklassepatente aus den ostasiatischen Staaten sowie 35,4 Prozent aus Nordamerika und 17,8 Prozent aus der EU, die beide deutlich Anteile eingebüßt haben (Abb. 11). Der neue Mobilfunkstandard 5G steht exemplarisch für das, was diese Infrastrukturtechnologien leisten sollen: Menschen, Maschinen und Gebrauchsgeräte aller Art miteinander verbinden. Das Internet der Dinge soll immer mehr Geräte ans Internet anschließen, mit hoher Geschwindigkeit, schnellem Verbindungsaufbau und möglichst geringem Stromverbrauch. Der hohe Datenaustausch soll die Voraussetzungen für eine autonome Mobilität, die Industrie 4.0 mit digitalisierten Produktionsprozessen und eine digital vernetzte Gesundheitsversorgung schaffen. Technische,

ABBILDUNG 11
INFRASTRUKTUR

Anteile von Weltklassepatenten



wirtschaftliche und letztlich gesellschaftliche Entwicklungen werden wesentlich auf dieser Technologie basieren. Sich in diesem Gebiet Schwächen zu leisten, würde also sektorenübergreifend Entwicklungschancen vereiteln und möglicherweise unerwünschte Abhängigkeiten schaffen.

Die Innovationen in den hier ausgewählten Infrastrukturtechnologien haben vor allem ab 2010 an Dynamik gewonnen. Wir fassen darunter alles zusammen, was die Vernetzung von Menschen, Produkten und Maschinen vorantreibt. Dazu gehören neben den neuen Kommunikationsnetzen auch komplexe Stadtentwicklungs- und Vernetzungssysteme. Neben 5G und dem Internet der Dinge sind das die Smart City, das Smart Home sowie intelligente Stromnetze, sogenannte Smart Grids, und eine Reihe von Innovationen im Bausektor, die wesentlich mit CO₂-Reduktion, Klimatisierung sowie Feuer- und Erdbebensicherheit zu tun haben.

Das Internet der Dinge machte 2019 mit 35 Prozent den mit Abstand größten Teil der Infrastrukturtechnologien aus. Die Entwicklung in diesem Sektor zeigt eine enorme Aufholjagd Chinas und in Teilen auch Südkoreas, während die Vereinigten Staaten und die Europäische Union bei nur gut halb so viel Wachstum wie Ostasien Anteile einbüßten. Das höhere Wachstum in den ostasiatischen Staaten lässt erwarten, dass deren Vorsprung noch zunehmen wird.

Vor allem der Abbau der USA ist prägnant. Zur Jahrtausendwende dominierte Nordamerika die Innovationen in den genannten Infrastrukturtechnologien, bis 2005 hatte diese Region seinen Anteil an den weltweit

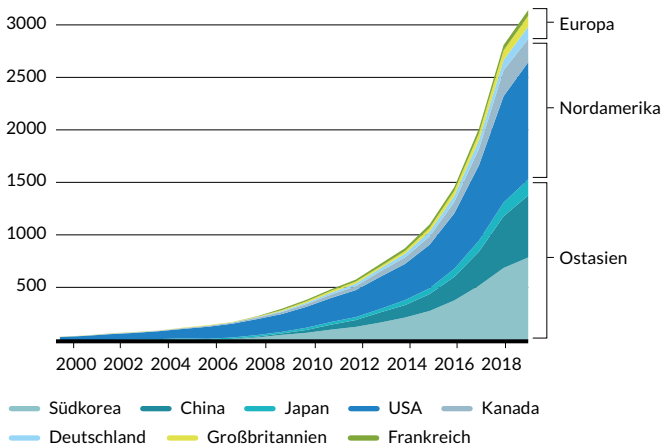
wichtigsten Patenten auf 48 Prozent ausgebaut. Mittlerweile ist er auf gut 35 Prozent geschrumpft. Die EU verzeichnete im Jahr 2000 noch rund 30 Prozent der neuen Patente im Sektor. Seither ist der Anteil auf gut 18 Prozent im Jahr 2019 gesunken. Die Mitgliedsstaaten haben zwar eine ähnliche Wachstumsrate wie die USA, sind aber auf einem niedrigeren Niveau gestartet und dementsprechend weitgehend abgeschlagen.

Auffällig ist auch die starke Entwicklung Südkoreas. 5G und die damit verbundenen Technologien sind neben der chinesischen vor allem eine südkoreanische Erfolgsgeschichte mit teils sogar höheren Marktanteilen. Bei der 5G-Technologie lag Südkorea bei Betrachtung der Einzelstaaten 2019 mit einem Anteil von gut 19 Prozent zwar hinter den USA, aber vor China mit rund 14 Prozent – wobei bei chinesischen Unternehmen wie Huawei auch die Netzwerkschnittstellen stärker im Fokus stehen, also die Verbindungen von Netz und Endgeräten (Abb. 12). Südkoreanische Unternehmen befassen sich vor allem mit der Umsetzung von 5G und den benötigten Endgeräten. Und Südkorea hat einen Sensationserfolg auf seiner Seite: Während andere Länder noch überlegen, wen sie mit dem Netzausbau beauftragen wollen, war Südkorea im April 2019 das erste Land weltweit, das Vollzug meldete: ein landesweites 5G-Netz. Der Start war zwar holprig und lückenhaft, aber erste Fehler wurden behoben (vgl. Kölling 2019).

Südkoreas Präsident Moon Jae-in kündigte zum Start des 5G-Netzes im April 2019 an, seine Regierung wolle in den folgenden vier Jahren umgerechnet rund 23 Milliarden Euro für den Ausbau des Netzes ausgeben (vgl. Waring 2019). Der Wettlauf bis zum 5G-Start ging mit vielen Neuentwicklungen einher und gab den heimischen Unternehmen Schub. So hielt etwa Samsung lange nur einen geringen Marktanteil in dem Segment, hat sich als Anbieter von 5G-Netzwerktechnik aber vorgekämpft und will die Skepsis des Westens gegenüber dem chinesischen Konkurrenten Huawei für sich nutzen. Südkoreanische Anbieter wollen im kommenden Jahr 5G-basierte selbstfahrende Shuttlefahrzeuge auf die Straße bringen, fünf Jahre später sollen 1.000 über 5G gesteuerte Busse fahren. Ein mit 5G ferngesteuerter Bagger wurde schon vorgestellt, dazu das erste holografische Navigationssystem mit Augmented-Reality-Elementen. Auch 5G-vernetzte Dating- und Karaoke-Spiele dürfen in Südkorea nicht fehlen. Das Internet der Dinge ist ein bedeutender Wachstumsmarkt in Südkorea. Das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen International Data Corporation schätzt, dass das Land bei den Investitionen in diesem Sektor weltweit zu den führenden fünf Ländern gehört (vgl. Hirschle 2019).

ABBILDUNG 12

5G
Anzahl von Weltklassepatenten





2. Plätze



1. Plätze



3. Plätze

Anzahl der Technologien, in welchen Südkorea über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

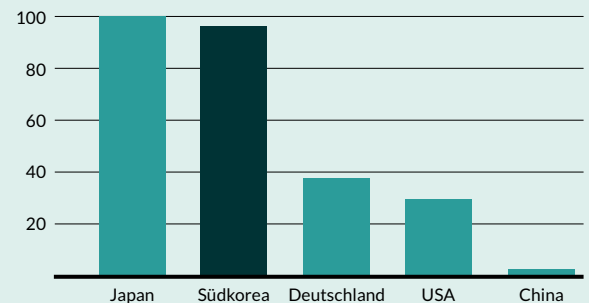
SÜDKOREA

STÄRKEN BEI ENERGIE, MATERIALIEN UND INFRASTRUKTUR

In diesen drei Bereichen gehört Südkorea in jeweils einer Technologie (Batterietechnik, Nanomaterialien, 5G) zu den drei führenden Ländern. Bei den Weltklassepatenten der 5G-Technologie liegt das Land sogar an zweiter Stelle.

ABBILDUNG 13 BATTERIETECHNIK

Weltklassepatente je 1 Mio. Einwohner (2019)



SCHWÄCHEN IN GESUNDHEIT, ERNÄHRUNG UND UMWELT

Trotz starken Wachstums schafft es Südkorea im Bereich Gesundheit keinmal und in den Bereichen Ernährung und Umwelt jeweils nur einmal (Functional Food, Wasseraufbereitung), einen der fünf ersten Plätze zu belegen.

ZWEI DEKADEN MIT STARKEM WACHSTUM

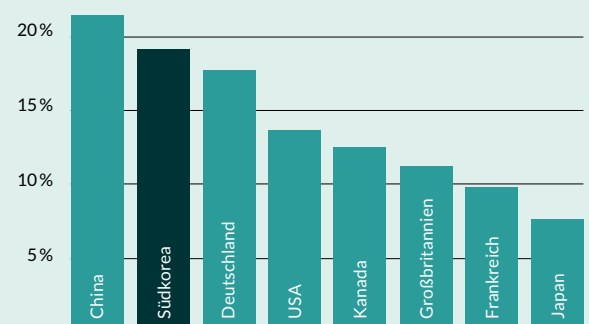
Südkorea belegte 2000 in keiner Zukunftstechnologie einen der ersten fünf Plätze. 2010 gehörte das Land schon 14-mal zu den Top 5, 2019 waren es schließlich stolze 29-mal, d. h., in der Hälfte aller betrachteten Technologien liegt Südkorea mit der Zahl seiner Weltklassepatente mindestens an fünfter Stelle.

GROSSES POTENZIAL IM BEREICH DIGITALISIERUNG

In den Technologien Künstliche Intelligenz, Big Data und Cloud Computing liegt Südkorea zwar noch nicht auf einem der ersten fünf Plätze, weist aber in den vergangenen Jahren sehr hohe Wachstumszahlen aus.

ABBILDUNG 14 CLOUD COMPUTING

Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von Weltklassepatenten (2016-2019)



NO

RD

ATMTE

RIIKA

3. NORDAMERIKA

3.1 DIGITALISIERUNG

3.2 SICHERHEIT

3.3 MATERIALIEN

3. NORDAMERIKA

Die USA sind nach wie vor mit Abstand der weltweit stärkste Innovationsstandort. Unter den zehn Unternehmen, die 2018 am meisten Geld für Forschung und Entwicklung (F&E) ausgaben, waren sieben US-amerikanische. Angeführt wird die von der Unternehmensberatung Ernst & Young zusammengestellte Rangliste von Amazon mit Forschungsausgaben von umgerechnet 24,4 Milliarden Euro in 2018. An zweiter Stelle steht der Google-Mutterkonzern Alphabet mit 18,2 Milliarden Euro, gefolgt vom südkoreanischen Samsung und von Microsoft (vgl. EY 2019).

Das einzige deutsche Unternehmen in den Top 10 ist Volkswagen mit gut 12 Milliarden Euro, dessen Platzierung die Entwicklung, die sich vollzogen hat, gut illustriert: Jahrelang führte der deutsche Autobauer die Liste an und wurde erst 2016 von den US-amerikanischen IT-Konzernen verdrängt. Vor allem sie sind es, die ihre Investitionen in Innovationen von Jahr zu Jahr massiv gesteigert haben, z. B. Amazon im Vergleich zu 2017 um 27 Prozent, Alphabet um 29 Prozent, Samsung um 11 Prozent und Microsoft um 13 Prozent. Apple stockte seine F&E-Ausgaben um 23 Prozent auf und liegt dadurch nun mit Volkswagen gleichauf, das seine Forschungsausgaben um vergleichsweise bescheidene 4 Prozent erhöhte.

Die Folgen dieser Entwicklung sind an den Weltklassenpatenten ablesbar, die aus den USA stammen. Besonders in den Technologiesparten, die am stärksten von der Digitalisierung betroffen sind, dominieren die USA, auch wenn sie Anteilsverluste verbuchen mussten. Hier spielen die großen amerikanischen IT-Unternehmen ihre Macht aus. Zum Beispiel in den Digitalisierungstechnologien entfallen mehr als die Hälfte der Spitzenpatente auf Nordamerika. Die USA führen mit einem Anteil von 45 Prozent in der Künstlichen Intelligenz und mit 50 Prozent in Big Data, weit vor China mit 16 bzw. 19 Prozent. Das Cloud Computing ist mit über 52 Prozent zu weiten Teilen in US-amerikanischer

Hand, und in der Virtual/Augmented Reality liegen die USA mit immerhin 40 Prozent vorn.

In der digitalen Infrastruktur ist Ostasien im Vergleich der Weltregionen zwar an Nordamerika vorbeigezogen, im Ländervergleich liegen die USA aber in allen Einzeldisziplinen wie 5G oder dem Internet der Dinge an erster Stelle – wenn auch mit weniger Abstand. Ebenso sieht es in den IT-basierten Sicherheitstechnologien wie Finanztechnologie und Zahlungsverkehr, Cyber-, Produkt- und Netzwerksicherheit sowie in den Authentifizierungs- und Identifizierungstechnologien aus, wo die USA um die 40 Prozent liegen und damit einen klaren Abstand zum zweitplatzierten China aufweisen. Zudem ist in Zukunftstechnologien wie dem autonomen Fahren, das die USA mit 40 Prozent deutlich vor Japan anführen, deutlich zu erkennen, dass IT-Konzerne wie Google mit seiner Mobilitätssparte Waymo das Geschäft angestammter Industrien durcheinanderwirbeln. Die stärksten Impulse setzen hier bisher nicht traditionelle Autoproduzent*innen, die ihr Geschäft digitalisieren, sondern Digitalexpert*innen, die neue Einsatzgebiete für ihre IT erobern.

Auch im Gesundheitssektor, wo die zukunftssträchtigen Technologien mehrheitlich von den großen Pharmaunternehmen und in Sparten wie der digitalen Medizintechnik auch von den Spitzenunternehmen der IT-Branche erforscht werden, können die USA ihre Führung bei leichten Anteilsverlusten verteidigen. Neben den führenden Unternehmen kommen den USA dabei auch ihre herausragenden Universitäten zugute.

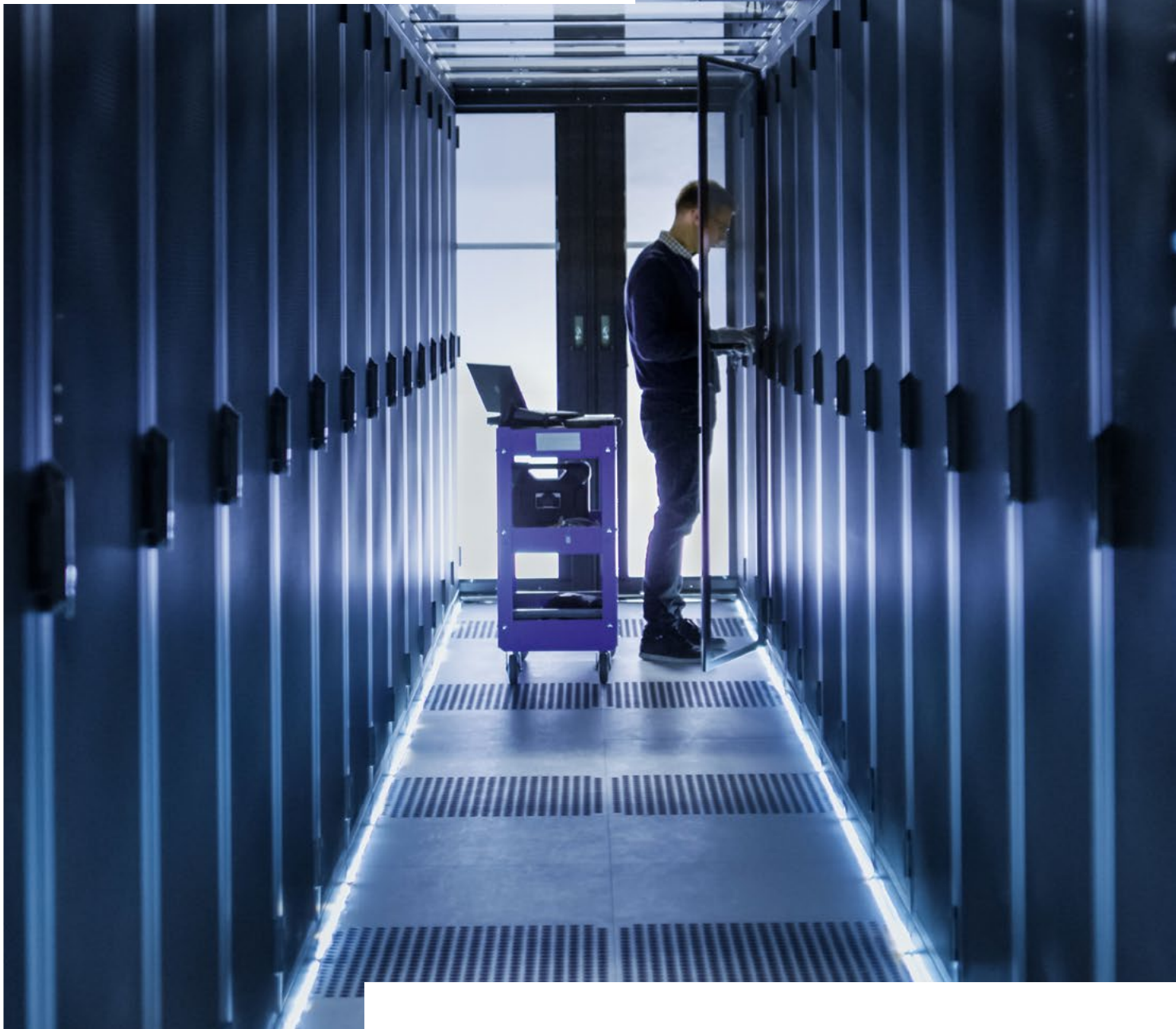
Aber die USA müssen wachsam sein. In den meisten Technologien legt China ein stärkeres Wachstum hin als die USA, dynamischer als Europa ist es ohnehin. Es wird in einigen Zukunftssparten deshalb voraussichtlich keine Frage sein, ob China die USA überholt, sondern nur, wann es das tut.

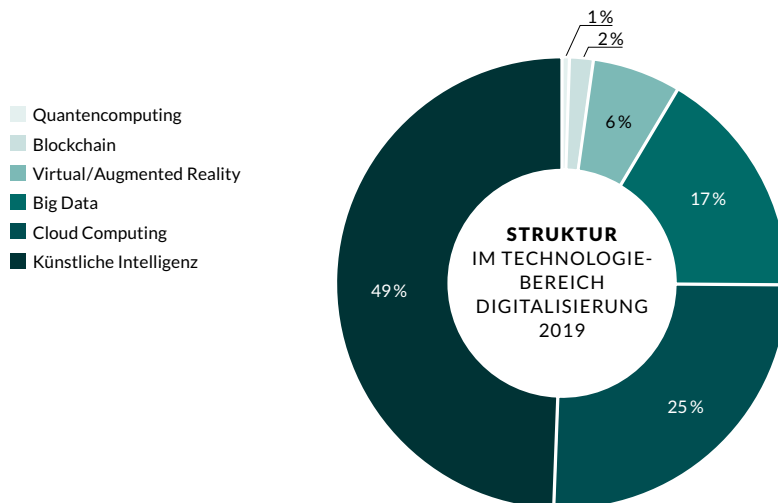
DEFINITION

Grundsätzlich ist Digitalisierung ein Bereich für Querschnittstechnologien, die ihre Wirkung im Zusammenspiel mit anderen Technologien entfalten. Die hier betrachteten Digitalisierungstechnologien sind besonders fortschrittlich: KI, Cloud Computing, Big Data, Quantencomputing, Blockchain und Virtual/Augmented Reality führen im Sinne der digitalen Transformation zu neuen Produkten und Prozessen an der Schnittstelle zwischen Digitalisierung und anderen Technologien, weshalb der Bereich Digitalisierung in andere Technologiebereiche deutlich hineinwirkt.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Digitalisierung:

- US2008174570.A1 – Multi-Touch-Display
- US2015205126.A1 – Systeme und Methoden für Virtual und Augmented Reality





3.1 DIGITALISIERUNG

Im Vergleich mit allen anderen Technologiefeldern verzeichnen die Digitalisierungstechnologien das höchste Wachstum an Weltklassepatenten: Um rund 18 Prozent pro Jahr nimmt ihre Zahl von 2010 bis 2019 weltweit zu. Entsprechend gibt es heute schon doppelt so viele Spitzenpatente in dem Gebiet wie noch vor fünf Jahren. Das dynamischste Wachstum legt auch hier Ostasien an den Tag: durchschnittlich 26,5 Prozent pro Jahr seit 2010. Allerdings gibt es im Fall der Digitalisierung einen wesentlichen Unterschied: China und seine Nachbarn können den USA noch nicht das Wasser reichen. Nordamerika führt das Feld mit mehr als der Hälfte aller Weltklassepatente deutlich an. Salopp gesagt ist die alte Weltordnung in der Digitalisierung noch intakt – wobei der Anteil Nordamerikas allerdings auch hier kontinuierlich abgenommen hat: Vor 15 Jahren lag er noch bei knapp 65 Prozent. Die EU liegt mit einem Patentanteil von rund 11 Prozent an dritter Stelle, hinter Ostasien mit 28 Prozent (Abb. 15). Kein anderer Technologiebereich wächst so rasant, und auch die Europäer*innen verzeichnen hier eine hohe Wachstumsrate von gut 16 Prozent jährlich seit 2010 – mehr als in allen anderen Technologiebereichen. Das reicht jedoch noch nicht aus, um Anteile in diesem Technologiebereich gutzumachen.

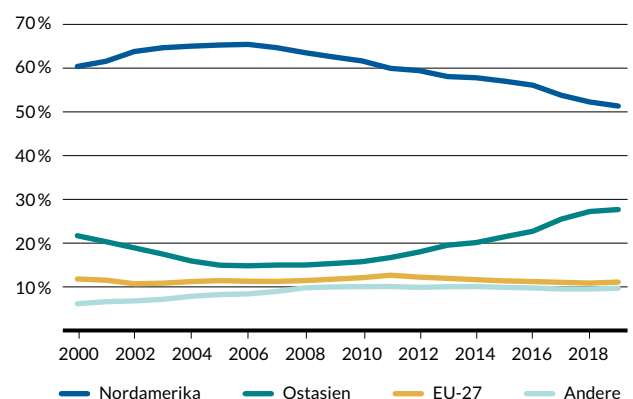
Dies ist für Europa ein Grund zur Sorge, denn den Technologien, die wir unter Digitalisierung zusammenfassen, fällt eine ähnliche Bedeutung zu wie der Vernetzung durch den neuen Mobilfunkstandard 5G oder der Entwicklung des Internets der Dinge. Sie ist eine Querschnittstechnologie, auf der ein wesentlicher Teil der weiteren wirtschaftlichen und techno-

logischen Entwicklungen aufbaut. Ohne in der Digitalisierung mitzuhaltenden, wird weiterer Fortschritt womöglich schwierig, denn ihre tatsächliche Wirkung entfaltet sie im Zusammenspiel mit anderen Technologien: Die Fortentwicklung der Wirtschaft hin zur vernetzten Industrie 4.0, die moderne Gesundheitsversorgung, die zeitgemäße Energiegewinnung sowie die autonome Mobilität hängen davon ab. Was wir unter dem Sammelbegriff Digitalisierung analysieren, beinhaltet besonders bedeutende Technologien, die im Sinne der digitalen Transformation zu neuen Produkten und Prozessen führen.

Die wichtigste Technologie in diesem Sinne ist die Künstliche Intelligenz, gefolgt von Cloud Computing und Big Data. Künstliche Intelligenz beschreibt die Automatisierung verschiedener technologischer

ABBILDUNG 15
DIGITALISIERUNG

Anteile von Weltklassepatenten



Prozesse, die ein hohes Maß an Selbstständigkeit verlangen und in der Regel maschinelles Lernen beinhalten. Auch sie ist also streng genommen keine eigene Technologie, sondern ein Sammelbegriff. Obwohl die Künstliche Intelligenz für viel Aufmerksamkeit sorgt und futuristisch anmutet, gehen die Konzepte einiger Algorithmen, die heute Anwendung finden, bis in die 1970er-Jahre zurück. Sie kommen erst jetzt zum Zug, weil die technischen Möglichkeiten heute die Verarbeitung von Daten in der benötigten Menge erlauben.

Die Kompetenz in der Künstlichen Intelligenz, das ist nicht zuletzt an der Verteilung der Spitzenpatente abzulesen, konzentriert sich momentan bei den großen IT-Unternehmen aus den USA wie IBM, Microsoft, dem Google-Mutterkonzern Alphabet und Intel sowie bei einigen asiatischen Unternehmen wie Huawei, Baidu und Samsung. Die Marktmacht der Großen hat sich stetig erhöht. In Europa halten höchstens Konzerne wie Siemens und Philips den Anschluss. Als Standort für Weltklassepatente dominieren entsprechend die USA mit einem Anteil von 45,5 Prozent das Feld, was etwa 14.840 Patenten im Spitzensegment entspricht. China kommt hier auf 15,7 Prozent, legt aber – quasi aus dem Nichts kommend – mit 46,6 Prozent Wachstum pro Jahr seit 2010 die mit Abstand rasanteste Dynamik hin. Japan hat erhebliche Anteile eingebüßt und kommt heute auf rund 7 Prozent im Vergleich zu rund 24 Prozent im Jahr 2000. Deutschland lag 2019 bei rund 4 Prozent (Abb. 16).

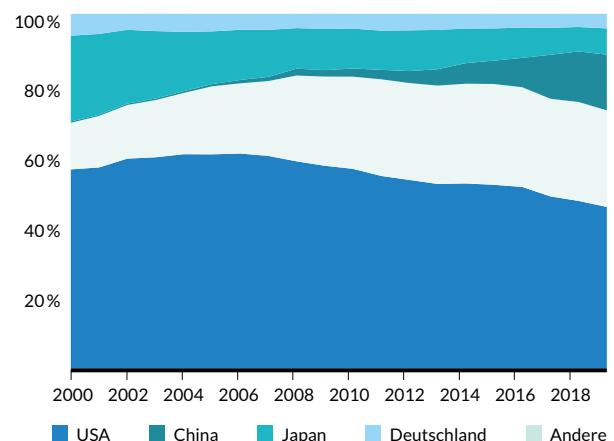
Bemerkenswert ist die relative britische Stärke im Feld der Digitalisierungstechnologien von durchgehend rund 3,5 Prozent in allen Teilbereichen. Das ist ein Faktor, der mit dem Ausscheiden Großbritanniens aus der EU sowohl für die Briten als auch für die verbleibenden 27 EU-Staaten zum Problem werden könnte. So ist im Feld der Künstlichen Intelligenz heute ein Drittel der europäischen Unternehmen britisch. Viele US-amerikanische Unternehmen forschen in Großbritannien. Die britischen Universitäten haben große Bedeutung für die Forschung im Land. Hinzu kommen Start-ups aus dem universitären Umfeld, die innovativ sind und teils von den großen Konzernen aufgekauft werden. Die britische Politik hat für die Künstliche Intelligenz große Ziele formuliert und Finanzspritzen zugesagt, um den

Sektor zu stärken. London soll nach den Vorstellungen seines Bürgermeisters zum globalen KI-Zentrum werden. Branchenexpert*innen des McKinsey Global Institute zufolge ist Großbritannien besser aufgestellt als die EU-Staaten, um die Chancen des sich noch entwickelnden KI-Sektors zu nutzen. Bislang mangelt es aber an der Umsetzung von Forschungsergebnissen (vgl. McKinsey Global Institute 2019). Im Rest der EU findet KI schon eine breitere Anwendung bei Unternehmen. In all dies platzt der Brexit. Sollte die europäische Forschungskooperation im Zuge dessen erschwert werden, könnte Großbritannien um die Teilnahme an europäischen Programmen und womöglich um seine Funktion als europäischer Brückenkopf für außereuropäische Unternehmen gebracht werden.

Zur Digitalisierung zählt auch eine Technologie, die in den vergangenen Jahren besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat: Blockchain. Da dieses Feld noch sehr jung ist, setzte eine nennenswerte Dynamik dort allerdings erst ab etwa 2013 ein. Das Wachstum ist rasant, und die Entwicklungen lassen sich hier momentan eher von Monat zu Monat verfolgen als über die Folge von Jahren. Die USA hatten bis 2014 mit einem Anteil der Weltklassepatente von fast 70 Prozent vorgelegt, in den Folgejahren konnte China allerdings aufschließen. Insgesamt liegt Ostasien heute im Vergleich der Weltregionen mit 41,7 Prozent vor Nordamerika, das 37,8 Prozent hält. Die EU hat ihren Anteil im Verlauf dieser fünf Jahre von 10,5 auf 8,5 Prozent leicht verringert.

ABBILDUNG 16
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Anteile von Weltklassepatenten





2. Plätze



1. Plätze



3. Plätze

Anzahl der Technologien, in welchen Kanada über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

KANADA



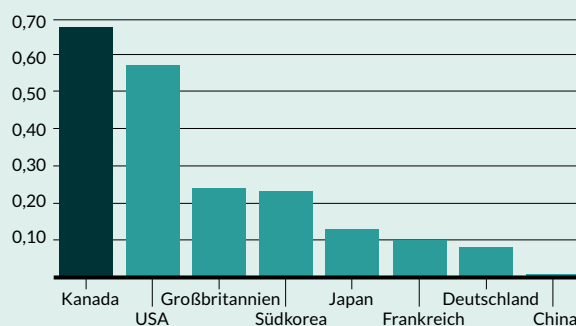
STARK IN DER DIGITALISIERUNG

Kanada ist zusammen mit Großbritannien nach den Vereinigten Staaten das stärkste westliche Land im Bereich Digitalisierung. Beim Quantencomputing halten nur die USA mehr Weltklassepatente. In drei weiteren der sechs Technologien des Bereichs Digitalisierung liegt Kanada mindestens an fünfter Stelle.

ABBILDUNG 17

QUANTENCOMPUTING

Weltklassepatente je 1 Mio. Einwohner (2019)



SCHWACH BEI MATERIALIEN

Vor allem in diesem Bereich, aber auch bei Mobilität, Ernährung, Industrie und Umwelt ist Kanada in den letzten Jahren zurückgefallen oder war darin noch nie besonders stark. In keiner der Technologien dieser Bereiche zählt das Land heute (noch) zu den fünf führenden Ländern.



EINMAL HOCH UND WIEDER RUNTER

2000 belegte Kanada in zehn Technologie einen Platz unter den Top 5. 2010 lief das Land bereits in 26 Technologien in der Fünferspitze mit (besonders weil es Frankreich und Schweden überholt hatte). 2019 waren es nur noch neun (vor allem durch den Aufstieg Chinas und Südkoreas).



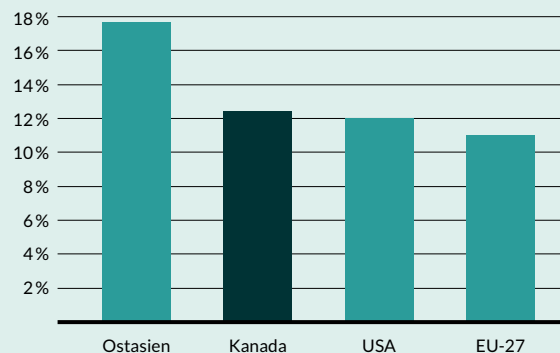
POTENZIAL BEI INFRASTRUKTUR

Kanada verfügt über relativ viele Weltklassepatente im Bereich Infrastruktur und dürfte hier auch in den kommenden Jahren von seiner Stärke in der Digitalisierung profitieren – denn dadurch sind weitere Fortschritte in den Infrastrukturtechnologien zu erwarten.

ABBILDUNG 18

SMART CITY

Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von Weltklassepatenten (2010-2019)



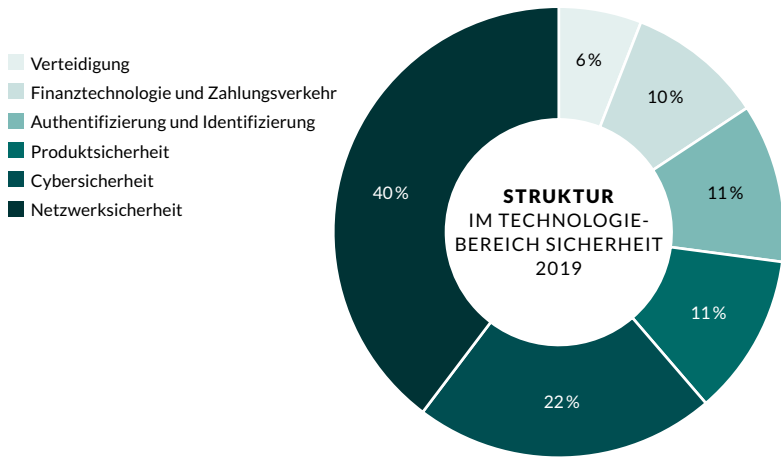
DEFINITION

Sicherheit umfasst eine Vielzahl von Technologien, die zum Schutz von Informationen und Endprodukten eingesetzt werden. Dazu gehört die Herstellung von Banknoten, Reisepässen und Medikamentenverpackungen, der sichere Zugriff auf und die sichere Verwendung von Daten in Netzwerken mittels Firewalls, Antivirensoftware, Verschlüsselung und anderer Maßnahmen sowie die Authentifizierung von Personen und Gegenständen in der digitalen Welt.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Sicherheit:

- US2017005804.A1 – Blockchain-basierte Fintech-Zahlungsmethoden
- US2009083847.A1 – Authentifizierungslösung für elektronische Geräte wie Smartphones





3.2 SICHERHEIT

Die fortschreitende Digitalisierung der Arbeits- und Lebenswelt mit ihren zunehmenden virtuellen Kontakten und vernetzten Systemen stellt Wirtschaft und Gesellschaft vor ein Problem: Wie lässt sich verifizieren, ob die Menschen, Unternehmen und Produkte, mit denen wir es zu tun haben, echt und Netzwerke sicher sind, dass Informationen zutreffen und Zahlungsmittel den versprochenen Wert haben und nicht gefälscht werden können? Kurz: Wie schafft eine digitalisierte Welt Sicherheit? Dafür gibt es eine Reihe von Technologien, die zum Schutz von Informationen und Endprodukten eingesetzt werden.

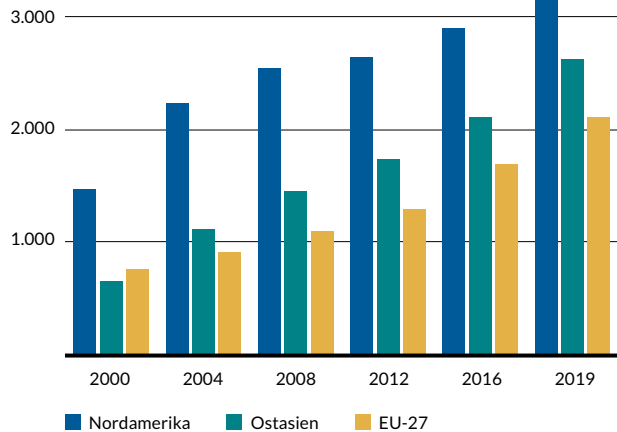
Für Unternehmen ist es von entscheidender Bedeutung, ihren Kund*innen glaubhaft machen zu können, dass ihre Produkte authentisch und sicher sind. Zu diesen zählen etwa Markenkleidungsstücke ebenso wie Medikamentenverpackungen, und auch die Herstellung von Banknoten und Reisepässen fällt unter die Produktsicherheit. Netzwerksicherheit soll vor allem gewährleisten, dass Daten geschützt werden. Durch die digitale Transformation finden sich in Unternehmen und Privathaushalten immer mehr vernetzte Geräte, smarte Heizungen, Sprachassistent*innen oder intelligente Kühlschränke – jeweils mit den entsprechenden Fragen nach digitaler Produktsicherheit und Verbraucherschutz. Welche Daten werden wohin gesendet? Wie kommunizieren Geräte untereinander? Wie sicher ist ein digita-

les Gerät vor Angriffen? Dazu dienen u. a. Firewalls, Antivirensoftware und Verschlüsselungstechnik. Darüber hinaus müssen Personen und Gegenstände wie Mobiltelefone, Fahrzeuge und andere Gegenstände in der digitalen Welt authentifiziert werden. Auch die militärische Sicherheit ist ein wesentlicher Teil der Technologien.

Besonders im Feld der klassischen Produktsicherheit zeigen Deutschland und die EU robuste Stärke. Die 27 EU-Staaten hatten zwar vorübergehend An-

ABBILDUNG 19
PRODUKTSICHERHEIT

Anzahl von Weltklassepatenten



teile verloren, lagen 2019 aber wie schon im Jahr 2000 bei einem Wert von gut 23 Prozent aller Weltklassepatente. Deutschland kam über den gesamten Messzeitraum konstant auf einen Wert um 11 Prozent (Abb. 19). Zu den weitgehend unangefochtenen deutschen Spezialitäten zählt die Geldscheinsicherheit. Die Frage ist allerdings, zumindest bei einem Teil solcher Sicherheitstechnologien, wie lange sie noch gebraucht werden. Wenn alte Technologien wie Geldscheine verschwinden, fällt auch diese europäische Bastion der klassischen Produktsicherheit. Schon heute werden analoge Produkte durch digitale Technik authentifiziert. Zum Beispiel im Diamantenhandel kommt schon Blockchain zum Einsatz, um sicherzustellen, dass die Steine nicht aus Konfliktregionen stammen.

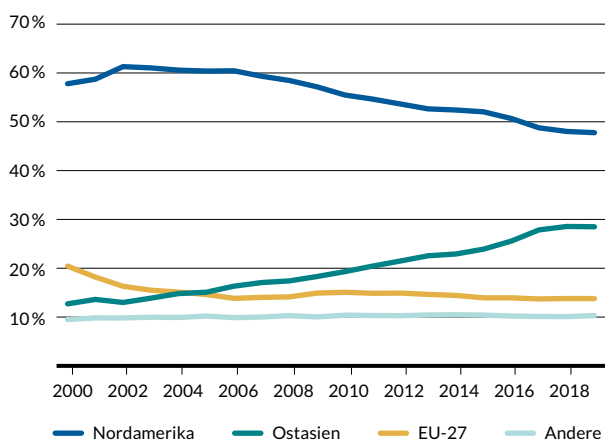
Mit der zunehmenden Digitalisierung der Sicherheitstechnologien öffnet sich das Feld für Wettbewerber aus Ostasien. Ohnehin bauen China und seine Nachbarn ihren Anteil in dem Feld mit einer Rate von rund 13 Prozent zwar nicht so rasant wie in anderen Technologien, aber immer noch überpro-

portional stark aus. Ihren Anteil konnten sie so auf 29 Prozent steigern. Nordamerika verzeichnet als führende Region einen klaren Anteilsverlust. Zunächst ging es von 2000 an noch zwei Jahre lang aufwärts: von knapp 58 auf rund 62 Prozent. Seitdem ist der Anteil aber kontinuierlich auf 47 Prozent in 2019 geschrumpft. Den Verbund der 27 EU-Staaten hat Ostasien bereits lange hinter sich gelassen. Die EU hielt im Jahr 2000 noch etwas mehr als ein Fünftel der Weltklassepatente und blieb 2019 unter 14 Prozent (Abb. 20).

Die Cyber- und Computersicherheit zeigt eindrücklich, wie die USA in ihrer einstigen Domäne Platz für andere machen müssen. Zur Jahrtausendwende dominierten die USA das Feld noch unangefochten. Damals hielten sie rund 70 Prozent der weltweit führenden Patente. 2019 waren es noch 46 Prozent gegenüber verhältnismäßig moderaten 15 Prozent Chinas. Zieht man aber in Betracht, dass China im Jahr 2000 verschwindend niedrig bei 0,1 Prozent lag, mit gerade einmal einem Spitzenpatent eingestiegen war und seitdem mit einer Dynamik von über 40 Prozent jährlichem Wachstum in das Feld bricht, steht zu erwarten, dass der Anschluss an Amerika früher oder später bevorsteht. Die EU hielt ihren Anteil im Verlauf der 19 Jahre bei nur leichten Schwankungen weitgehend konstant. Deutschland blieb ebenso stabil bei 2,6 Prozent, Frankreich büßte hingegen Anteile ein und landete 2019 bei 1,8 Prozent – im Jahr 2000 waren es noch 4,5 Prozent.

ABBILDUNG 20
SICHERHEIT

Anteile von Weltklassepatenten





Anzahl der Technologien, in welchen die USA über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügen.

USA

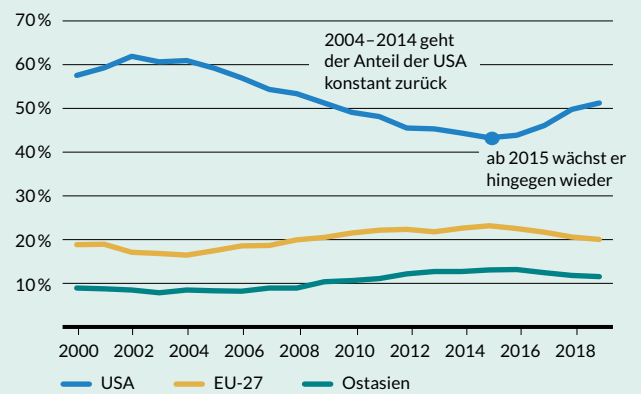


FAST ÜBERALL SPITZENREITER

In 50 von 58 Technologien verfügen die Vereinigten Staaten über die meisten Weltklassepatente. Besonders groß ist der Vorsprung in den Bereichen Gesundheit und Sicherheit.

ABBILDUNG 21
PRÄZISIONSMEDIZIN

Anteile von Weltklassepatenten



SCHWÄCHEN IN ERNÄHRUNG UND UMWELT

Wenn man überhaupt von Schwächen sprechen kann, dann vor allem in den Technologiebereichen Ernährung und Umwelt. Hier mussten die Vereinigten Staaten bei zwei bzw. drei Technologien ihre Führung an China abgeben.



LANGSAMER ABSTIEG AUF HOHEM NIVEAU

Im Jahr 2000 hielten die Vereinigten Staaten in 55 von 58 Technologien die Spitzenposition, 2010 waren sie 54-mal führend, 2019 nur noch 50-mal.

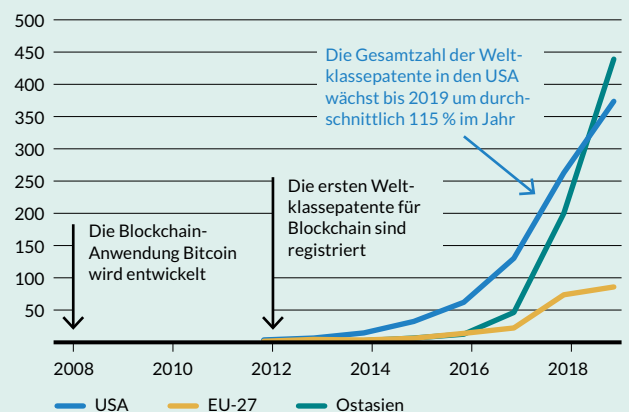


MAL MEHR UND MAL WENIGER DYNAMIK

In zentralen Querschnittstechnologien rund um das Thema Digitalisierung wächst die Zahl der amerikanischen Weltklassepatente immer noch äußerst dynamisch. Die USA können auch als einzige Industrienation bei ganz neuen Technologien mit China mithalten. In anderen Bereichen wie Umwelt weisen die USA die schwächsten Wachstumsraten unter den großen Volkswirtschaften auf.

ABBILDUNG 22
BLOCKCHAIN

Anzahl von Weltklassepatenten



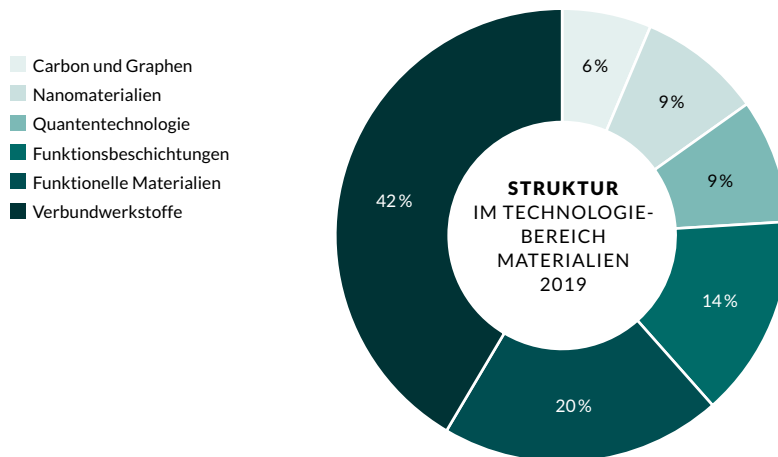
DEFINITION

Die Entwicklung neuer Werkstoffe und neuer Materialien wird im Wesentlichen von der chemischen Industrie getrieben. Von besonderer Bedeutung sind funktionale Materialien mit bestimmten Eigenschaften wie Leitfähigkeit (Strom, Wärme), Elastizität, Zähigkeit, Langlebigkeit, Leuchtkraft oder Reflexion. Diese Materialien können kristallin oder metallisch sein, und sehr oft sind es Polymere. Inzwischen werden immer mehr Verbundstoffe eingesetzt, die verschiedene Eigenschaften in einem Material verbinden können (z. B. Kohlefaserwerkstoffe).

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Materialien:

- US6911271.B1 - Elektrolumineszente Materialien für organische Leuchtdioden (OLED)
- US2008170982.A1 - Multifunktionelle Nanomaterialien





3.3 MATERIALIEN

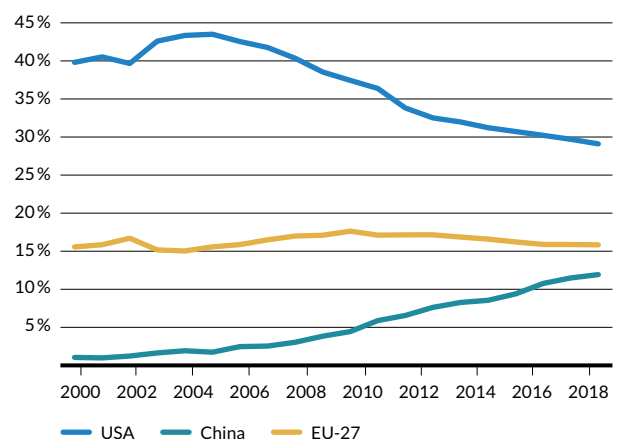
Materialien mögen nicht so offensichtlich eine wichtige Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung sein wie etwa die Digitalisierung oder schnellere Netzwerke. Aber verschiedene Verbundstoffe, funktionale Materialien oder Beschichtungen sind für Innovationen in vielen Teilen der Wirtschaft unabdingbar. Moderne Werkstoffe machen Solarzellen und Kraftwerke effizienter und senken den Kraftstoffverbrauch von Autos und somit die Emissionen. Elektromobilität wird durch sie sogar erst möglich. Sie setzen – etwa durch langlebige Implantate – neue medizinische Maßstäbe. Nachhaltige Stoffe gewinnen zunehmend an Bedeutung. Neue Materialien, die Strom oder Wärme leiten können, besonders elastisch oder zäh sind, extra langlebig oder leuchtend, kommen häufiger und vielfältiger zum Einsatz. Oft lassen sich verschiedene Eigenschaften in einem Material verbinden.

Die beispielhafte Betrachtung von Carbon und Graphen zeigt, wie gemischt das Feld der Innovationen im Bereich der Materialien mitunter noch verteilt ist. Die EU konnte ihren Anteil hier sogar leicht ausbauen und lag 2019 bei gut 16 Prozent der Weltklassenpatente. China hat stark aufgeholt, kommt aber mit 12 Prozent noch nicht an die USA mit beinahe 29 Prozent heran (Abb. 23). Selbst Japan liegt noch weiter vor China. Deutschland hält sich recht stabil bei 6 Prozent. Mitunter besteht bei den Materialien

noch die gute alte Arbeitsteilung – zumindest aus europäischer Sicht. Bei den Kohlefaser-Verbundstoffen sähe diese z. B. so aus: Deutsche Chemieproduzenten entwickeln hochwertige Klebstoffe, die nach China geschickt werden. Dort werden damit die Kohlefaser-Verbindungen hergestellt, die dann wieder zur Verarbeitung mit hoher Wertschöpfung nach Europa kommen. Bei den Innovationen im Materialiensektor hält sich die EU insgesamt stabil bei rund 20 Prozent der Weltklassenpatente. Viele kleine spezialisierte Unternehmen bestimmen den hiesigen Markt.

ABBILDUNG 23
CARBON UND GRAPHEN

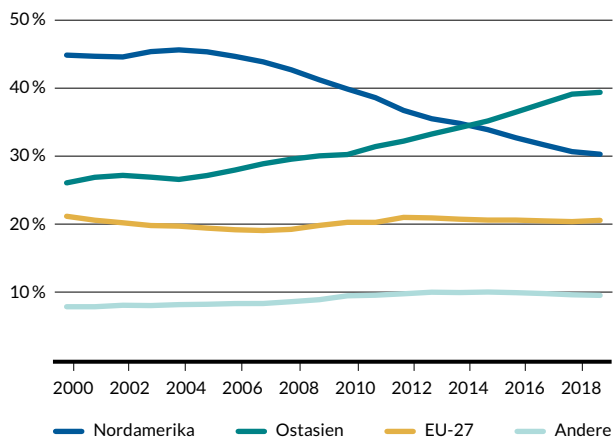
Anteile von Weltklassenpatenten



Immer kürzere Innovationszyklen, auch angetrieben durch neue Technologien wie 3D-Druck, verändern die traditionelle Struktur der Produktion und der Wirtschaft insgesamt. Und gerade bei Nano- oder Quantenmaterialien mischen mittlerweile auch chinesische Forscher*innen das Feld auf. Der Bedeutungsgewinn Ostasiens in den Materialtechnologien hat schon früher eingesetzt als in anderen Bereichen, wo häufig erst ab 2010 eine nennenswerte Dynamik auftrat. Aufgrund seiner hohen Wachstumsrate hat Ostasien seinen Patentanteil bei Materialien auf fast 40 Prozent steigern können. 2015 löste Ostasien Nordamerika hier als führende Region ab. Der Anteil Nordamerikas sank von 45 Prozent in 2005 auf mittlerweile 30 Prozent (Abb. 24).

ABBILDUNG 24
MATERIALIEN

Anteile von Weltklassepatenten



BOX 3

LCD, LED, OLED, ... Materialkomplexität in der Bildschirmtechnik

Eine besonders wichtige Untergruppe der funktionalen Materialien sind die lumineszierenden Materialien, die für moderne Displays und energieeffiziente Leuchten verwendet werden. In der Bildschirmtechnik wird gegenwärtig das klassische hintergrundbeleuchtete LC-Display (Flüssigkristalldisplay) von selbstleuchtenden LED-Displays (Leuchtdiodendisplay) mit komplexen Materialschichten abgelöst. In Bildschirmen mit LED-Technologie besteht jeder Bildpunkt aus drei selbstleuchtenden LEDs (rot, grün, blau). Lange Zeit waren blaue LEDs eine Herausforderung für Materialforscher. Für ihre Entwicklung erhielten die japanischen Forscher Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura 2014 den Physik-Nobelpreis.

Kohlenstoffbasierte OLEDs (O für „organic“) bestehen dagegen aus leuchtfähigen Materialien, die auf einen Träger aufgesprüht oder gedruckt und mit einem Farbfilter versehen werden. Dadurch ist die Herstellung sehr dünner Bildschirme mit hoher Auflösung möglich. Allerdings reagieren organische Kohlenstoffverbindungen empfindlich auf Wasser und Sauerstoff, sodass eine aufwendige Versiegelung benötigt wird. An diesem Schwachpunkt setzt die Micro-LED-Technik (MLED) an, die auf anorganischen Halbleiter-Materialien basiert und neben besseren Farb- und Helligkeitswerten vor allem eine bessere Lebensdauer erzielt. Die hohe Pixeldichte kleinerer Displays und die hohen Herstellungskosten sind jedoch gegenwärtig noch ein Problem für Micro-LEDs.

Eine Alternative sind Quantenpunkt-Leuchtdioden (oft QD-LEDs). Quantenpunkte sind punktförmige runde Halbleiter-Nanokristalle, die sowohl Licht farblich filtern als auch elektrische Energie in Licht mit speziellen Eigenschaften umwandeln können. Während langfristig die Licht- und Farberzeugung selbst im Vordergrund der Forschung steht, werden Quantenpunkte gegenwärtig vor allem zur Lichtumwandlung eingesetzt. Dazu wird das Licht von blauen LEDs mithilfe einer Nanopartikelschicht aus Quantenpunkten gefiltert und gefärbt.

In dieser Technologie führend sind Japan und Deutschland. So hat beispielsweise die Merck KGaA ein Werk in Darmstadt zur Produktion der nötigen chemischen Basiselemente für die OLED-Technik eröffnet und mit dem Kauf der israelischen Qlight Nanotech, einem Start-up der Hebrew University, umfangreiches Know-how im Bereich der Quantenmaterialien eingekauft.

FEU

RO

PA

4. EUROPA

4.1 GESUNDHEIT

4.2 MOBILITÄT

4.3 INDUSTRIE

4. EUROPA

Es besteht ein erhöhter Anlass zu der Sorge, dass Europa in der digitalen Transformation den Anschluss verliert. Und das gerade zu dem Zeitpunkt, da die vierte industrielle Revolution drauf und dran ist, die traditionellen Formen des Wirtschaftens grundlegend zu verändern. Die erwarteten Zugewinne durch die Effizienzsteigerung, die die digitale Erneuerung mit sich bringen soll, sind gewaltig. Aber die Digitalisierung schreitet insbesondere in der EU nur bruchstückhaft voran. Europa droht eine Innovationslücke, denn obwohl es und vor allem Deutschland führende Unternehmen aus der verarbeitenden Industrie und Pharmazie vorzuweisen haben, verläuft die Anwendung neuer digitaler Technologien auf die traditionellen Industrien schleppend.

Die Entwicklung der EU im Vergleich zu den anderen beiden relevanten Weltregionen stützt dieses Bild. Gesundheit ist der einzige übergeordnete Technologiebereich, in dem Staaten der EU noch nicht hinter die ostasiatischen Wettbewerber zurückgefallen sind. Besonders deutlich wird der Abstand in einem wichtigen Bereich wie der Digitalisierung. Hier hält die EU nur rund 11 Prozent des Patentvolumens, halb so viel wie Ostasien und nicht einmal ein Drittel des US-Anteils. Großbritannien, der in diesem Bereich stärkste europäische Akteur, ist der EU durch den Brexit abhandengekommen. Besonders schmerzhaft ist der Abstieg dort, wo Deutschland und seine Nachbarn großes Potenzial hatten, z. B. in der Batterietechnik, der Solarthermie und der Photovoltaik sowie in Umweltechnologien wie dem Recycling. Es läge daher nahe, Deutschland und Europa im globalen Innovationswettbewerb abzuschreiben.

Aber das wäre zu einfach, denn es gibt Zeichen des Wandels und der Hoffnung auf dem Kontinent. Europa hat eine lange Tradition in Forschung und Entwicklung. Immerhin rund 20 Prozent des Geldes, das weltweit in Innovationen fließt, wird hier ausgegeben. Risikokapitalgeber*innen investieren immer mehr in Start-ups in London, Berlin oder Paris. Und die europäischen Industrieplatzhirsche, die nun fürchten müssen, dass der digitale Wandel ihr Geschäft zerrüttet, versuchen es mit neuen Ansätzen.

Außerdem offenbart die Verteilung der Weltklassepatente vor allem in den nachfolgend beschriebenen Technologien auch, wo Europa und Deutschland eine große Resilienz aufweisen und weiterhin Potenzial haben, international mithalten. Neben der bereits erwähnten Windkraft, in der sich vor allem Deutschland als Innovationskraft hervortut, liegt das Land auch in der additiven Fertigung, dem 3D-Druck, mit gut 15 Prozent an zweiter Stelle hinter den USA. Die EU kommt damit insgesamt auf 28 Prozent, immerhin 7 Prozentpunkte vor Ostasien. In der Robotik ist der Standort Deutschland mit führenden Unternehmen konkurrenzfähig. Und in der Schaffung der Smart Factory, der intelligenten und vernetzten Fabrik, hält Deutschland als führender Industriestandort ebenfalls eine gute Position.

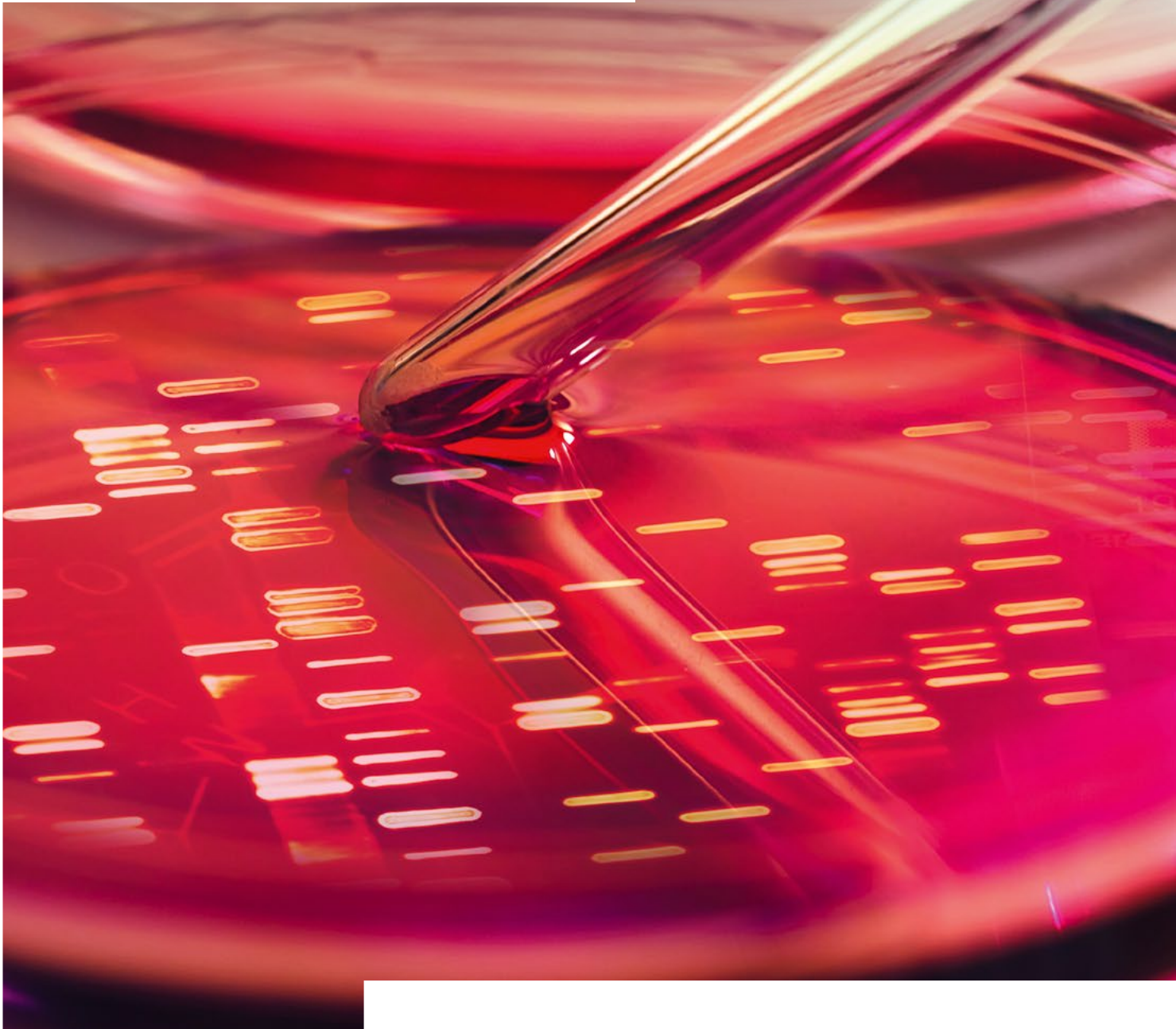
Europa hat eine starke Tradition in Industrien, die zwar nicht von Anfang an digital waren, nun aber durch eine kluge Digitalisierung große Zugewinne generieren können. Während Nordamerika und Asien vorausziehen, wird es Zeit, dass Europa seine Stärken ausspielt.

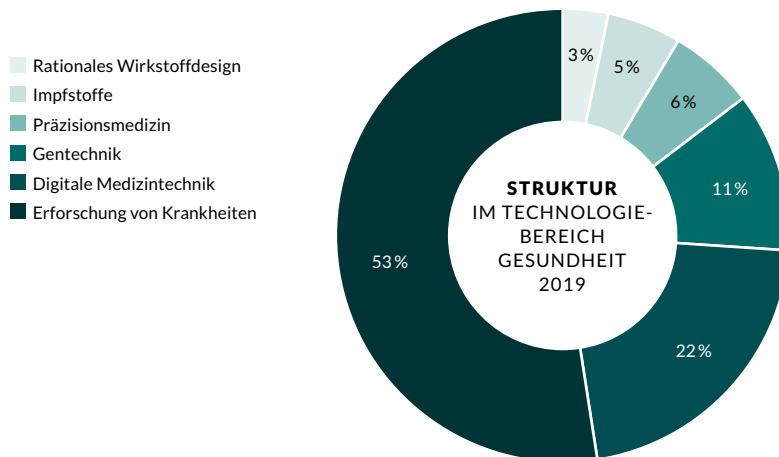
DEFINITION

Innerhalb der Gesundheitstechnologien sind vor allem Technologien an den Schnittstellen zwischen Pharma- und Biotechnologie wichtig. Dort entwickelt sich insbesondere die Genomeditierung mit CRISPR/Cas9 und die Gentherapie. Im Bereich der Medizintechnik sind Anwendungen der Künstlichen Intelligenz in der Röntgenbildanalyse, der medizinische 3D-Druck und roboterunterstützte Behandlungen von Interesse. Hinzu kommen Bionformatik, Wirkstoffdesign und Impfstoffe.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Gesundheit:

- US2014179006.A1 – CRISPR/Cas9 als Verfahren zur Veränderung von DNA-Bausteinen im Erbgut
- US2010203056.A1 – Verbesserung der Funktion von T-Zellen (Krebsforschung)





4.1 GESUNDHEIT

Gesundheitstechnologien sind der einzige Bereich, in dem Europa noch vor Ostasien liegt. Zu Beginn der 2000er-Jahre dominierte Nordamerika das Feld mit knapp 60 Prozent der Weltklassepatente. Dass in den Jahren darauf Anteile verloren gingen, liegt an den positiven Entwicklungen in Ostasien wie auch in der EU (Abb. 25). In absoluten Zahlen hält Nordamerika weiterhin so viele Patente wie Ostasien und die EU zusammen. Langfristig sprechen die Wachstumsraten zwar für Ostasien, noch aber befindet sich nicht nur Nordamerika, sondern auch Europa auf einem deutlich höheren Niveau. Das liegt u. a. daran, dass die qualitativ hochwertigen Innovationen bislang in erster Linie von den großen Pharmaunternehmen entwickelt werden, die in den westlichen Industrieländern ansässig sind.

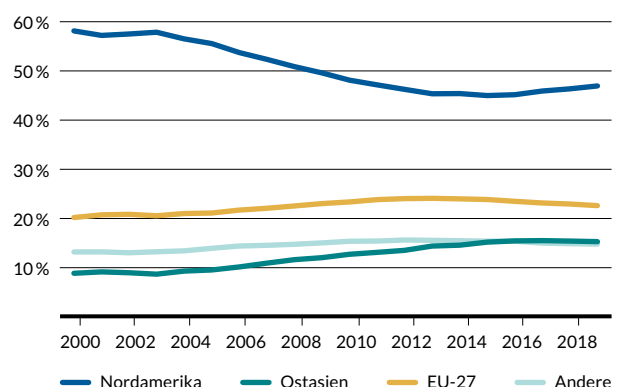
Besonders ausgeprägt ist die europäische und deutsche Stärke ausgerechnet in der Impfstoff-Technologie, die aktuell aufgrund der Corona-Krise besonders im Fokus der Aufmerksamkeit steht. Im Gegensatz zu den meisten anderen Technologien weist Europa hier eine sehr hohe Dynamik auf und hat in den letzten Jahren immer mehr zum Spitzenreiter USA aufgeschlossen (Abb. 26). Das deutsche Wachstum – von gut drei Prozent der Weltklassepatente im Jahr 2000 auf über zehn Prozent im Jahr 2019 – ist dabei besonders mit dem Namen des Tübinger Unternehmens CureVac verbunden. Infolge der sich in den Vereinigten Staaten im März stark vermehrenden Covid19-Fallzahlen kamen Gerüchte auf, die amerikanische Regierung wolle sich exklusiven Zugang zur Forschung des Unternehmens sichern. Zwar dementierte CureVac ein entsprechendes Übernahmeange-

bot (Dunn 2020), doch zeigt diese Episode eindrucksvoll, welchen diplomatischen Sprengstoff das Ringen um strategisch wichtige Innovationen bergen kann.

Auffällig ist zudem: Die Patentierung im klassischen Gesundheitsbereich hat stark abgenommen, gerade die der bekannten Pharmaunternehmen. Das betrifft vor allem die großen Industrieländer. Das bedeutet allerdings nicht, dass Patente im Gesundheitssektor nicht insgesamt noch zunehmen, etwa getrieben durch asiatische Heilmedizin. Die Reduktion im klassischen Bereich ist aber ein Indiz dafür, dass dieser eine Veränderung des Geschäftsmodells durchläuft. Es bewegt sich hin zu einer individuellen, personalisierten Medizin. Nicht mehr die Funktion einzelner Moleküle ist für die Entwicklung neuer Medikamente entscheidend, sondern die Verknüpfung molekularer

ABBILDUNG 25
GESUNDHEIT

Anteile von Weltklassepatenten



Eigenschaften unter Zuhilfenahme großer Datenbanken (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung o. A.). Hierbei spielt die Digitalisierung eine entscheidende Rolle. Angetrieben von hohen staatlichen und privaten Investitionen, könnte die Corona-Krise den Patentierungen im klassischen Gesundheitsbereich jedoch wieder einen enormen Schub geben.

Mithilfe von zunehmend hochwertigen Patientendaten, die in großer Menge vorhanden sind, kann jede*r Patient*in unter Berücksichtigung individueller Bedingungen behandelt werden – auch über die funktionale Krankheitsdiagnose hinaus. Die Therapie lässt sich dabei fortlaufend anpassen, je nachdem, wie die Genesung voranschreitet. Die Unternehmen stehen hier an der Schnittstelle zwischen Pharma und Biotech. In diesem Zusammenspiel entwickeln sich vor allem die Gentherapie und die Genomeditierung (Fachbezeichnung: CRISPR/Cas9), eine neue Methode, die es ermöglicht, DNA gezielt zu verändern. Das führt zu einer neuen Dynamik in den Gesundheitstechnologien. Klassische Entwicklungsmethoden sind weitgehend ausgereizt und werden zunehmend durch Bioinformatik und rationales

Wirkstoffdesign, also eine gezielte Entwicklung von Wirkstoffen, ersetzt – häufig mithilfe Künstlicher Intelligenz.

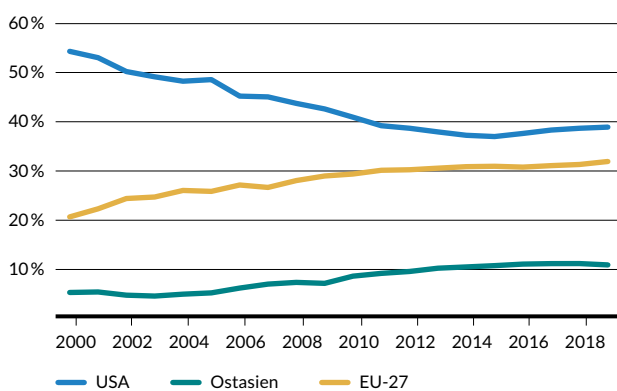
Insgesamt dominieren die technologischen Aktivitäten im Bereich schwerer Krankheiten wie Krebs oder Aids. Auch hier hat die EU ihren Anteil von 21,2 auf 24,1 Prozent leicht ausbauen können. Nordamerikas Anteil hat sich verringert und lag 2019 bei 42,7 Prozent, im Jahr 2000 waren es noch 55,7 Prozent. Ostasien lag 2019 bei 16,5 Prozent, wobei China mit einem Anteil von 7,1 Prozent den größten Wert aufweist, damit aber nicht annähernd an die Stärke heranreicht, die es in anderen Technologiefeldern erreicht hat. Im Ländervergleich der Weltklassepatente dominieren die USA klar mit einem Anteil von fast 40 Prozent. Deutschland und Großbritannien liegen jeweils in etwa gleichauf mit China.

Hinzu kommt eine wachsende Bedeutung der Medizintechnik und im Zuge dessen von digitalen und industriellen Technologien. Hier hält die Künstliche Intelligenz im großen Stil Einzug, z.B. in der Röntgenbildanalyse. Dabei werden entsprechende Maschinen mit einer großen Zahl an Röntgenbildern „gefüttert“, damit sie auf der Basis von maschinellem Lernen schneller in der Entdeckung von Tumoren werden, um Ärzte in der Erstanalyse zu unterstützen. Außerdem nimmt die Bedeutung des medizinischen 3D-Drucks wie auch von Behandlungen, die durch Roboter unterstützt werden, zu.

Bei einem Blick auf die marktbestimmenden Unternehmen ist auffällig, dass China zwar insgesamt die größte Dynamik im Feld der Gesundheitstechnologien aufweist, dieses Wachstum aber nicht chinesischen Unternehmen zu verdanken hat. Die Zunahme chinesischer Innovationskraft geht hier auf die großen internationalen Pharma- und Biotechunternehmen wie Roche, Bristol-Myers Squibb oder Novartis zurück, die ihre Forschungsaktivitäten an den Stärken der jeweiligen Standorte ausrichten. Dabei kommt deren Forschungseinrichtungen in China eine wachsende Rolle zu. Ein chinesisches Unternehmen ist unter den führenden Innovationstreibern in der Pharma- und Biotechnologie nicht zu finden.

ABBILDUNG 26
IMPfstoffe

Anteile von Weltklassepatenten





2. Plätze



1. Plätze



3. Plätze

Anzahl der Technologien, in welchen Großbritannien über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

GROSSBRITANNIEN



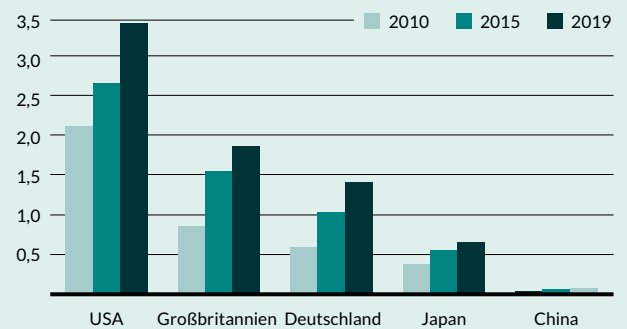
STÄRKE IN DEN BEREICHEN GESUNDHEIT, DIGITALISIERUNG UND SICHERHEIT

Großbritannien gehört in allen sieben Gesundheitstechnologien zu den fünf Ländern mit meisten Weltklassepatenten. Beim rationalen Wirkstoffdesign besitzt es sogar die zweitmeisten Patente. Bei der Digitalisierung holt Großbritannien vier und in den Sicherheitstechnologien fünf von sechs möglichen Top-5-Platzierungen.

ABBILDUNG 27

RATIONALES WIRKSTOFFDESIGN

Staaten mit den meisten Weltklassepatenten je 1 Mio. Einwohner



SCHWÄCHEN BEI MOBILITÄT, MATERIALIEN UND INFRASTRUKTUR

In keinem der drei Bereiche verfügt Großbritannien noch über ausreichend Weltklassepatente, um bei einer Technologie zu den besten fünf Ländern zu zählen.



STARKER ABSTIEG IM VERGANGENEN JAHRZEHT

Im Jahr 2000 belegte Großbritannien noch in 41 von 58 Technologien einen Platz unter den besten fünf Ländern. 2010 waren es immer noch 40 Plätze in den Top 5. 2019 hat sich diese Zahl auf 21 fast halbiert.



BEREICH ENERGIE BLEIBT STABIL

Großbritannien hat seinen Anteil an den Weltklassepatenten im Bereich der Energietechnologien in den letzten Jahren behaupten können. Dies ist vor dem Hintergrund des fast abgeschlossenen und bislang erfolgreichen Kohleausstiegs besonders interessant.

ABBILDUNG 28

WASSERKRAFT

Platzierungen der Staaten innerhalb Europas mit den meisten Weltklassepatenten





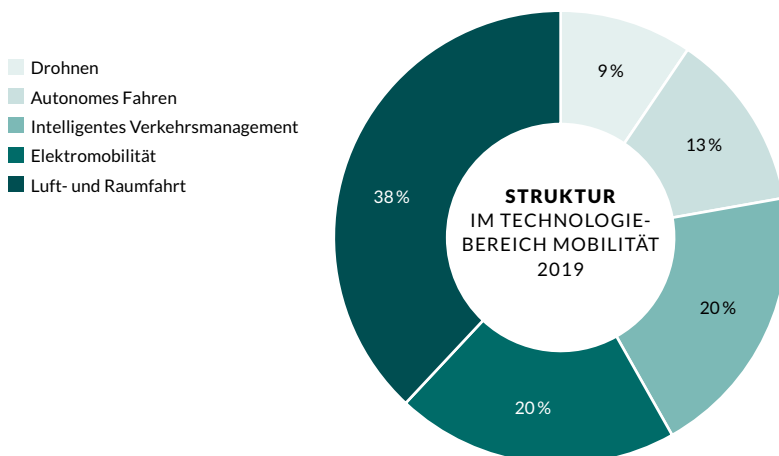
DEFINITION

Mobilität beinhaltet die wesentlichen Herausforderungen des Fahrzeugbaus und neue Formen der Mobilität. Neben neuen Technologien wie autonomes Fahren und Drohnen sind auch klassische Technologien wie Luft- und Raumfahrt sowie elektrische Fahrzeuge vertreten. Das autonome Fahren beinhaltet neben Autos auch autonomen Schiffs- und Bahnverkehr.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Mobilität:

- US2012083964.A1 – Zonenansatz für autonomes Fahren zur Kontrolle des Fahrens
- US2010225271.A1 – Induktive Ladevorrichtung für elektrische Fahrzeuge





4.2 MOBILITÄT

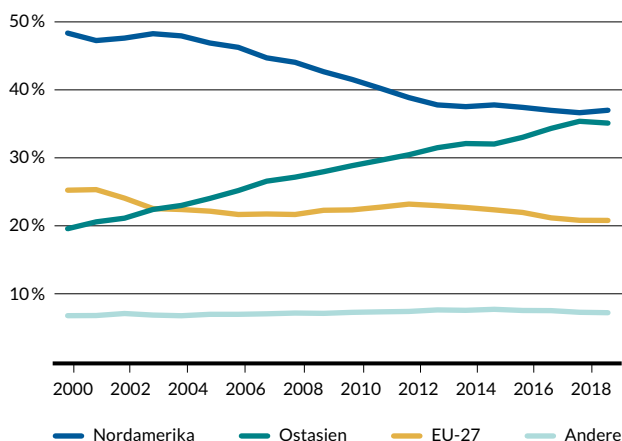
In der Entwicklung künftiger Mobilitätskonzepte ist noch vieles ungewiss und zu großen Teilen von kulturellen Prägungen und Gewohnheiten abhängig. Als für diese Unklarheit exemplarisch lässt sich eine der großen moralischen Fragen zu unserer Mobilität in spe betrachten: Was soll ein selbstfahrendes Auto tun, wenn es vor einem unabwendbaren Unfall steht und entscheiden muss, ob es besser ein Auto rammt, in dem ein Kind mit seinen Eltern sitzt, oder ausweicht, wodurch aber statt der Familie drei ältere Menschen zu Schaden kämen? Diese Entscheidung wird einst im Bruchteil einer Sekunde von einem Algorithmus getroffen werden müssen und sich danach richten, welche Präferenzen die Programmierer festgelegt haben. Allerdings wird die Frage, welche Entscheidung eher getroffen werden sollte, weltweit höchst unterschiedlich beantwortet. In den meisten westlichen Ländern würde eine Mehrheit eher ein Kind retten, während in einem Land wie Japan das Alter so hoch geschätzt wird, dass in einer Umfrage eine Mehrheit zur Rettung älterer Menschen neigte (vgl. Huang 2018).

So wie diese exemplarische Grundsatzfrage sind auch einige andere Weichen noch nicht gestellt: Wie wollen Menschen sich künftig bewegen – lieber im eigenen Wagen oder im Robotaxi? Fahren autonom fahrende Autos tatsächlich autonom oder fügen sie sich als ein Baustein in ein zentral gesteuertes Verkehrskonzept? Werden weiterhin die Autobauer Impulse setzen oder fertigen sie bald nur noch die Hüllen für

die digitalen Maschinen, die darin stecken? Viele offene Fragen, die zeigen: Die Branche erneuert sich rasant – und die Zahl der Weltklassepatente hat sich hier in den vergangenen fünf Jahren weltweit verdoppelt. Aber das Ziel ist noch nicht klar. Ähnlich unentschieden ist der Kampf um die Vormacht bei den Innovationsstandorten. Übergreifend liegt Nordamerika dabei mit einem Anteil von 36,8 Prozent vorn, dicht gefolgt von Ostasien mit 35,2 Prozent. Ostasien hat zwar die größere Wachstumsdynamik, die allerdings nicht so überragend ist, dass das

ABBILDUNG 29
MOBILITÄT

Anteile von Weltklassepatenten



Rennen bereits entschieden wäre. Und die EU hält mit 20,7 Prozent immerhin den Anschluss (Abb. 29). Kurzum: In der Mobilität der Zukunft haben Nordamerika und Europa Anteile verloren, Ostasien hat sie aber noch nicht oder zumindest noch nicht hoffnungslos abgehängt.

Zur Mobilität zählen hier alle wesentlichen Herausforderungen des Fahrzeugbaus sowie die neuen Formen der Mobilität. Neben dem autonomen Fahren und der Entwicklung von Drohnen gehören auch klassische Technologien wie Luft- und Raumfahrt dazu. Die Wendung hin zu elektrischen Fahrzeugen wird ebenso betrachtet. Dort gibt es nach einer bereits länger andauernden Entwicklungsphase eine neue Dynamik. Das autonome Fahren bezieht sich nicht nur auf Autos, sondern auch auf Schiffe und Bahnen. Die Elektromobilität beinhaltet die Antriebe, die Batterien zählen wir allerdings zum Feld der Energietechnologien. Zu den neuen Mobilitätskonzepten gehört auch das intelligente Verkehrsmanagement: die Vernetzung von Fahrzeugen mit ihrem Umfeld, das

Management des Verkehrsflusses sowie Navigation. Das größte Feld für Innovationen in der Mobilität ist die Luft- und Raumfahrt, gefolgt von Elektrofahrzeugen und intelligentem Verkehrsmanagement.

Besonders im Autoverkehr treffen verschiedene Dynamiken aufeinander. Aus den USA kommen die großen Impulse der IT-Unternehmen, die wie Google mit Waymo, dem Tochterunternehmen für selbstfahrende Autos, mit Macht in die Branche drängen. Auf der anderen Seite stehen die klassischen Automobilhersteller u. a. in Deutschland, die sich mühen, ihre Produktion und ihre Autos zu digitalisieren und umzurüsten. Bei den Spitzenpatenten für autonomes Fahren führen die USA klar mit rund 40 Prozent. Sie können zwar nur das drittstärkste Wachstum nach China und Südkorea aufweisen, haben ihren Anteil aber stetig ausgebaut (Abb. 30). China kommt auf 7,4 Prozent, Japan hat seinen Anteil im Vergleich zum Jahr 2000 auf 15,3 Prozent halbiert. Deutschland liegt mit knapp 12 Prozent hinter Japan an dritter Stelle.

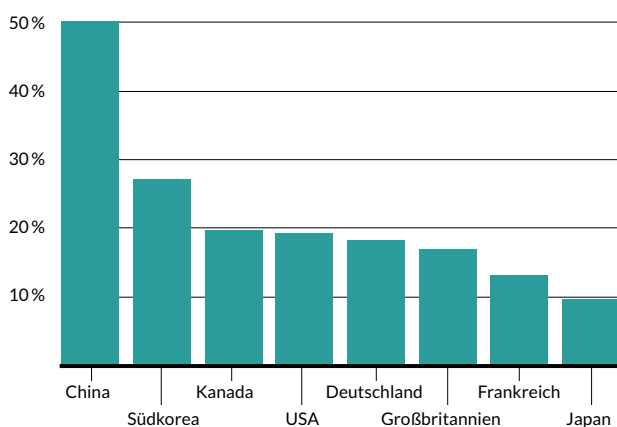
Beim Antrieb legte Japan mit dem Hybrid vor, der allerdings nicht so erfolgreich und nachhaltig war wie erhofft. Aber immer noch führt Japan das Feld mit einem Anteil von 41 Prozent an den Weltklassepatenten klar an, nachdem es 2010 schon mehr als die Hälfte der Patente hielt. Die USA haben ein Drittel ihres Anteils eingebüßt und liegen heute bei 19,6 Prozent. Dass die deutschen Hersteller in der E-Mobilität nicht von Anfang an die Nase vorn hatten, ist bekannt. Tesla brachte Elektroautos, die auch auf langen Strecken durchhalten, deutlicher ins Rampenlicht, als es einigen traditionellen Herstellern lieb sein konnte. Heute versuchen diese, den Vorsprung aufzuholen. So will z. B. Volkswagen bis 2025 3,5 Milliarden Euro in die Digitalisierung stecken (Fasse 2018).

Die Hersteller müssen damit zurechtkommen, dass ein Teil der Wertschöpfung, beispielsweise in der Batterietechnik, nicht mehr bei ihnen stattfindet. Deutschlands Anteil an den Patenten bei den Elektrofahrzeugen lag 2019 bei rund 11 Prozent, das ist gut die Hälfte des Anteils aus dem Jahr 2000. Das traditionelle Geschäftsfeld der Automobilhersteller verliert an Bedeutung. Sie müssen sich in dem für sie neuen Feld umfassender Mobilitätskonzepte bewegen, in dem sie nicht mehr allein den Ton angeben.

ABBILDUNG 30

AUTONOMES FAHREN

Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von Weltklassepatenten (2010–2019)





2. Plätze



1. Plätze



3. Plätze

Anzahl der Technologien, in welchen Frankreich über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

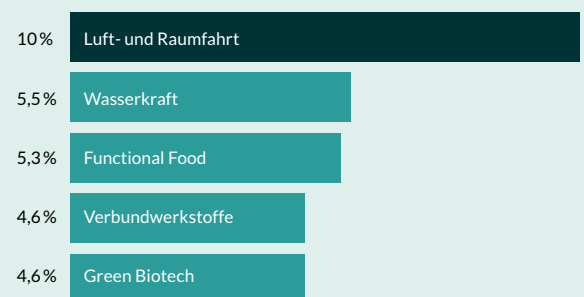
FRANKREICH

STÄRKE IN ERNÄHRUNG UND GESUNDHEIT, AUSREISSER BEI LUFT- UND RAUMFAHRT

In zwei Ernährungs- und drei Gesundheitstechnologien zählt Frankreich zu den fünf stärksten Nationen bei den Weltklassepatenten. Bei der Ernährung sind es Green Biotech und Düngemittel, im Feld Gesundheit Präzisionsmedizin, Impfstoffe und die Erforschung von Krankheiten. Bei der Luft- und Raumfahrt im Bereich der Mobilitätstechnologien steht Frankreich sogar an zweiter Stelle.

ABBILDUNG 31 LUFT- UND RAUMFAHRT

Technologien in denen Frankreich im internationalen Vergleich über den höchsten Anteil von Weltklassepatenten verfügt (2019)



SCHWÄCHEN IN DIGITALISIERUNG, INDUSTRIE UND INFRASTRUKTUR

In keiner der Technologien aus diesen drei Bereichen belegt Frankreich noch einen Platz unter den fünf führenden Ländern. In den Bereichen Materialien, Sicherheit und Umwelt gelingt dem Land nur noch in jeweils einer Technologie der Sprung in die Top 5.

KONTINUIERLICHER ABSTIEG

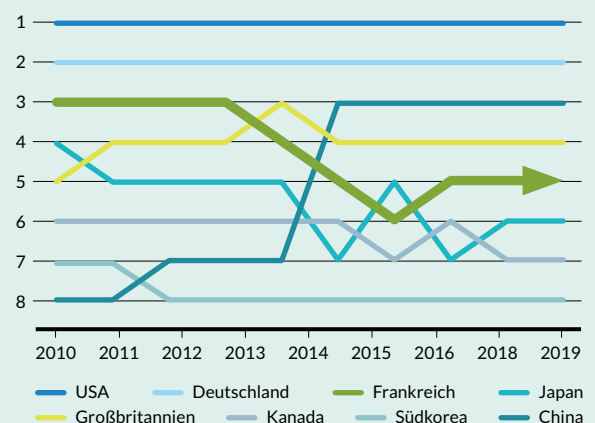
Im Jahr 2000 gehörte Frankreich genau wie Großbritannien noch in 41 von 58 Technologien zu den fünf Spitzenländern. 2010 hatte sich diese Zahl in Frankreich bereits auf 19 mehr als halbiert. 2019 gab es nur noch zwölf Plätze in den Top 5.

BESONDERS GROSSE VERLUSTE IM BEREICH SICHERHEIT

Im Jahr 2000 war Frankreich in fünf der sechs Sicherheitstechnologien noch das Land mit den drittmeisten Weltklassepatenten. 2010 lag es lediglich noch bei der Verteidigung auf einem der drei ersten Plätze. Heute belegt Frankreich auch dort nur noch den fünften Platz.

ABBILDUNG 32 VERTEIDIGUNG

Platzierungen der Staaten mit den meisten Weltklassepatenten



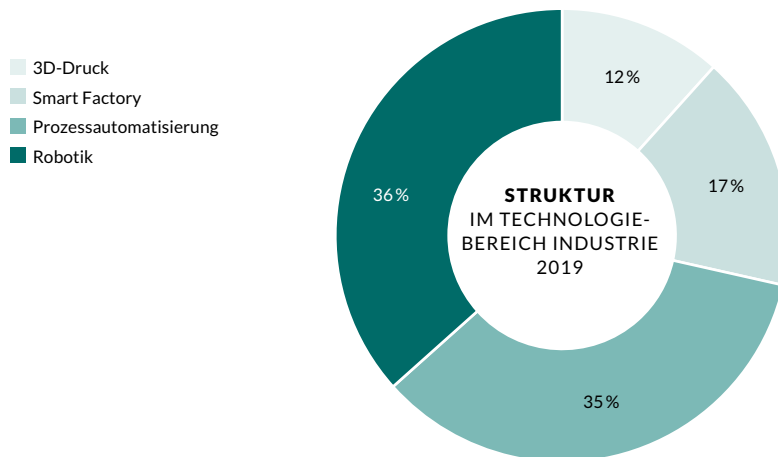
DEFINITION

Schwerpunkt im industriellen Technologiefeld sind die modernen Fertigungstechnologien im vernetzten Umfeld. Dabei steht weniger die spezifische Herstellung von Gegenständen im Vordergrund, sondern die dazu notwendigen Prozesse. Dies umfasst Steuerungen, Robotik, additive Fertigung und die vernetzte Fabrik.

Wichtige Patente der letzten 20 Jahre im Technologiebereich Industrie:

- US2017129702.A1 - Einsatz von Robotik für den Transport von Lagerbehältern
- US2015097315.A1 - Verfahren zur Durchführung von 3D-Druck





4.3 INDUSTRIE

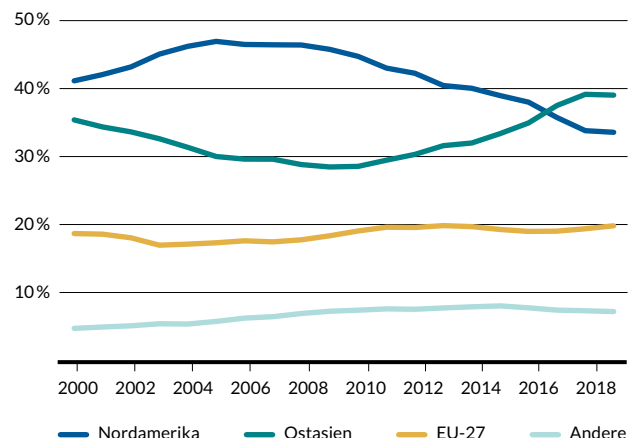
In Karlsruhe wird die Industrie 4.0 bald Wirklichkeit sein – zumindest in einer Forschungsfabrik, die Wissenschaftler*innen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) gemeinsam mit Forscher*innen der Fraunhofer-Gesellschaft und mit Unternehmensvertreter*innen eröffnen. Sie wollen herausfinden, wie sich das Konzept der Smart Factory, also der vernetzten, auf die Kund*innen abgestimmten und sich selbst optimierenden Fabrik, möglichst effizient in die Werkhallen des Landes bringen lässt. Dieses Know-how scheint dringend notwendig zu sein, denn Studien stellen immer wieder fest, dass den Verantwortlichen zwar auf der einen Seite mittlerweile klar ist, dass kein Weg an dieser neuen Art der industriellen Fertigung vorbeiführt, auf der anderen Seite bleibe es aber häufig bei einigen Pilotprojekten, würden Digitalisierungsvorhaben nicht vernetzt und schlecht koordiniert (vgl. Mersch 2019). Wie sollen sich Maschinen vernetzen, wenn es noch nicht einmal die Menschen tun?

Die verarbeitende Industrie ist das Feld, in dem Deutschland seinen Standortvorteil ausspielen könnte. Die Frage ist aber, ob die Unternehmen mit ihren vornehmlich mittelständischen Strukturen in der globalen Dynamik mithalten können. Bei vielen klassischen Maschinenbauern hat die Digitalisierung lange keine führende Rolle gespielt. Und anders als die großen Autobauer, die ebenfalls eher spät auf den Zug aufgesprungen sind, können die meisten Mittelständler nicht kurzerhand ein paar Milliarden locker machen, um bisherige Versäumnisse aufzuholen.

Auffällig ist, dass in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraums bis 2010 fast nirgendwo auf der Welt nennenswerte Bewegungen in Industrietechologien zu finden sind. Erst ab 2011 nahm die Dynamik in den drei großen Regionen deutlich zu – mit der Folge, dass sich die Patentzahl alleine in den letzten fünf Jahren verdoppelt hat. Besonders augenscheinlich ist auch hier das starke Wachstum Ostasiens seit 2011, das dazu geführt hat, dass die Region im Jahr 2017 Nordamerika die Führungsrolle in industriellen Zukunftstechnologien abnehmen konnte. Heute hält Ostasien 39 Prozent und Nordamerika 33 Prozent des Patentvolumens. Die EU hat ihren Anteil über die Jahre leicht ausgebaut und stabilisiert sich bei gegenwärtig rund 20 Prozent (Abb. 33). Damit liegen

ABBILDUNG 33
INDUSTRIE

Anteile von Weltklassepatenten



die Europäer*innen hinter den beiden führenden Regionen zurück, aber immerhin nicht ganz abgeschlagen und mit mehr Wachstum als das zweitplatzierte Nordamerika.

Wichtigster Schwerpunkt in der Industrie sind aus unserer Perspektive die modernen Fertigungstechnologien im vernetzten Umfeld. Dabei steht weniger die spezifische Herstellung von Gegenständen im Vordergrund, entscheidender sind die dazu notwendigen Prozesse. Dabei geht es um Steuerungen, Robotik, die vernetzte Fabrik und Techniken wie 3D-Druck. Die Robotik macht den größten Teil der Industrietechnologien aus, gefolgt von der Prozessautomatisierung.

Bei der Patentierung dieser Technologien geht es auch darum, wer in der künftigen Entwicklung die wichtigen Impulse gibt: die klassischen Roboterhersteller, die nun ihre Maschinen digitalisieren, oder die großen IT-Unternehmen, die Anwendungen für ihre Informationstechnik suchen. Weltmarktführer wie das japanische Elektronik- und Maschinenbauunternehmen FANUC oder der Augsburger Roboterbauer KUKA, der mehrheitlich dem chinesischen

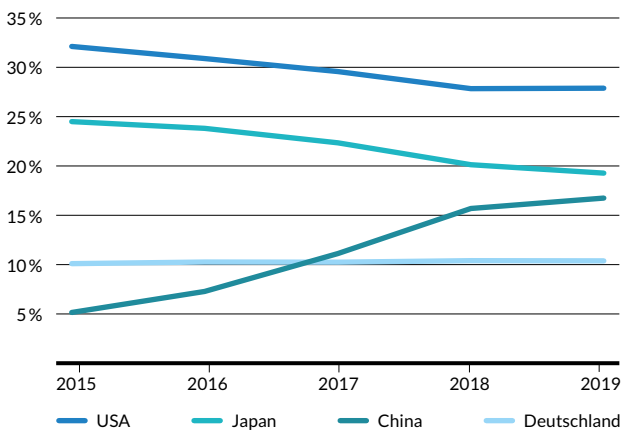
Midea-Konzern gehört, entwickeln ihre Digitalisierungskonzepte selbst. Die USA führen die Patente in der Robotik im Ländervergleich mit 27,7 Prozent an. China kommt mit dem höchsten durchschnittlichen Jahreswachstum von knapp 50 Prozent auf rund 17 Prozent, leicht überholt von Japan mit 19 Prozent. Deutschland hält sich stabil bei 10,5 Prozent.

Einige mittelständische Unternehmen leiden darunter, dass sie weder qualifiziertes Personal noch die Kapazitäten haben, um die KI-getriebene intelligente Fabrik im eigenen Haus zu entwickeln. Die Robotikunternehmen reagieren darauf. KUKA bietet für solche Fälle bereits die Lieferung einer kompletten und variablen Smart Factory als Dienstleistung an. Allerdings appellieren Expert*innen, dass deutsche Industrieunternehmen ihre Expertise im Maschinenbau um tiefe Kenntnisse der Künstlichen Intelligenz erweitern müssen, um ihre Führungsrolle zu behaupten. Die Länderanteile an den Weltklassepatenten fallen bei der Smart Factory ähnlich aus wie bei der Robotik. Deutschland konnte seinen Anteil immerhin bei gut zehn Prozent stabil halten. Die USA führen trotz Anteilsverlusten, gefolgt von Japan und China, das 2010 lediglich neun Spitzenpatente hielt, heute mit 1.135 Patenten aber schon mehr als halb so viele, wie die USA auf sich vereinen kann (Abb. 34).

ABBILDUNG 34

ROBOTIK

Anteile von Weltklassepatenten



Eine große Chance für Deutschland steckt im kleinsten Segment der Industrietechnologien, dem 3D-Druck. Anteilig benutzen hier schon mehr Unternehmen die Technik als in jedem anderen Industrieland. Chemieunternehmen, Softwarehersteller, Gasunternehmen, die führenden 3D-Druck-Unternehmen und Abnehmer aus der Industrie spielen bereits gut zusammen. Die Frage ist nun, ob die Stärke in dieser Branche ausreicht, um die additive Fertigung zu einer neuen deutschen Kernbranche auf dem Weltmarkt zu formen. Deutlich ausbauen konnte Deutschland seinen Anteil an den Weltklassepatenten bereits: von knapp unter 10 Prozent im Jahr 2000 auf 15,5 Prozent im Jahr 2019. Deutschland steht damit an zweiter Stelle hinter den USA und ist etwa doppelt so stark wie Japan und China mit 8,7 und 7,8 Prozent. Bislang fügt sich die neue Technologie perfekt in die deutsche Maschinenbauexpertise und die Fertigungs- und Wertschöpfungsketten der deutschen Weltmarktführer in der verarbeitenden Industrie ein. Die Chancen stehen hier so gut wie sonst kaum irgendwo.



Anzahl der Technologien, in welchen Deutschland über die meisten, zweitmeisten und drittmeisten Weltklassepatente verfügt.

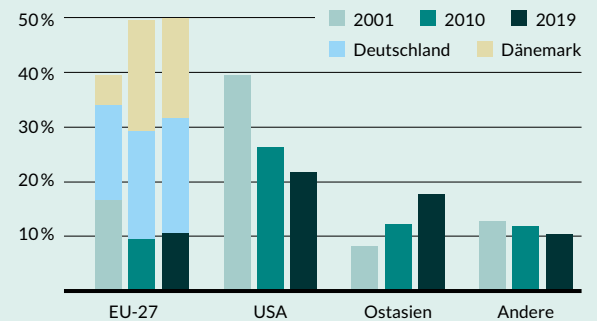
DEUTSCHLAND

STÄRKE IM BEREICH GESUNDHEIT UND BEI WINDENERGIE

Deutschland landet in sieben der insgesamt 58 untersuchten Technologien auf dem zweiten Platz. Besonders stark ist es in der Windkraft. Hier liegt Deutschland äußerst knapp hinter den USA, mit 958 zu 991 Weltklassepatenten und entsprechend hohen Anteilen. Bei den vier Zweitplatzierungen im Feld Gesundheit (Präzisionsmedizin, Gentechnik, Impfstoffe, Erforschung von Krankheiten) ist der Abstand zu den Vereinigten Staaten indes deutlicher.

ABBILDUNG 35
WINDKRAFT

Anteile von Weltklassepatenten



SCHWÄCHEN IN DIGITALISIERUNG UND INFRASTRUKTUR

In keiner der Technologien dieser beiden Bereiche gehört Deutschland noch zu den drei führenden Ländern. Im Bereich Digitalisierung liegt es nur in zwei der sechs Technologien noch auf einem der ersten fünf Plätze (Künstliche Intelligenz, Virtual/Augmented Reality).

EIN STARKES JAHRZEHT, EIN SCHWACHES JAHRZEHT

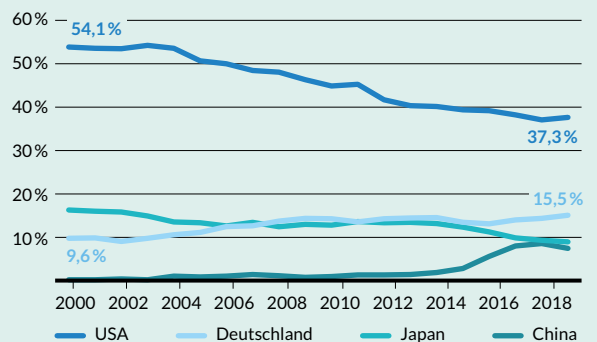
Bei 43 von 58 Technologien konnte sich Deutschland im Jahr 2000 über einen Platz unter den drei Ländern freuen, die im Besitz der meisten Weltklassepatente waren. Im Jahr 2010 steigerte sich das Land noch einmal leicht und belegte sogar 47-mal einen Platz unter den Top 3. 2019 hat sich dieser Wert auf 22 Technologien mehr als halbiert.

UNTER DRUCK BEI DEN TRADITIONELLEN STÄRKEN MOBILITÄT UND INDUSTRIE

In sämtlichen Technologien dieser beiden Bereiche war Deutschland in den Jahren 2000 und 2010 einer der drei führenden Staaten. Heute ist das Land in einzelnen Technologien dieser Bereiche immer noch stark, liegt aber weitaus weniger häufig auf einem der ersten drei Plätze.

ABBILDUNG 36
3D-DRUCK

Anteile von Weltklassepatenten



EUROPA

0

STAATEN ALLEINE NICHT STARK GENUG FÜR PLATZ 1

Kein einziges europäisches Land nimmt bei den 58 Zukunftstechnologien die Spitzenposition in puncto Weltklassepatente ein. Deutschland kommt dem mit seiner Stärke bei Windkraft am nächsten. Allerdings werden die Spitzenpositionen auch nur von drei Ländern (USA, China, Japan) belegt, die über höhere Einwohnerzahlen und größere Wirtschaftsleistungen verfügen.

2

EU-27 ALS GEMEINSCHAFT EHER KONKURRENZFÄHIG

Die EU-27 als Ganzes kann immerhin in zwei Technologien die meisten Weltklassepatente vorweisen und damit mehr als forschungsstarke Nationen wie die USA, China oder Japan. In der Windkrafttechnologie steuern Deutschland und Dänemark den Großteil bei. Bei Functional Food ist der Erfolg auf viele Schultern verteilt: Hier verfügen neben den gewohnt starken Ländern Deutschland und Frankreich auch die Niederlande, Italien, Dänemark, Belgien, Spanien und Schweden noch über jeweils mehr als 100 Weltklassepatente.

12

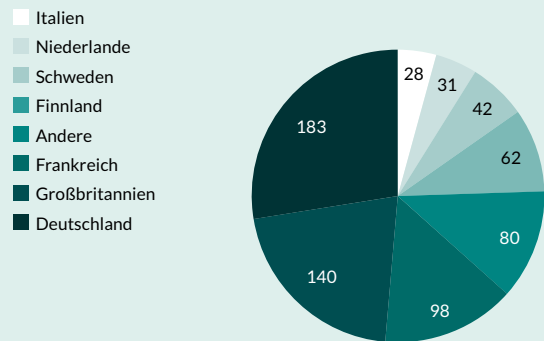
EUROPA ALS KONTINENT BEI ENERGIE, ERNÄHRUNG, MATERIALIEN UND UMWELT VORNE

Bei einer Summierung der Weltklassepatente aller europäischer Staaten würde Europa immerhin in 12 von 58 Technologien den ersten Rang einnehmen – zu vier Spitzenpositionen im Bereich Energie kämen jeweils zwei bei Ernährung, Materialien und Umwelt sowie je eine bei Gesundheit und Sicherheit.

ABBILDUNG 37

VIRTUAL/AUGMENTED REALITY

Anzahl von Weltklassepatenten innerhalb der EU-28 (2019)



5

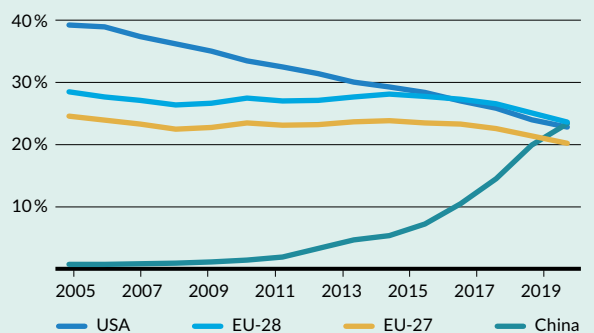
BREXIT MACHT EINEN UNTERSCHIED

Die EU-28 (inkl. Großbritannien) stand noch besser da. Gemeinsam mit dem Inselstaat reichte es für fünf Spitzenpositionen – neben Functional Food und Windkraft kamen hier noch Wasserkraft, Biozide und Verbundwerkstoffe dazu. Viel schwerer als der Verlust dieser ersten Plätze wiegt aber sicherlich die verlorene Stärke Großbritanniens in der Querschnittszukunftstechnologie Digitalisierung.

ABBILDUNG 38

ABFALLWIRTSCHAFT

Anteile von Weltklassepatenten



KAUM FORSCHUNG IN OSTEUROPA

Insgesamt sind Forschung und Weltklassepatente innerhalb Europas auf Nordeuropa konzentriert. In Süd- und Osteuropa gibt es nur sehr wenig Weltklassepatentaktivitäten.

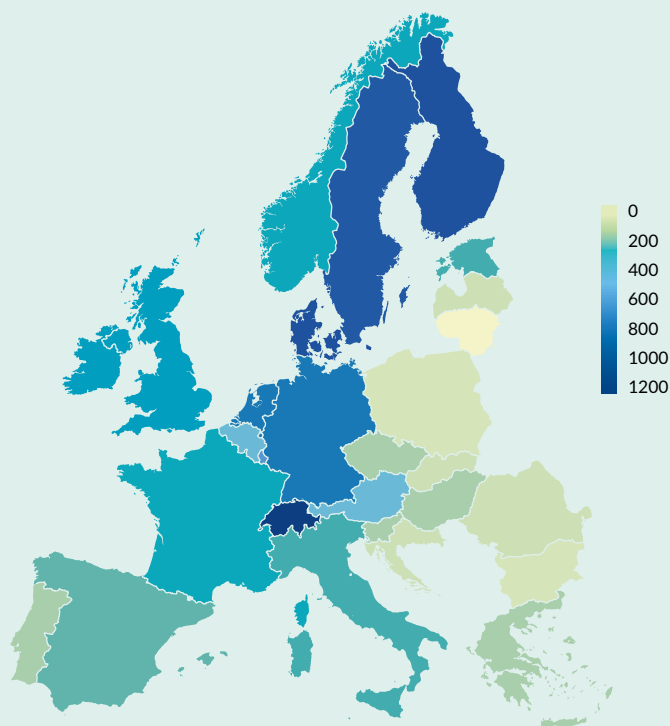


ABBILDUNG 39
FORSCHUNGSAKTIVITÄT IN EUROPA

Forschungsaktivität gemessen als Weltklassepatente je 1 Mio. Einwohner*innen (2019)

KLEINE LÄNDER SIND SPEZIALISIERT

Kleinere EU-Länder sind häufig spezialisiert auf bestimmte Technologien und verfügen dort oft nur über ein oder wenige Leuchtturmunternehmen (z. B. Schweden mit Ericsson und ABB, die Niederlande mit Philips).

STÄRKE DURCH EU-WEITE ZUSAMMENARBEIT

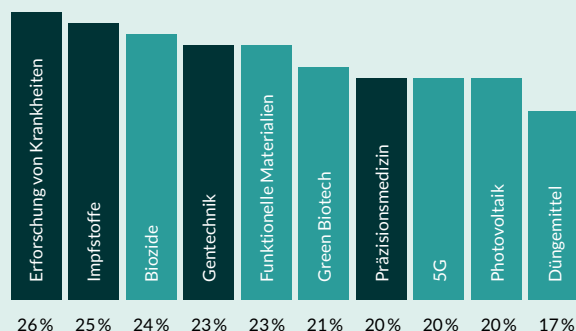
Grenzüberschreitende Forschungsk Kooperationen sind schon jetzt ein wichtiger Bestandteil des europäischen Patent Erfolgs. Gerade im Bereich Gesundheit, wo Europa im internationalen Vergleich sehr gut abschneidet, ist der Anteil der Weltklassepatente, an deren Entwicklung Forscher aus verschiedenen EU-Staaten beteiligt waren, besonders hoch.

SONDERFALL SCHWEIZ

Die Schweiz sticht als kleines Land heraus. Sie kommt auf einzelne Einwohner*innen gerechnet zu bedeutend mehr Weltklassepatenten als andere forschungsstarke Nationen. Die Schweiz ist zudem breit aufgestellt und deckt insbesondere die Bereiche Industrie, Materialien, Digitalisierung und Gesundheit sehr gut ab und erreicht hier hohe Weltanteile.

ABBILDUNG 40
FORSCHUNGSKOOPERATIONEN IN DER EU

Anteil der Weltklassepatente mit Forschern aus mindestens zwei EU-Staaten (2019)



5. SCHLUSSEFOLGERUNGEN

Diese Studie rückt das Bild vom weltweiten Innovationsgeschehen gerade. Zwar bringt die Konzentration auf besonders wertvolle und relevante Patente nicht alles durcheinander, was bisher hinsichtlich der Bedeutung der Weltregionen und der wichtigsten Standorte für Forschung und Entwicklung angenommen wurde. Sie bringt aber das Wesentliche hervor. Wer den Fokus auf die Weltklassepatente richtet, kann auf der einen Seite die nächste alarmistische Meldung über die erdrückende wirtschaftliche Vorherrschaft Chinas etwas nüchterner zur Kenntnis nehmen, denn ein Großteil der dort angemeldeten Patente ist Blendwerk oder schlicht belanglos und spielt hier keine Rolle.

Das ist aber kein Grund zur Entwarnung – vielmehr sind auf der anderen Seite die Macht und Dynamik Chinas und Südasiens, die diese Studie offenlegt, umso ernster zu nehmen. Denn auch nach der Auslese der besonders hochwertigen und international relevanten Patente hat Südostasien Nordamerika in einigen Fällen bereits überholt und kommt ihm in anderen zumindest nahe. Und in fast allen Bereichen legen China und seine Nachbarn, vor allem Südkorea, eine dynamischere Entwicklung hin als die amerikanische Konkurrenz – und als Europa ohnehin. Staaten jenseits der drei hier hauptsächlich betrachteten und patentstärksten Weltregionen können diese Vorherrschaft kaum herausfordern. Somit zeigt sich: Die internationale Arbeitsteilung hat zu einer gewissen Diversifizierung der globalen Innovationskraft Richtung Ostasien geführt, keinesfalls aber zu einer weltweit breiten Verteilung.

Aber es gibt auch andere Perspektiven als unsere. Im Index der innovativsten Staaten etwa, den der Wirtschaftsnachrichtendienst Bloomberg veröffentlicht, hat Deutschland kürzlich Südkorea von der Spitzenposition verdrängt (vgl. Jamrisko und Lu 2020). Das ist für viele Beobachter*innen ein willkommener Anlass, die Stärken des Innovationsstandorts Deutschland hervorzuheben: hohe Wertschöpfung in der industriellen Produktion, viele heimische Unternehmen im Hightechsektor, hohe Ausgaben für Forschung und Entwicklung sowie – nicht zuletzt – eine ganze Reihe an Patenten. Im Bloomberg-Ranking, das die Zahl der Patentanmeldungen ins Verhältnis zur Größe der Volkswirtschaft setzt, rangiert Deutschland auf einem sehr guten dritten Platz hinter den Vereinigten Staaten und der Volksrepublik China. Ist also alles in Ordnung mit der deutschen Innovationskraft?

Die Frage ist nicht eindeutig mit Ja oder Nein zu beantworten. Verloren ist aber noch nichts. In der Entwicklung von Zukunftstechnologien können Deutschland und Europa im internationalen Vergleich durchaus einige Stärken ausspielen. Beide offenbaren aber auch besorgniserregende Schwächen. Und ihnen ist nicht geholfen, wenn diese Defizite übersehen oder kleingeredet werden, weil Deutschland in dem einen oder anderen Ranking gut abschneidet. Wer Deutschland und Europa im Wettstreit der großen Innovationsstandorte nicht nur als Zaungäste sehen will, muss die Schwachstellen offensiv angehen. Sonst bleibt es nicht beim relativen Abstieg im internationalen Vergleich der Zukunftstechnologien. Dann droht auch ein wirtschaftlicher Bedeutungsverlust, der letztlich das Vertrauen in die Soziale Marktwirtschaft und die repräsentative Demokratie schwächen könnte.

Deutschland und Europa müssen in den unverzichtbaren Querschnittstechnologien wie der Digitalisierung konsequent an ihren Schwächen arbeiten. Darüber hinaus könnte es sich lohnen, die Bemühungen vor allem dort zu intensivieren, wo sie international bereits relevante Innovationstreiber sind. Dann können sie ihren Anteil an der Entwicklung der Zukunftstechnologien sogar erheblich ausbauen und mit der Konkurrenz Schritt halten. Keinesfalls dürfen Europa und Deutschland ihre bisherigen Stärken in einigen Branchen durch Fehlentscheidungen oder Nachlässigkeit verspielen. Die drei folgenden Empfehlungen halten wir vor diesem Hintergrund als Diskussionsanstoß für besonders wichtig.

I. Europäische und internationale Kooperation ausbauen

Die Studie zeigt, dass einzelne europäische Länder im internationalen Forschungs- und Technologie-wettbewerb in den meisten zukunftssträchtigen Technologien keine Chance gegen den Platzhirsch USA und die Dynamik aus Asien haben. Als Einheit kann Europa hingegen in vielen Technologien mitziehen. Immer wieder wird deutlich, dass europäische Staaten im Rahmen ihrer Möglichkeiten gut positioniert sind. Sie sollten ihre Stärken auf europäischer Ebene bündeln und nutzen.

Digitale Schlüsseltechnologien gehören nicht zu den Stärken hiesiger Forschung und Entwicklung. Das ist ein Problem, dem sich Europa nicht kurzerhand ergeben darf, denn hier wird nicht einfach irgendeine technische Entwicklung verpasst, die man gestrost

anderen überlassen kann. Künstliche Intelligenz, virtuelle Realität oder auch Quantencomputing sind als Querschnittstechnologien besonders wichtig. Sie bilden die Grundlagen für viele weitere zukunftssträchtige Entwicklungen. Wenn es diese nicht beherrscht, bremst sich Europa aus. Um den Anschluss nicht zu verlieren, muss besonders schnell gehandelt werden – nicht national, sondern mit einer ambitionierteren europäischen Digitalstrategie.

Deutschland und Europa müssen in den unverzichtbaren Querschnittstechnologien wie der Digitalisierung konsequent an ihren Schwächen arbeiten.

Europa versteht viel vom Aufbau internationaler Kooperationsprogramme. Beispiele sind „Horizon 2020“, das EU-Förderprogramm für Forschung und Innovation, und sein Nachfolger „Horizon Europe“. Dennoch ist die europäische Innovationslandschaft zu fragmentiert. Der Brexit wird das Problem voraussichtlich verschärfen, gerade in Bezug auf digitale Technologien, in denen das Vereinigte Königreich vergleichsweise stark aufgestellt ist. Andere Wirtschaftsregionen setzen derweil zunehmend darauf, Innovationen staatlich zu fördern: Sie helfen öffentlichen und privaten Institutionen im Technologiesektor, stützen einheimische Innovationen durch

die Marktmacht des Staates oder stellen Wagniskapital für junge forschungsstarke Unternehmen bereit (vgl. Bertelsmann Stiftung 2020a).

Die Mitgliedsstaaten und Institutionen der EU sollten deshalb noch konsequenter europäisch denken und handeln. Europa braucht eine konsistentere und wirksamere Zusammenarbeit, die konsequent auf Synergieeffekte ausgelegt ist. Das kann durch Forschungsk Kooperationen ebenso geschehen wie durch eine abgestimmte Innovationsstrategie. Der gemeinsame Binnenmarkt ist groß. Nur wenn die Länder Europas diesen nutzen und stärken, können sie mit anderen Weltregionen konkurrieren und Sprunginnovationen ermöglichen, die das Potenzial haben, Technologie und Gesellschaft grundlegend zu verändern und sich für Krisen resilienter aufzustellen.

Europäische Kooperation bedeutet allerdings nicht, dass sie an den Grenzen Europas haltmachen oder auf Kosten schwächerer Regionen gehen sollte. In der irrigen Annahme, dadurch mehr Kontrolle über das eigene Schicksal zu gewinnen, mag die Corona-Krise sogar Abschottungstendenzen verstärken oder auslösen. Abgrenzung macht die Wirtschaft und die Gesellschaft aber nicht innovativer – im Gegenteil: Internationaler Wettbewerb und der Austausch von Ideen sind unverzichtbar. Dazu gehört auch, für

ausländische Direktinvestitionen oder die Ansiedlung ausländischer Unternehmen offen zu sein. Diese bringen bestenfalls Geld und andere Mittel für Innovationen mit oder importieren ihre Neuentwicklungen nach Europa (vgl. Bertelsmann Stiftung 2020b).

II. Bessere Anwendung und Kommerzialisierung

Deutschland und Europa verfügen, trotz der in dieser Studie offengelegten Schwachstellen, noch immer über herausragende Forschungsstandorte und eine lebendige Wissenschaftsszene, insbesondere in den Technologiefeldern Gesundheit, Mobilität und Industrie. Hier werden viele gute Ideen produziert, jedoch hapert es oft an deren Anwendung und Kommerzialisierung. Insbesondere die Vereinigten Staaten, aber zunehmend auch China, sind oft schneller in der Lage, neue Ideen in erfolgreiche Produkte und Unternehmen umzuwandeln.

Um mehr vielversprechende Ansätze zur Marktreife zu bringen, braucht es Offenheit und Mut gegenüber Geschäftsideen – auch gegenüber solchen, die zunächst abwegig erscheinen. Das setzt eine positive Einstellung zum Unternehmertum voraus. Gründungswillige müssen ermuntert und bestärkt werden. Ein Scheitern darf nicht als Versagen gelten. Das hat viel mit Mentalität und einer gesamtgesellschaftlichen Innovationskultur zu tun, allerdings auch mit konkreter Unterstützung: Gründungen aus der Wissenschaft müssen durch eine bessere Verzahnung von Forschungs- und Marktperspektive erleichtert werden. Forscher*innen sollten ermutigt werden, auch an die Vermarktung ihrer Ideen zu denken.

Deutschland und Europa verfügen, trotz der in dieser Studie offengelegten Schwachstellen, noch immer über herausragende Forschungsstandorte und eine lebendige Wissenschaftsszene.

Dazu zählt eine bessere Vernetzung der Grundlagenforschung an Universitäten und Instituten mit der angewandten Forschung und Entwicklung innerhalb von Unternehmen. Spitzenforschung ist aber nur zu erwarten, wenn Universitäten ausreichend finanziert werden. Darüber hinaus gibt es Aufholbedarf bei der finanziellen wie infrastrukturellen Förderung von Start-ups – insbesondere im Hightechbereich.

III. Innovation und gesellschaftlichen Fortschritt verbinden

Deutschland und seine Nachbarn verbinden nicht nur kommerzielle wirtschaftliche Interessen, und Europa ist mehr als ein Wirtschaftsraum. Unser Zusammenleben ist geprägt von historischen und kulturellen Gemeinsamkeiten und fußt auf einer meist stabilen Wertebasis. Im technologischen Wettlauf geht es daher nicht nur darum, dass wir den Standards nacheifern, die andere vorgeben. Innovationen müssen sich auch an den Bedürfnissen orientieren, die in unseren Gesellschaften entstehen. In dem Sinne ist Innovation nicht allein ein Wettlauf, der ein bereits bestehendes Ziel voraussetzt. Innovation bedeutet auch, dass unsere Gesellschaft den Weg beschreibt, den wir mithilfe von Forschung und Entwicklung beschreiten wollen. Der tiefe Einschnitt durch die Corona-Krise bietet hier eine Chance, gesellschaftliche Prioritäten zu überprüfen und zu verschieben.

Diese Krise steht aktuell zu Recht im Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit. Sie darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Deutschland und Europa wie auch andere Länder und Regionen zudem anderen Herausforderungen gegenüberstehen, die uns viele Möglichkeiten bieten, aber auch viel abverlangen: Die Digitalisierung verändert den Alltag, die demografische Entwicklung setzt Wohlfahrtsstaaten unter Druck, die Globalisierung bringt neue Märkte und neue Wettbewerber gleichermaßen, der Klimawandel bedroht die Zivilisation. Die beschrie-

Innovationen müssen sich auch an den Bedürfnissen orientieren, die in unseren Gesellschaften entstehen.

benen Zukunftstechnologien sind ein Schlüssel, um viele dieser Entwicklungen und Probleme zu meistern – und unser Leben zu erleichtern. Daher sollte eine moderne, ambitionierte Innovationspolitik nicht nur wirtschaftliche, sondern auch gesellschaftlich ambitionierte Ziele formulieren. Das könnte auch dazu beitragen, dass die Digitalisierung nicht in erster Linie als Risiko oder Bedrohung gesehen wird, sondern als Chance. Wenn sich Staat, Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft die Aufgaben gemeinsam vornehmen, die vor uns stehen – ob Gesundheit für alle, Ernährung oder Klimaschutz –, ist der Nutzen für die Menschen am größten. Und all die Denker*innen und Entwickler*innen tun ihre Arbeit in dem Wissen, dass sie eine wirtschaftliche Entwicklung mitgestalten, die human, chancengerecht und demokratisch ist. Das Momentum ist da, denn der Ruf nach Expertise ist derzeit so laut wie lange nicht.

METHODIK

WELTKLASSEPATENTE IN ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

Der Blick auf Patente bietet eine einzigartige Möglichkeit, um die wichtigsten technologischen Trends global und auf Länderebene konsistent nachzuzeichnen. Herkömmliche Methoden der Patentanalyse konzentrieren sich allerdings nur auf die Anzahl der Patentanmeldungen für spezifische Patentklassen oder grobe Technologiefelder. Außerdem berücksichtigen diese Analysen nicht die länderspezifischen Unterschiede der Patentämter und führen deshalb in der Regel zu unbefriedigenden Ergebnissen. So werden beispielsweise in Japan inkrementelle Fortschritte häufiger patentiert als in anderen Ländern. In China werden Forscher*innen mitunter durch Steuererleichterungen dazu angehalten, so viel wie möglich zu patentieren, um die Relevanz des Forschungsstandorts China zu erhöhen (vgl. Fischer 2018). Die einfache Messung der Patentaktivität mit Fokus auf Neuanmeldungen überhöht die Bedeutung bestimmter Länder und verzerrt das Gesamtbild. Darüber hinaus wird auch nicht berücksichtigt, wie relevant die jeweilige Erfindung ist, da unterschiedslos jedes Patent gezählt wird. Zudem findet höchstens eine grobe technologische Klassifizierung statt, die keine neuen Erkenntnisse bringt. Dementsprechend messen diese traditionellen Ansätze eher Aktivität statt Qualität.

EconSight stellt in dieser Studie für die Bertelsmann Stiftung die Qualität der Forschung in den Mittelpunkt. Erstmals angewandte Big-Data-Analysen ermöglichen eine neue Sicht auf die Technologielandschaft – ohne die beschriebenen Defizite bisheriger Patentanalysen.

Fokus auf Weltklassepatente

Die Analyse basiert auf einem neuen wissenschaftlichen Ansatz der PatentSight GmbH, bei dem die Stärke jedes Patents weltweit bewertet wird (vgl. Ernst und Omland 2011). Dadurch ist es möglich, die Qualität individueller Patentfamilien im Vergleich zu allen anderen Patentfamilien weltweit gewichtet und normiert zu bewerten. In dieser Studie werden die Begriffe Patente und Patentfamilien synonym verwendet. Technisch gesehen ist der Begriff „einfache Patentfamilie“ oder „simple family“ korrekt. Eine „simple family“ ist eine Gruppe von Patentdokumenten, die eine einzige Erfindung mit identischem technischem Inhalt abdecken. Die Patente einer „simple family“ haben alle genau die gleiche Priorität. Die Prioritätsfrist beginnt mit der ersten Anmeldung einer Erfindung in einem beliebigen Land. Innerhalb der folgenden zwölf Monate ist der*die Anmelder*in berechtigt, die gleiche Erfindung in anderen Ländern zu patentieren. Für diese Folgeanmeldungen kann der*die Anmelder*in das Prioritätsdatum der ersten Anmeldung in Anspruch nehmen. Das bedeutet, dass für diese weiteren Anmeldungen dieses Prioritätsdatum bei der Beurteilung der Neuheit der Erfindung beachtet wird.

Um die Qualität der einzelnen Patente zu bestimmen, wird die Marktabdeckung und die technologische Relevanz ermittelt. Die Marktabdeckung berechnet die weltweite gesetzliche Abdeckung des Patentschutzes. Entscheidend ist, für wie viele Länder Schutzrechte gelten (Größe und Ausdehnung der Patentfamilie). Sie zeigt, wie Unternehmen und staatliche Forschungseinrichtungen 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 Marktabdeckung signalisiert also, dass der*die Patentanmelder*in sein Patent für vielversprechend hält (Eigeneinschätzung). Die technologi-

sche Relevanz des Patents ergibt sich daraus, wie oft die Prüfer*innen der verschiedenen Patentämter darauf Bezug nehmen und es zitieren. Prüfer*innen der verschiedenen Patentämter prüfen nach verhältnismäßig ähnlichen Methoden, ob eine Patentanmeldung neu und erfinderisch ist und ziehen dazu andere, bereits publizierte Patente heran. Daraus wird ersichtlich, wie wichtig eine Erfindung im Vergleich zu anderen Patenten in derselben Technologie ist (Fremdeinschätzung). Die Kombination aus Marktabdeckung und technologischer Relevanz („individuelle Patentstärke“) lässt darauf schließen, welche Auswirkung eine Patentfamilie auf den Wettbewerb hat.

Die relative Bewertung der weltweiten Patente anhand der individuellen Patentstärke erlaubt eine quantifizierbare Einteilung in wichtige Patente und weniger wichtige Patente. Dadurch werden die oben beschriebenen Verzerrungen im Patentsystem umgangen. EconSight legt den Schwerpunkt der Analyse auf die sogenannten Weltklassepatente: die besten 10 Prozent aller Patente innerhalb einer definierten Technologie, gemessen an der individuellen Patentstärke. Anschließend können diese Patente Ländern zugeordnet werden.

Detaillierte Technologiedefinitionen

Die meisten Patentanalysen verwenden entweder breite Technologiefelder oder sehr spezifische Patentklassen. Beide Konzepte haben Vor- und Nachteile. Die etablierten Technologiefelder der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO) strukturieren die Patentlandschaft in breite Kate-

gorien und helfen bei der Identifizierung von groben Forschungsschwerpunkten einzelner Länder. Sie sind aber zu alt, um Aussagen über die technologische Zukunftsfähigkeit treffen zu können. Individuelle Patentklassen bilden hingegen den Kern des Patentklassifikationssystems, sind aber zu technisch und oft zu spezifisch für strategische Analysen. EconSight wählt deshalb mit der Entwicklung von spezifischen Technologiedefinitionen einen Mittelweg aus beiden Konzepten, um die technologischen Aktivitäten von Unternehmen, Forschungsinstitutionen, Regionen und Ländern bestmöglich zu erfassen. Jede Technologie wird individuell entwickelt und basiert auf Abfragen einer Reihe von Patentklassen und fachspezifischen Stichworten. Diese Definition wird bei Bedarf mithilfe von weiteren Expert*innen plausibilisiert. Anschließend findet die Identifikation der Patente statt. Dazu wird u. a. eine KI-basierte Anwendung des Kooperationspartners Averbis GmbH eingesetzt. Abschließend findet eine Qualitätskontrolle der Ergebnisse statt. Für diese Studie wurden 58 Technologien definiert, die aktuelle technologische Trends aufgreifen, welche entsprechend einer wirtschaftspolitischen Diskussion gewichtig sind und insgesamt den technischen Fortschritt im Sinne der besonders relevanten Zukunftstechnologien passgenau abbilden.

Aktives Patentportfolio statt Neuansmeldungen

In dieser Analyse werden die Patente nach dem Reporting-Date-Konzept identifiziert und gezählt. Dies bedeutet, dass jährlich zum 31.12. alle aktiven und veröffentlichten Patentfamilien und Patentanmeldungen in den Analysen berücksichtigt werden. Es werden Patentfamilien gezählt, die zumindest ein rechtsgültiges Patent oder eine anhängige Anmeldung aufweisen. Dieses Vorgehen unterscheidet sich von anderen Patentanalysen, bei denen z. B. nur neue Patentanmeldungen pro Jahr gezählt oder alle Patente – auch inaktive – verwendet werden. Statt nur die Dynamik der Entwicklung zu messen, konzentriert sich der verwendete Ansatz auf die absolute

Die einfache Messung der Patentaktivität überhöht die Bedeutung bestimmter Länder und verzerrt das Gesamtbild.

Größe und Stärke eines Patentportfolios zum jeweils aktuellen Zeitpunkt. Die Studie zeigt Zeitreihen von 2000 bis 2019. Stichtag der Erhebung ist jeweils der 31. Dezember (2019: 9. September). Für jeden Zeitpunkt werden alle bis dahin veröffentlichten und erteilten Patente sowie anhängige Anmeldungen identifiziert. Alle noch aktiven Patente aus den Vorjahren werden ebenfalls berücksichtigt.

Länderzuordnung nach Erfinderadresse

Ein Patent ist das Ergebnis von Forschungsarbeiten, die in der Regel von mehreren Forscher*innen – oft von mehr als einer Einrichtung und manchmal aus mehr als einem Land – durchgeführt werden. Es stellt sich die Frage, wie diese Patente gezählt und wem sie zugeschrieben werden sollen. In dieser Studie erfolgt die geografische Zuordnung anhand der Wohnsitze der beteiligten Erfinder*innen. Sind beispielsweise auf einem Patent Forscher*innen mit einer Adresse in Deutschland genannt, wird dieses Patent Deutschland zugeordnet. Sofern es sich um eine Forschungs-kooperation mit zusätzlichen Forscher*innen aus

anderen Ländern handelt, so wird das Patent auch diesen Ländern zugeordnet – es wird davon ausgegangen, dass die technologische Kompetenz in jedem beteiligten Land vorhanden ist. Der Sitz des anmeldenden Unternehmens ist für diese Analyse nicht relevant. Es ist beispielsweise möglich, dass an einem Patent eines Unternehmens mit Sitz in Deutschland nur Forscher*innen mit Wohnort in den USA beteiligt waren, da das Unternehmen einen Forschungsstandort in den USA unterhält. In diesem Fall würde das Patent den USA zugeordnet, da die Forschungsleistung ausschließlich dort erbracht worden ist. Reine Softwarepatente können dabei bislang nur in den USA angemeldet und erteilt werden. Allerdings ist es auch für ausländische Unternehmen möglich, Softwarepatente in den USA anzumelden. Diese Möglichkeit wird von ausländischen Unternehmen entsprechend genutzt.

Grundsätzlich besteht bei internationalen Forschungsk Kooperationen die Wahl zwischen einer anteiligen Zählung, bei der jedem beteiligten Land nur ein Bruchteil eines Patents zugerechnet wird, und einer Vollzählung, bei der das Patent jedem beteiligten Land in voller Höhe zugerechnet wird. In dieser Studie wird die Vollzählung verwendet. Ein Beispiel kann den Vorteil der vollständigen Zählung veranschaulichen: Einem Land mit international gut vernetzten Unternehmen oder Forschungsinstitutionen würden bei der Bruchzählung deutlich weniger Patente zugeordnet werden als einem Land, dessen Unternehmen rein inländische Forschung betreiben. Durch die Vollzählung wird sichergestellt, dass gerade die internationalen Forschungsk Kooperationen, die in der Regel deutlich bessere Ergebnisse erzielen, angemessen berücksichtigt werden. Ein Nachteil der Methode der Vollzählung ist, dass die Summe der Patente der Länder ungefähr 10 Prozent über der effektiven globalen Patentanzahl liegt. Da der Schwerpunkt dieser Analyse auf dem Ländervergleich liegt, ist dieser Effekt zu vernachlässigen.

Ein Patent kann das Ergebnis von Forscher*innen verschiedener Einrichtungen und Länder sein.

ÜBER BLICK

ÜBER ALLE 58 TECHNOLOGIEN

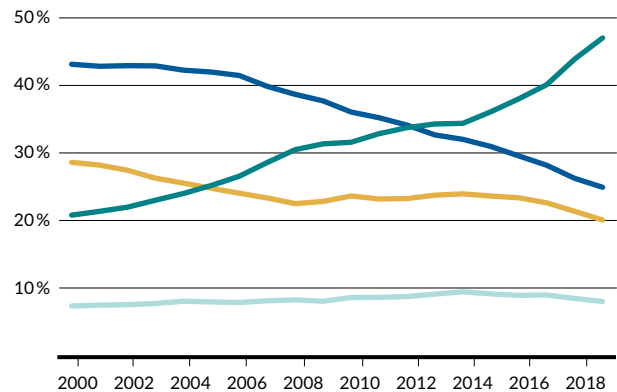
Da wir im Text nicht auf jede einzelne der 58 Technologien detailliert und mit grafischen Abbildungen eingehen konnten, haben wir im Folgenden für jede Technologie ihre Definition und die Entwicklung des Patentportfolios der Regionen aufgelistet.

UMWELT

ABFALLWIRTSCHAFT

Abfallwirtschaft bezieht sich auf die Bewirtschaftung fester, gasförmiger oder flüssiger Abfälle. Die Technologie deckt alle Arten von Industrien und Bereichen ab, von Lebensmitteln und Haushaltsabfällen über die Reinigung von Luft, Rauch und Abgasen mit Reinigungsfiltern oder Katalysatoren bis hin zu Vernichtungsverfahren für feste Abfälle, Abfallbehälter oder Abfalltransportfahrzeuge.

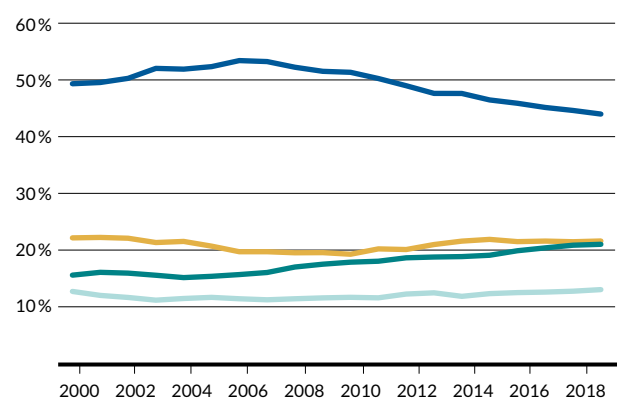
Anteile von Weltklassepatenten – Abfallwirtschaft



NACHHALTIGE VERPACKUNGEN

Nachhaltige Verpackungen beinhalten Techniken zur Verwendung von biologisch gewonnenen oder biologisch abbaubaren Materialien für Verpackungslamine, Flaschen, Schalen und Beutel. Neben den Polymeren wie Cellulosen werden auch viele Arten von spezifischen Biomaterialien in Barriere- und Funktionsschichten abgedeckt (z. B. Naturfasern).

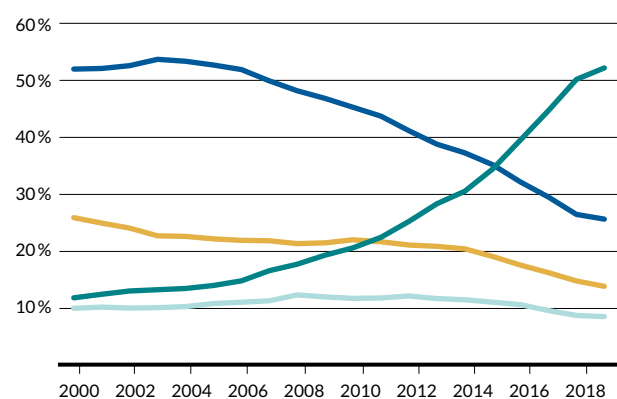
Anteile von Weltklassepatenten – Nachhaltige Verpackungen



WASSERAUFBEREITUNG

Wasseraufbereitung umfasst Prozesse und Materialien, um Verunreinigungen aus Abwasser zu entfernen und um Wasser so aufzureinigen, dass es eine hohe Qualität aufweist. Neben der Trinkwasseraufbereitung ist auch die industrielle Abwasserbehandlung sowie das Reinstwasser gemeint. Ebenfalls enthalten sind die Technologien zur Ableitung von Siedlungsabwässern, Kanälen und Wasserabflussanlagen.

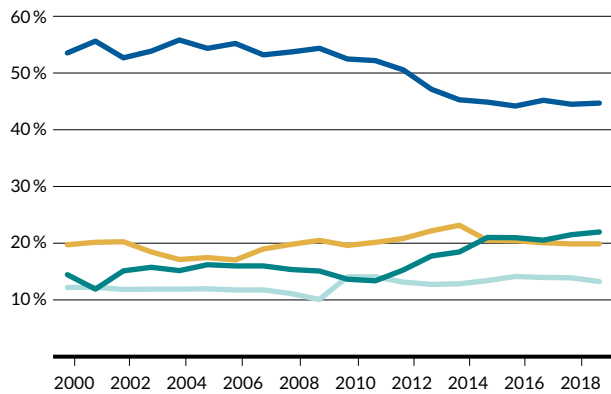
Anteile von Weltklassepatenten – Wasseraufbereitung



CO₂-ABSCHEIDUNG UND -SPEICHERUNG

CO₂-Abscheidung und -Speicherung umfasst Techniken zur Reduzierung der CO₂-Menge in den Emissionen oder zur Umwandlung von CO₂ in andere, zu meist nützliche Produkte. Typische Verfahren sind Ab- oder Adsorption, biologische, physikalische oder chemische Trennprozesse, Filter sowie Auffangvorrichtungen.

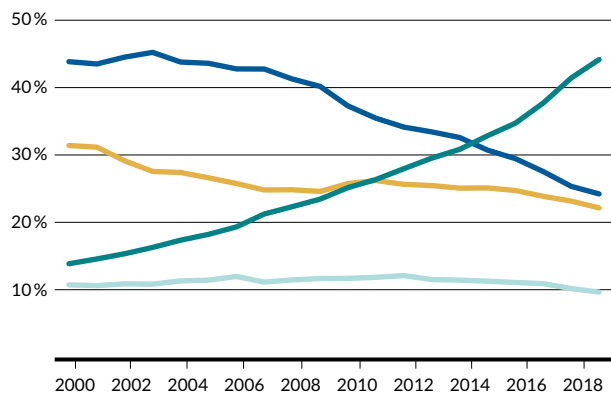
Anteile von Weltklassepatenten – CO₂-Abscheidung und -Speicherung



RECYCLING

Recycling bildet die Wiederverwendung und die Verarbeitung von Polymerabfällen, Metallen und dergleichen ab. Es gibt Überschneidungen zum Abfallmanagement, Recycling konzentriert sich jedoch stärker auf den Aspekt der Aufarbeitung, d. h. auf die Verbesserung des Produktzyklus sowie auf vollständige Recyclingsysteme. Die Wiederverwendung von Abfallstoffen schließt auch die industrielle Wiederverwendung von Prozessabfällen mit ein und wird nicht auf das Recycling von Siedlungsabfällen begrenzt.

Anteile von Weltklassepatenten – Recycling

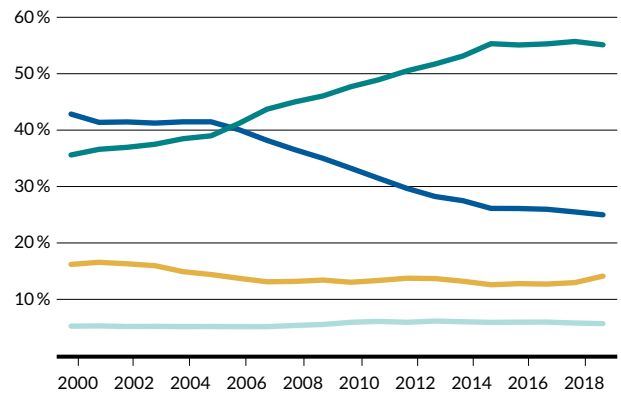


ENERGIE

BATTERIETECHNIK

Die Batterietechnik umfasst alle Bereiche der Speicherung elektrischer Energie durch Ladungstrennung von Ladungsträgern. Die Technologie beinhaltet sämtliche Batterietypen, Elektroden für Batterien wie auch Separatoren. Es werden zudem Technologien rund um die Verwendung von Batteriezellen in Batterieelementen erfasst.

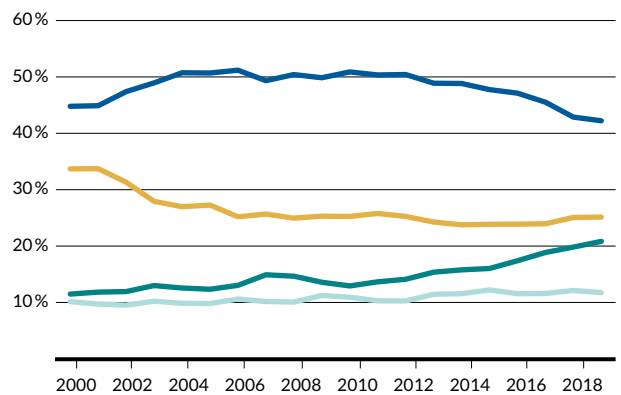
Anteile von Weltklassepatenten – Batterietechnik



BIOKRAFTSTOFFE UND BIOMASSE

Bei Biokraftstoffe/Biomasse geht es um die Umwandlung von Biokohlenstoff, insbesondere kohlenstoffhaltiger Abfälle, zu Treibstoffen sowie um die Umwandlung von Biomasse zu Energie (Biostrom) oder Energieträgern (Biogas).

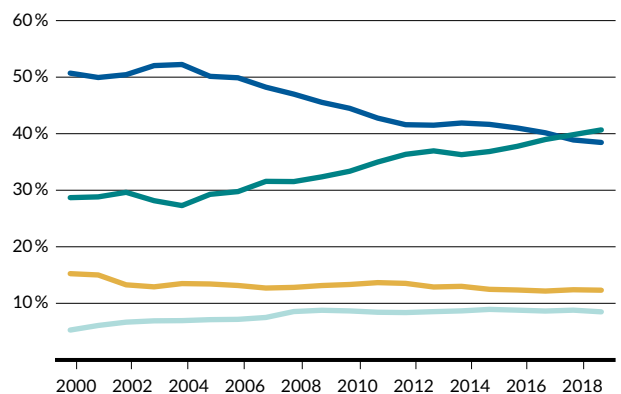
Anteile von Weltklassepatenten – Biokraftstoffe und Biomasse



ENERGIEEINSPARUNG

Energieeinsparungen beziehen sich auf Strom sparende Ansätze, zumeist im Elektronikumfeld. Dazu gehören vor allem Halbleiter mit geringerem Stromverbrauch, Stand-by-Schaltungen, Stromspar- und Schlaffunktionen sowie energiesparende Serverinstallationen.

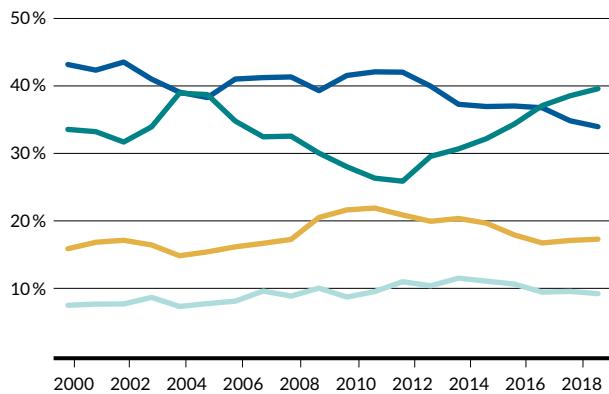
Anteile von Weltklassepatenten – Energieeinsparung



ENERGIEUMWANDLUNG

Energieumwandlung ist ein Sammelfeld verschiedener Formen der Energieumwandlung und enthält neben den dominierenden AC/DC-Wandlern verschiedener Frequenzbereiche auch DC/DC-Wandler und verschiedene dynamoelektrische Geräte bis hin zur Umwandlung thermischer Energie in mechanische Energie.

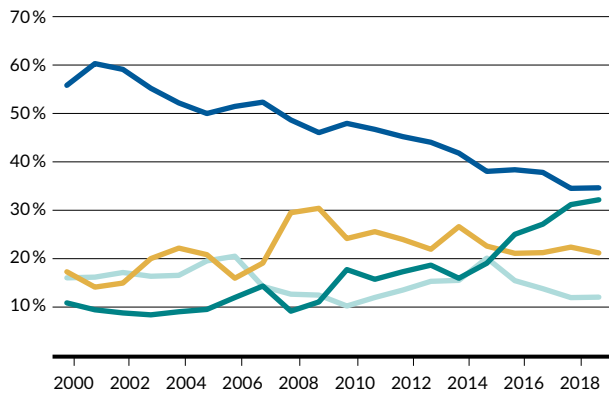
Anteile von Weltklassepatenten – Energieumwandlung



GEOTHERMIE

Geothermie umschreibt die Nutzung der Erdwärme als erneuerbare Energiequelle. Sie umfasst auch Wärmepumpen, die direkt zur Umwandlung von Erdwärme in Wärmeenergie geeignet sind.

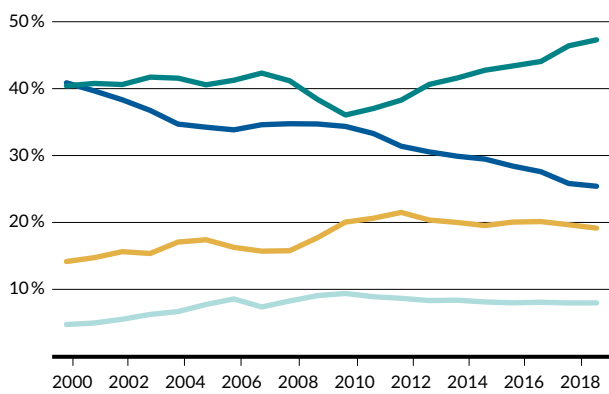
Anteile von Weltklassepatenten – Geothermie



PHOTOVOLTAIK

Photovoltaik umfasst alle Bereiche der Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität. Enthalten sind nicht nur die eigentlichen Solarzellen, sondern auch verschiedene Technologien zum Einbau, zur Verwendung und zur Optimierung von Solarzellen.

Anteile von Weltklassepatenten – Photovoltaik

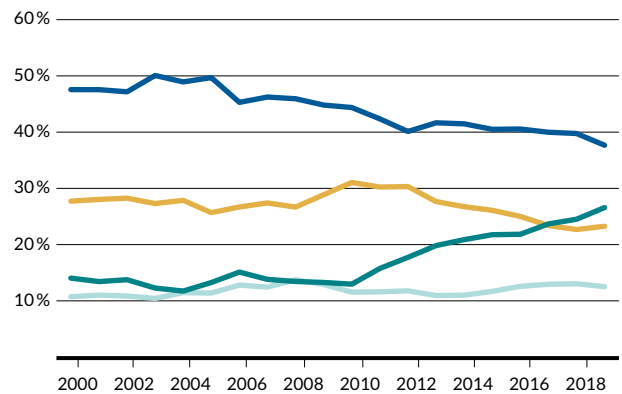


ENERGIE

SOLARTHERMIE

Die Solarthermietechnologie umfasst solarthermische Anlagen, die im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen nicht zur Strom- sondern auch zur Wärmeerzeugung dienen.

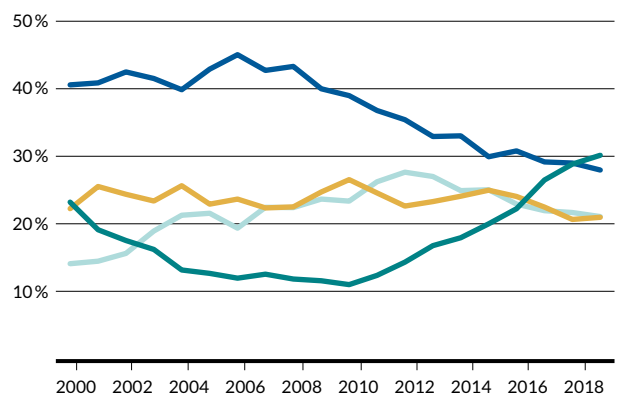
Anteile von Weltklassepatenten – Solarthermie



WASSERKRAFT

Die Wasserkrafttechnologie bezeichnet die Stromerzeugung aus verschiedenen wasserbezogenen Energieformen, z. B. durch Gezeitenkraftwerke, Strömungs- und Wellenkraftwerke sowie klassische Wasserkraftwerke.

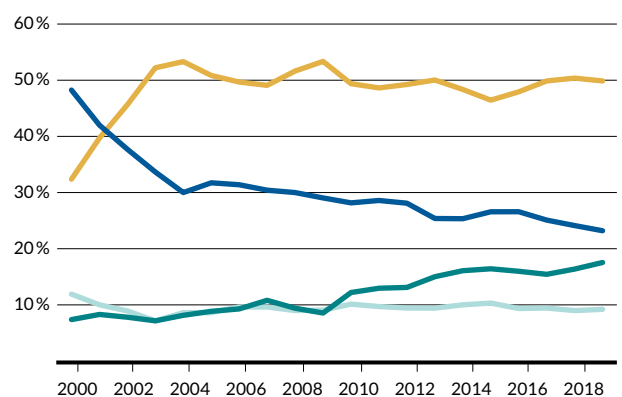
Anteile von Weltklassepatenten – Wasserkraft



WINDKRAFT

Die Windkraft beinhaltet die Stromerzeugung durch Windgeneratoren verschiedenster Bauart – von eher kleinen Anwendungen bis hin zu windbetriebenen Schiffen. Einzelne Teile wie Motoren oder Rotorblätter fallen ebenso unter die Definition.

Anteile von Weltklassepatenten – Windkraft

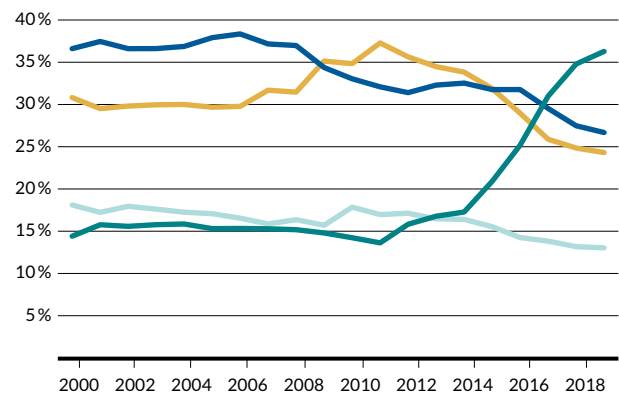


ERNÄHRUNG

BIOZIDE

Biozide bezeichnet hier nicht nur chemische Substanzen für den Einsatz gegen Schädlinge und Mikroorganismen, sondern enthält auch die Obergruppe der verschiedenen Pflanzenschutzmittel, zu denen die Herbizide, Fungizide und Insektizide zählen.

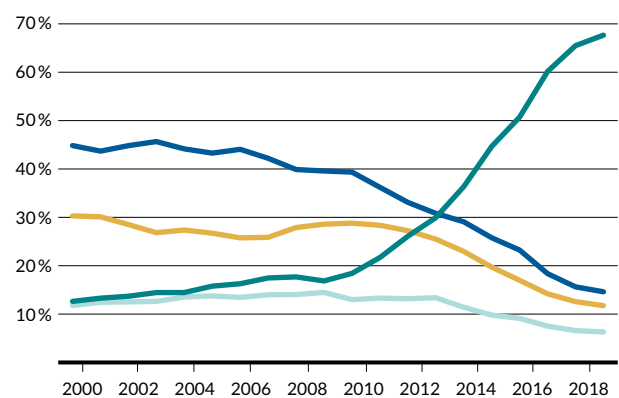
Anteile von Weltklassepatenten – Biozide



DÜNGEMITTEL

Düngemittel sind sämtliche wachstumsunterstützende Materialien im Landwirtschaftsbereich. Diese Dünger können klassische Stickstoff-, Phosphor- oder andere Elementdünger sein, aber auch Klärschlämme und andere Materialien zur Bodenverbesserung umfassen. Ebenfalls enthalten sind Verfahren zur Reduktion des Düngereinsatzes sowie das Düngermanagement.

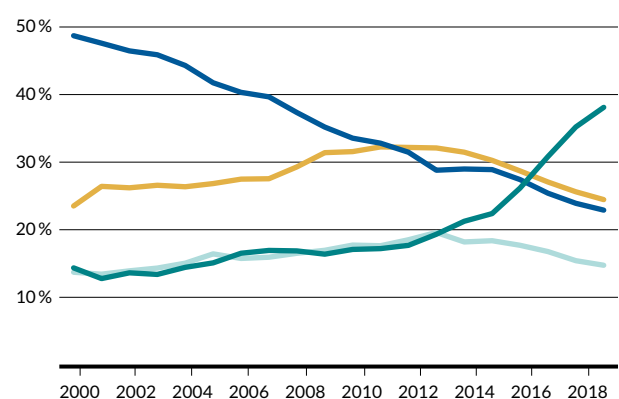
Anteile von Weltklassepatenten – Düngemittel



FUNCTIONAL FOOD

Functional-Food-Technologien reichern Nahrungsmittel mit zusätzlichen gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen an und befinden sich damit an der Grenze zu den Gesundheitstechnologien. Dabei werden nicht nur Zusatzstoffe oder Ersatzstoffe verwendet, sondern es kommen auch Verfahren zum Einsatz, um gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe zu optimieren oder zu verstärken. Zudem gehören für einzelne Patient*innen maßgeschneiderte Darmbakterien (Mikrobiome) zur Unterstützung von medizinischen Therapien dazu.

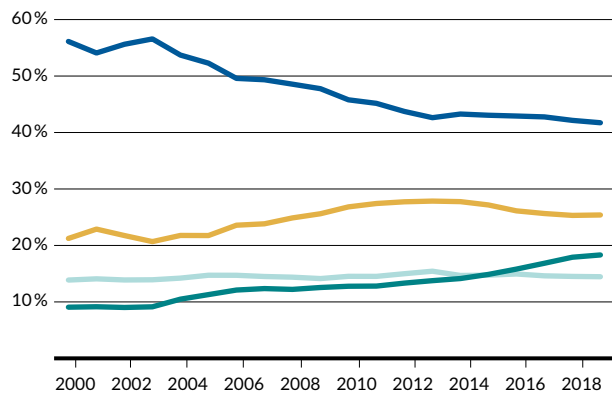
Anteile von Weltklassepatenten – Functional Food



GREEN BIOTECH

Green Biotech ist die Unterkategorie der Biotechnologie für Pflanzenanwendungen, Landwirtschaft und Lebensmittel. Den Kern der Technologie macht die genetische Veränderung von Pflanzen und Saatgut aus.

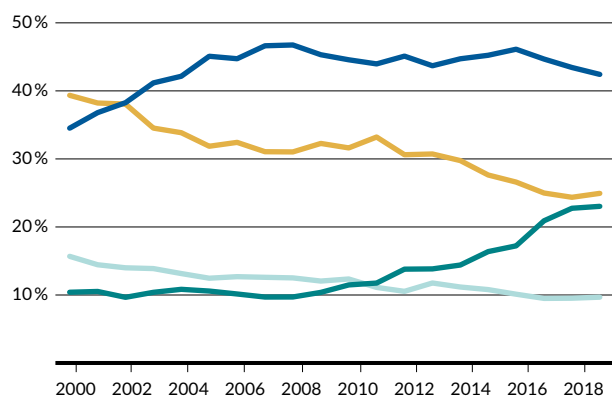
Anteile von Weltklassepatenten – Green Biotech



PRÄZISIONSLANDWIRTSCHAFT

Durch die Präzisionslandwirtschaft soll die landwirtschaftliche Effizienz erhöht werden. Dazu gehört die Verwendung von Drohnen oder autonomen Fahrzeugen wie z. B. Farm- und Ernterobotern, aber auch die Analyse von Böden mittels Satelliten und der Einsatz von maschinellem Lernen im landwirtschaftlichen Bereich.

Anteile von Weltklassepatenten – Präzisionslandwirtschaft

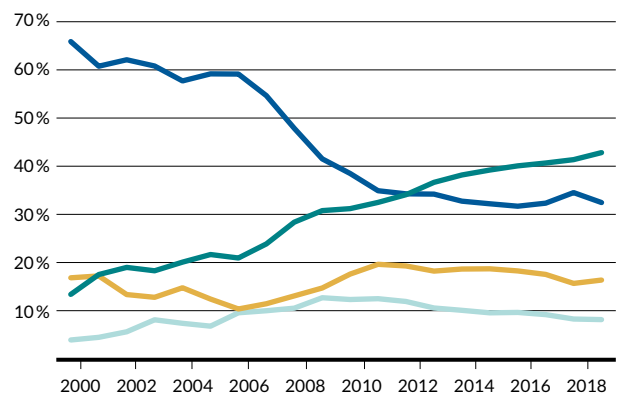


INFRASTRUKTUR

5G

Die 5. Generation des Mobilfunknetzes ist eine Technologie mit einer deutlich höheren Datenrate als die Vorgängerversion. Durch bis zu zehn Gigabit pro Sekunde verspricht 5G die gleichzeitige Ansprache von 100 Milliarden mobilen Endgeräten. Aufgrund der Verwendung mehrerer Sende- und Empfangsantennen und Frequenzen im Millimeterbereich können mobile Empfangsgeräte bei Bedarf gezielt mit hohen Datenraten versorgt werden.

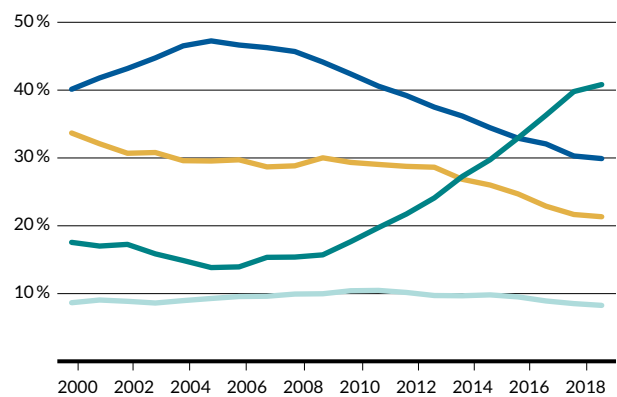
Anteile von Weltklassepatenten – 5G



BAUWESEN

Bauwesen wird hier auf den sicherheitsrelevanten Teil des Bauens sowie auf Hitze-, Schall- und Strahlungsschutz sowie auf Wärmeisolation eingegrenzt. Ebenfalls enthalten sind die Maßnahmen zur Sicherung von Bauten gegen Stürme und Fluten sowie andere, insbesondere klimarelevante Anpassungstechnologien.

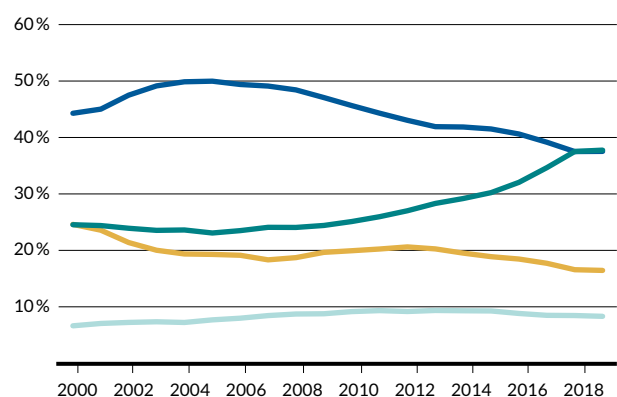
Anteile von Weltklassepatenten – Bauwesen



INTERNET DER DINGE

Das Internet der Dinge als Sammelgruppe fokussiert sich auf die Verbindung von Geräten über Netzwerke – drahtlos wie auch drahtgebunden. Maschine-zu-Maschine-Kommunikation im industriellen Umfeld und Ansätze zur Kommunikation zwischen Geräten sind Teil der Definition. Damit sind auch die vernetzenden Elemente von Smart City, Smart Home und Smart Grid inbegriffen, nicht jedoch die Endgeräte.

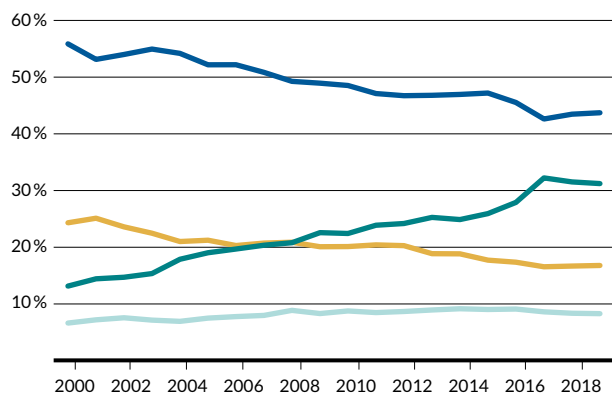
Anteile von Weltklassepatenten – Internet der Dinge



SMART CITY

Die Bezeichnung Smart City ist breit gefasst und beinhaltet sämtliche Aspekte moderner digitaler und damit effizienterer Stadtentwicklung von Verkehr, Sicherheit, Gesundheit und Umwelt über Energie- und Wasserversorgung bis hin zu neuen Formen gesellschaftlicher Teilhabe. Gegenwärtig dominieren in dieser Technologie Verkehrsflusssysteme sowie Möglichkeiten der Energieversorgung.

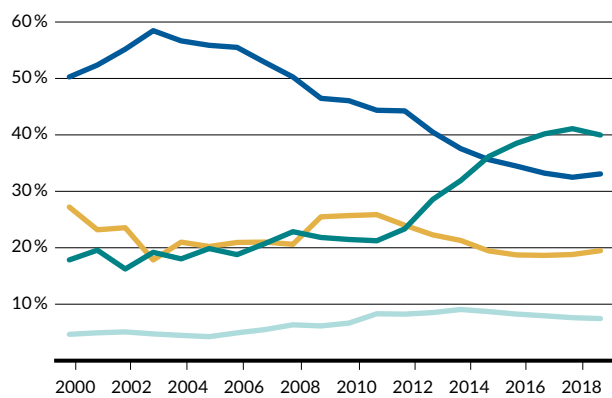
Anteile von Weltklassepatenten – Smart City



SMART GRID

Smart Grid umfasst das Management von Stromnetzen und schließt verschiedene Methoden zur Vorhersage oder Steuerung von Lasten in Stromnetzen mit zentralen oder verteilten Generatoren bis zu den Standorten der Endverbraucher ein.

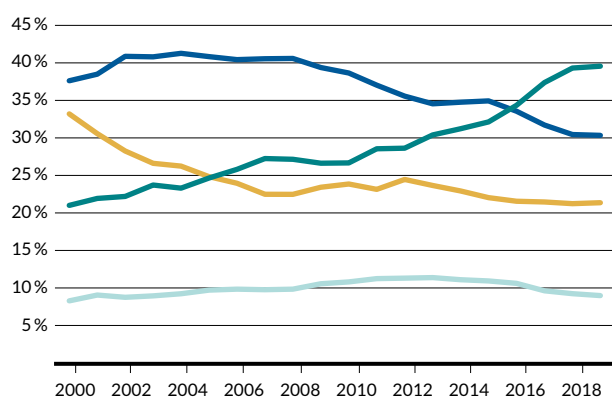
Anteile von Weltklassepatenten – Smart Grid



SMART HOME

Smart Home bezeichnet die Konzepte Sensor/Aktor und Netzwerk zur Anwendung in Gebäuden. Es umfasst weiterhin die Gebäudeautomation. Die Endgeräte gehören nicht zu Smart Home, wenn sie nicht als wesentlichen Bestandteil die Netzwerkkomponente oder Automatisierungselemente umfassen.

Anteile von Weltklassepatenten – Smart Home

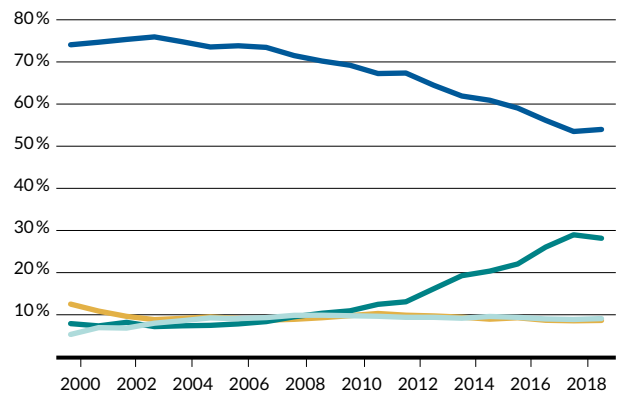


DIGITALISIERUNG

BIG DATA

Big Data bezeichnet Datensätze, die zu unstrukturiert, zu umfangreich oder zu komplex sind, um sie mit klassischer Datenverarbeitungssoftware verwalten zu können. Die Technologie beinhaltet neue Ansätze zur Suche, Indexierung, Verwaltung und Analyse dieser Daten sowie Geschäftsmethoden, die darauf aufbauend entwickelt werden können.

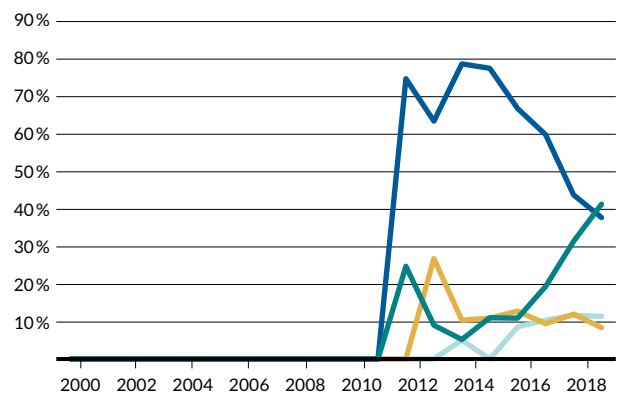
Anteile von Weltklassepatenten - Big Data



BLOCKCHAIN

Blockchain ist eine gemeinsam genutzte Datenbanktechnologie, bei der Verbraucher*innen und Lieferant*innen einer Transaktion direkt miteinander verknüpft werden und Einzelheiten der Transaktion immer verzeichnet sowie für alle einsehbar und verifizierbar sind. Neben der bekanntesten Blockchainanwendung Bitcoin sind auch Verträge (Smart Contracts) oder Wahlen mithilfe dieser Technologie möglich. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die beständige Überprüfbarkeit von Lieferketten.

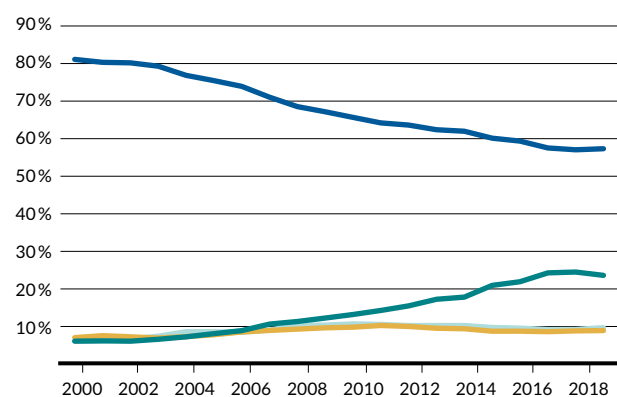
Anteile von Weltklassepatenten - Blockchain



CLOUD COMPUTING

Cloud Computing dient der Entwicklung und Verwaltung einer virtuellen IT-Infrastruktur, die lokale Systeme ersetzt. Neben der Skalierbarkeit der nachgefragten Infrastruktur (infrastructure as a service) sind Nutzungszugänge für Anwendungen (software as a service) und Rechenkapazitäten (platform as a service) Teile der Technologie.

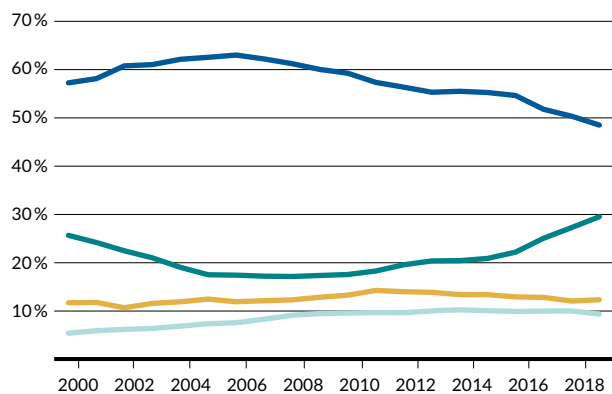
Anteile von Weltklassepatenten - Cloud Computing



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Künstliche Intelligenz bezeichnet Anwendungen, die kognitive Fertigkeiten des Menschen – wie das Lösen von Problemen – nachahmen. Die Technologie beinhaltet verschiedene Ansätze wie Machine Learning, Neural Networks und Deep Learning. Diese können für neue Entwicklungen in den Bereichen Spracherkennung, Bildanalyse, Zeichenerkennung und Datenanalyse nutzbar gemacht werden.

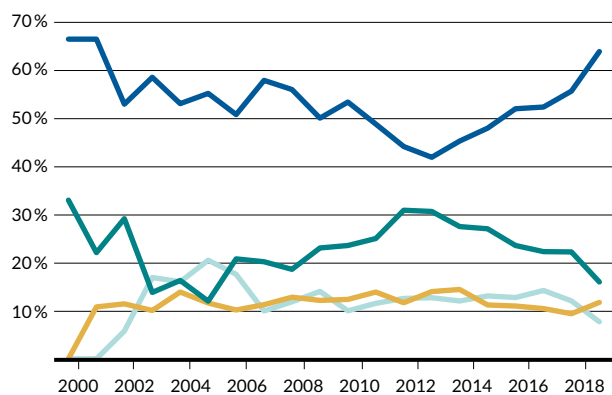
Anteile von Weltklassepatenten – Künstliche Intelligenz



QUANTENCOMPUTING

Unter Quantencomputing werden Computer der nächsten Generation gefasst, die auf Basis quantenmechanischer Zustände und nicht nach physikalischen Gesetzen arbeiten.

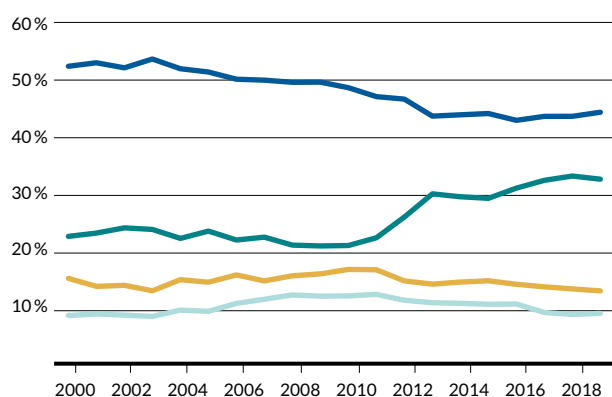
Anteile von Weltklassepatenten – Quantencomputing



VIRTUAL / AUGMENTED REALITY

Virtual/Augmented Reality bezeichnet die Wahrnehmung der Wirklichkeit in einer computergenerierten und interaktiven Umgebung. Neben der virtuellen Realität ist auch die Augmented Reality Teil der Analyse. Hier sehen Anwender*innen die reale Welt und bekommen zusätzlich Informationen eingeblendet.

Anteile von Weltklassepatenten – Virtual/Augmented Reality

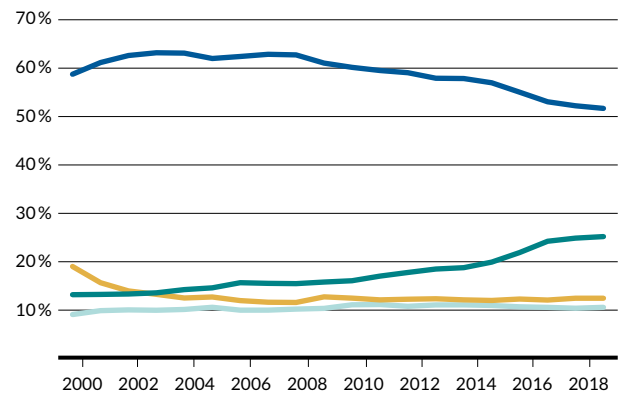


SICHERHEIT

AUTHENTIFIZIERUNG UND IDENTIFIZIERUNG

Authentifizierung beschreibt den Teilbereich der Identifikation von Teilnehmer*innen in sicherheitsrelevanten digitalen Verbindungen und enthält neben Biometrie und Fingerabdrucksensoren auch ID Token, spezielle Blockchainanwendungen und digitale Wallets.

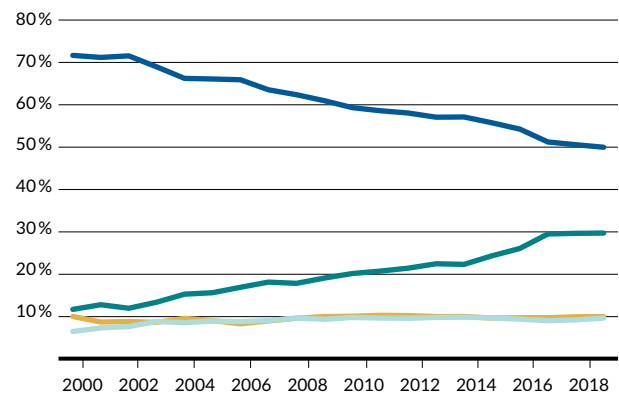
Anteile von Weltklassepatenten – Authentifizierung und Identifizierung



CYBERSICHERHEIT

Cybersicherheit dient der Verhinderung von nicht erwünschtem Eindringen in Computer und digitale Endgeräte. Darunter fällt insbesondere eine große Bandbreite von Antischadsoftware.

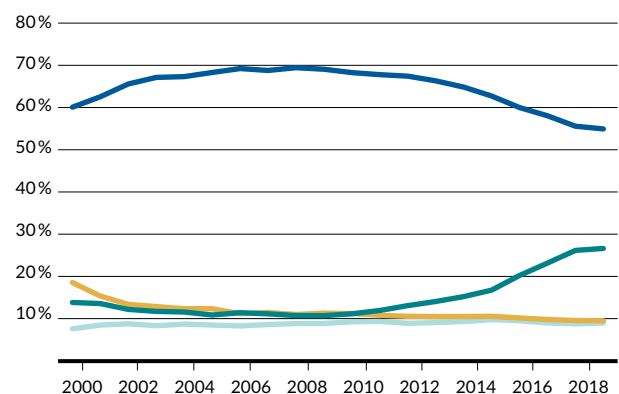
Anteile von Weltklassepatenten – Cybersicherheit



FINANZTECHNOLOGIE UND ZAHLUNGSVERKEHR

Finanztechnologie und Zahlungsverkehr beschreibt das Gebiet der finanztechnischen Verfahren und Methoden aus dem Bereich des Bank-, Versicherungs-, Wertpapier- und Transaktionswesens. Inbegriffen sind auch Anwendungen von Simulationssoftware sowie maschinelles Lernen zur Mustererkennung und Vorhersage. Ebenfalls enthalten sind Anwendungen zur Ermöglichung von Zahlungen, z. B. im Onlinehandel.

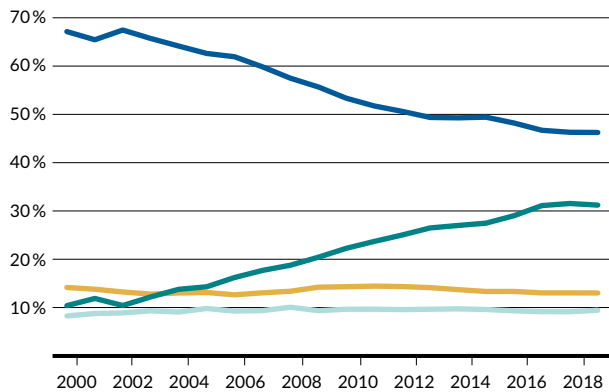
Anteile von Weltklassepatenten – Finanztechnologie und Zahlungsverkehr



NETZWERKSICHERHEIT

Netzwerksicherheit bezieht sich auf Maßnahmen zur Sicherung der in Netzwerken verteilten Daten und Informationen und beinhaltet maßgeblich Verschlüsselungstechnologien.

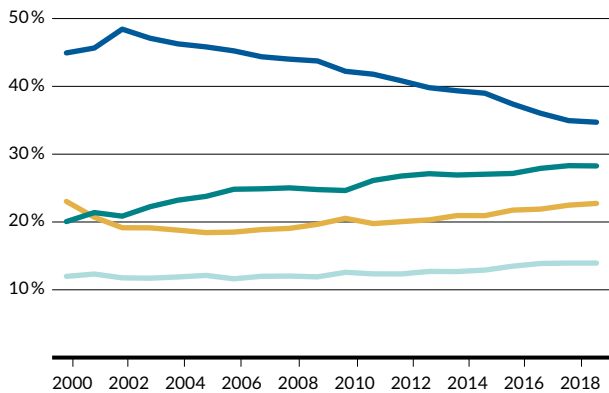
Anteile von Weltklassepatenten – Netzwerksicherheit



PRODUKTSICHERHEIT

Produktsicherheit umfasst Maßnahmen, um die Authentizität, Sicherheit und Echtheit von Produkten garantieren zu können. Dazu gehört die Herstellung von Banknoten, Pässen und Medikamentenverpackungen.

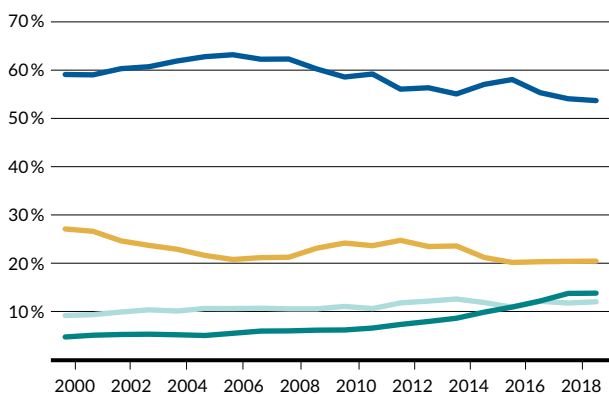
Anteile von Weltklassepatenten – Produktsicherheit



VERTEIDIGUNG

Unter Verteidigung fallen Waffen- und Rüstungsgüter. Es sind nicht nur Munition für Schusswaffen, Raketen und Marschflugkörper, sondern auch gepanzerte Fahrzeuge, militärische Drohnen, Artillerie und Flugabwehrwaffen enthalten.

Anteile von Weltklassepatenten – Verteidigung

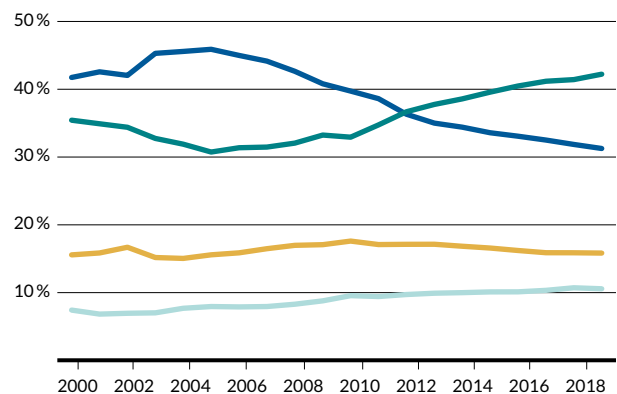


MATERIALIEN

CARBON UND GRAPHEN

Carbon bezeichnet eine ganze Reihe von Kohlenstoffverbindungen wie etwa Carbonfasern, Fullere oder Carbon Nanotubes sowie weitere nanostrukturierte Carbonmaterialien. Nicht enthalten sind amorphe Kohlenstoffzeugnisse wie Aktivkohle. Graphene sind eine Untergruppe, in denen der Kohlenstoff zweidimensional angeordnet ist. In dieser Gruppe sind keine Carbonverbundstoffe enthalten.

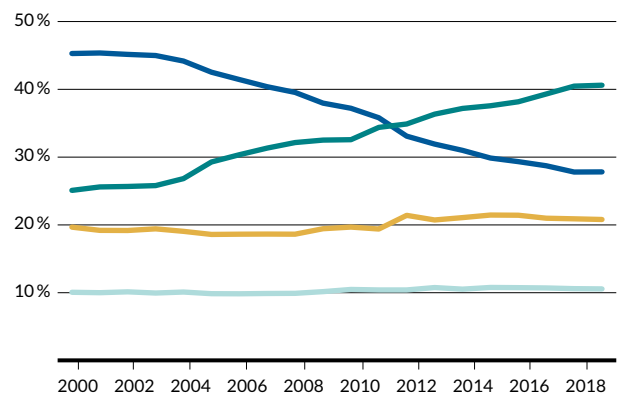
Anteile von Weltklassepatenten – Carbon und Graphen



FUNKTIONELLE MATERIALIEN

Die Sammelgruppe funktioneller Materialien umfasst verschiedene Stoffe, für die spezielle Funktionen charakteristisch sind. Dabei handelt es sich z. B. um selbstheilende, leitfähige oder Formgedächtnispolymere, Xeroge, Hydrogele und Aeroge, lumineszierende oder piezoelektrische Materialien.

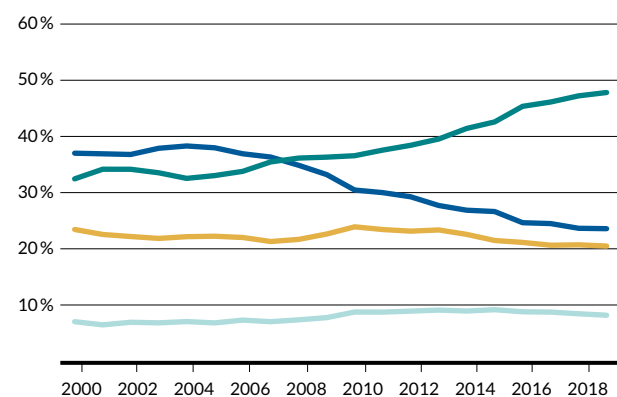
Anteile von Weltklassepatenten – Funktionelle Materialien



FUNKTIONSBESCHICHTUNGEN

Funktionsbeschichtungen sind eine Sammelklasse verschiedener Typen von Beschichtungen, die z. B. selbstheilend, elektrophoretisch, thermosensitiv, elektrolumineszierend, leitfähig, feuerfest, flammhemmend oder antikorrosiv sind.

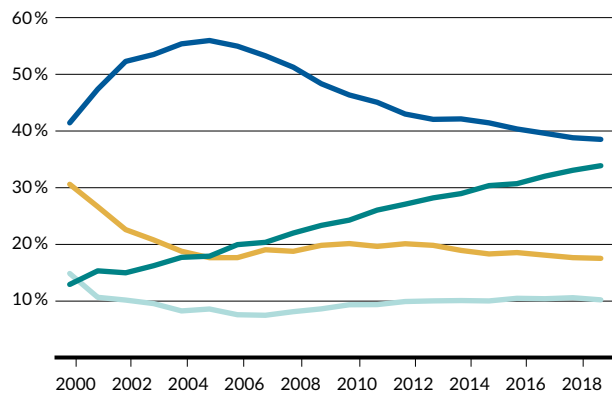
Anteile von Weltklassepatenten – Funktionsbeschichtungen



NANOMATERIALIEN

Nanomaterialien sind alle Materialien, bei denen das Primärteilchen eine Größe von 100 Nanometer unterschreitet. Eine bedeutende Anwendung ist die Verarbeitung von Silbernanopartikeln als antibakterieller Wirkstoff in Gegenständen des täglichen Gebrauchs.

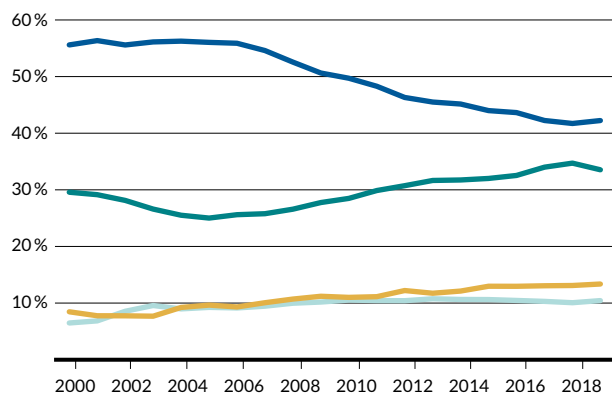
Anteile von Weltklassepatenten – Nanomaterialien



QUANTENTECHNOLOGIE

Die Quantentechnologie umfasst verschiedene Materialien und Prozesse auf quantenmechanischem Niveau. Die Kontrolle individueller Quantensysteme durch die Nutzung der spezifischen Eigenschaften der Quantenmechanik ist ein neues Forschungsfeld. Hohe Erwartungen werden vor allem an die Bereiche der Quantensensorik und der Quantenkryptografie gerichtet. Quantencomputing ist separat ausgewiesen.

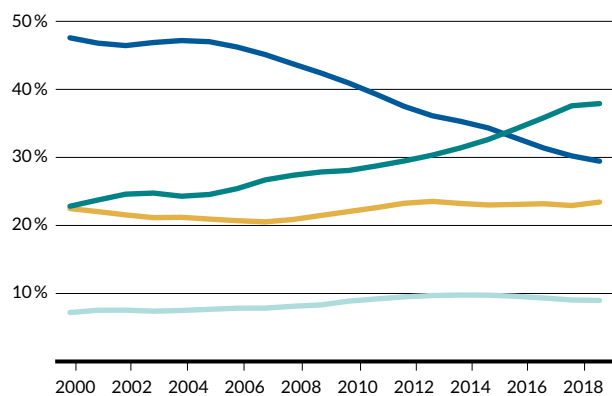
Anteile von Weltklassepatenten – Quantentechnologie



VERBUNDWERKSTOFFE

Verbundwerkstoffe sind eine Sammelklasse verschiedener heterogener Werkstoffe, die aus mindestens zwei verschiedenen Stoffen bestehen und durch den Verbund zu neuen Materialien mit oft stark gesteigerten Eigenschaften werden. Das bekannteste Beispiel sind Carbonmaterialien, ein Verbundstoff aus Carbonfasern und einem Polymer.

Anteile von Weltklassepatenten – Verbundwerkstoffe



GESUNDHEIT

DIGITALE MEDIZINTECHNIK

Digitale Medizintechnik beschreibt Anwendungen der Künstlichen Intelligenz in der Diagnostik, z. B. die Röntgenbildanalyse, den medizinischen 3D-Druck und roboterunterstützte Behandlungen. Auch die Vernetzung von Informationen im Sinne von Schnittstellen zwischen medizinischen Geräten bis zur automatisierten Aufnahme von Patientendaten ist Teil der digitalen Medizintechnik. Weiterhin gehören Biosensoren und tragbare Geräte mit digitalen Elementen zur Messung, Diagnose und Behandlung im und am menschlichen Körper zu dieser Technologie.

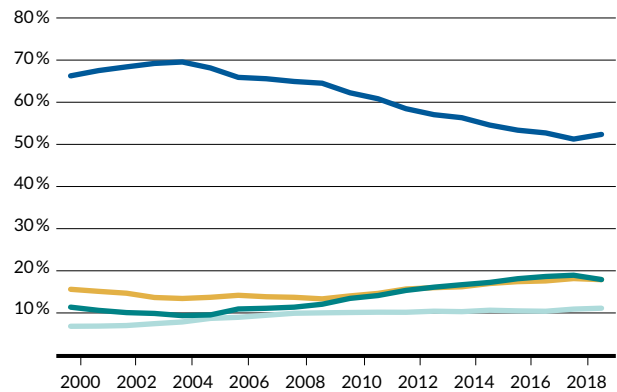
ERFORSCHUNG VON KRANKHEITEN

Die Erforschung von Krankheiten beinhaltet sämtliche Aktivitäten hinsichtlich der „großen“ Krankheiten Krebs, HIV, Diabetes und COPD. Neben Therapieansätzen beschreiben Patente hier auch neue Testmethoden. Nicht zu dieser Technologie gehören medizintechnische Anwendungen wie beispielsweise Insulinspritzen.

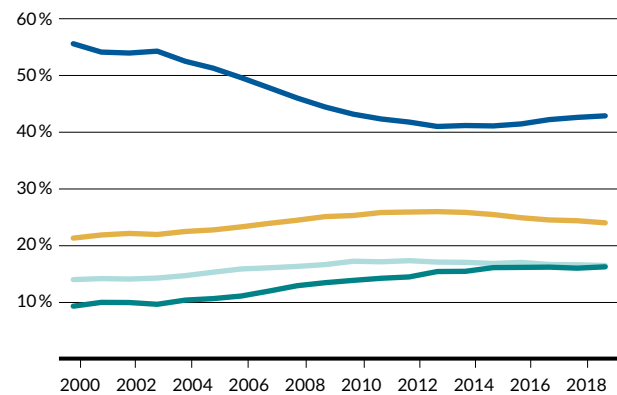
GENTECHNIK

Gentechnik im medizinischen Umfeld umfasst verschiedene Aspekte der Genterapie sowie die Editierung des Genoms und ist ein Sammelbegriff für molekularbiologische Verfahren zur zielgerichteten Veränderung von DNA. Auch CRISPR/Cas und verwandte Techniken sind hier enthalten.

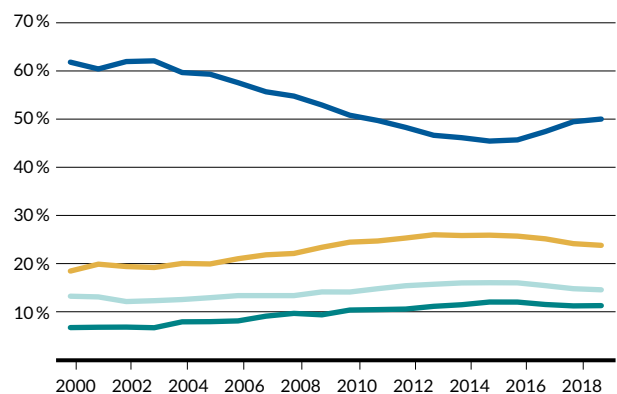
Anteile von Weltklassepatenten – Digitale Medizintechnik



Anteile von Weltklassepatenten – Erforschung von Krankheiten



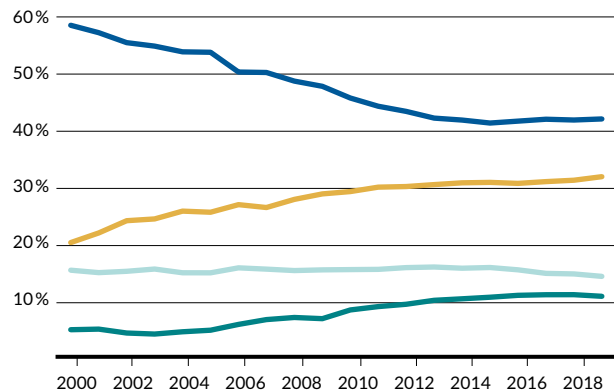
Anteile von Weltklassepatenten – Gentechnik



IMPfstOFFE

Impfstoffe umschreibt das technologische Gebiet der Entwicklung pharmakologisch wirksamer Stoffe zur aktiven oder passiven Immunisierung von Mensch und Tier gegen virale oder bakterielle Infektionen. Es umfasst alle medizinischen Impfstoffpräparate sowie die dazugehörigen Antigene und Antikörper. Nicht enthalten sind Virentests, Immunnassays und Applikationstechniken der Impfstoffe.

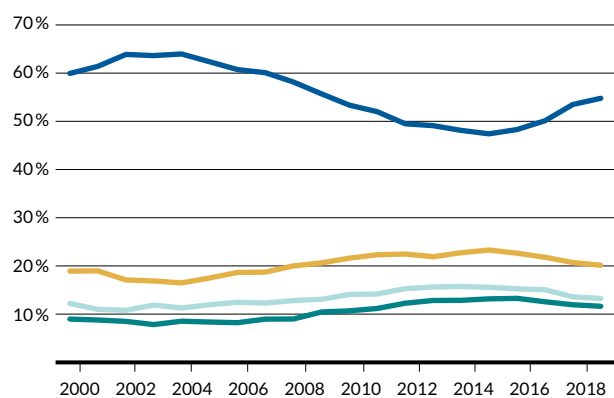
Anteile von Weltklassepatenten – Impfstoffe



PRÄZISIONSMEDIZIN

Die Präzisionsmedizin ist eine junge Technologie, die sich mit maßgeschneiderten Medikamenten, spezifischen Immuntherapien und individuellem Or-
gandruck auf die individuelle Behandlung von Patient*innen fokussiert.

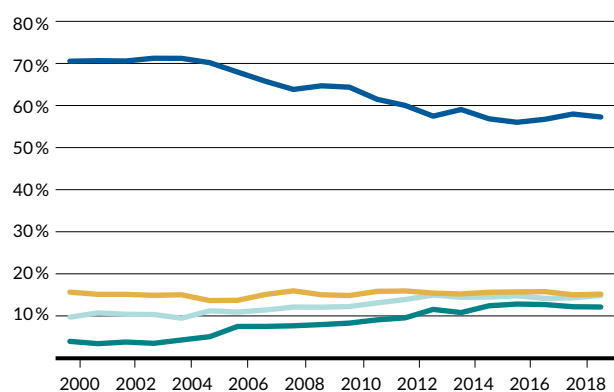
Anteile von Weltklassepatenten – Präzisionsmedizin



RATIONALES WIRKSTOFFDESIGN

Rationales Wirkstoffdesign umfasst die Erforschung von medizinischen Wirkstoffen mit digitalen Methoden außerhalb des klassischen Labors. Dazu gehören auch molekulare Bibliotheken und diverse Anwendungs- und Berechnungsmethoden aus der chemischen Grundlagenforschung. Zudem ist digitale Forschung im biotechnologischen Umfeld enthalten.

Anteile von Weltklassepatenten – Rationales Wirkstoffdesign

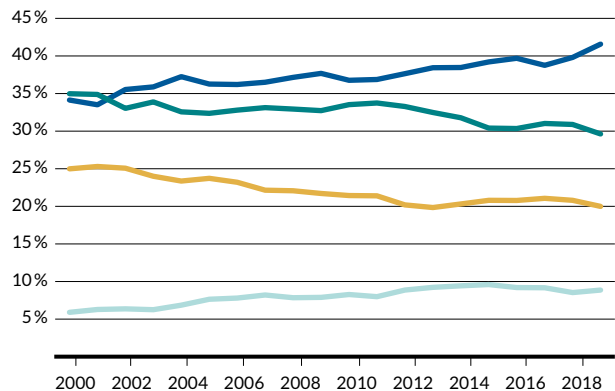


MOBILITÄT

AUTONOMES FAHREN

Die Technologie des autonomen Fahrens beschreibt die Entwicklung autonomer Fahrzeuge und beinhaltet alle fünf Stufen der Automatisierung. Diese beginnt mit Level 1: Assistierte Fahren – Assistenzsysteme, die den Fahrer bei bestimmten Aufgaben unterstützen, und führt bis Level 5: Autonomes Fahren – das Fahrzeug fährt komplett autonom, d. h., alle Personen im Fahrzeug werden zu Passagieren.

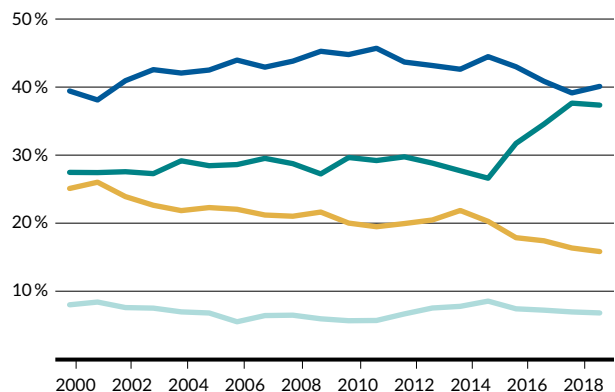
Anteile von Weltklassepatenten – Autonomes Fahren



DROHNEN

Bei Drohnen stehen die Geschäftsanwendungen im Vordergrund, da Drohnen schneller, günstiger und häufiger als Menschen oder Hubschrauber Inspektionen durchführen und Daten sammeln können. Neben Drohnen der Logistikbranche (Lieferdienste) sind auch militärische Drohnen sowie diverse unbemannte und selbststeuernde Fahrgeräte wie Minenroboter oder unbemannte U-Boote Teil der Technologie. Letztere unterscheiden sich von autonomen Fahrzeugen durch die Nichtbemanntheit und können, müssen aber nicht selbststeuernd sein.

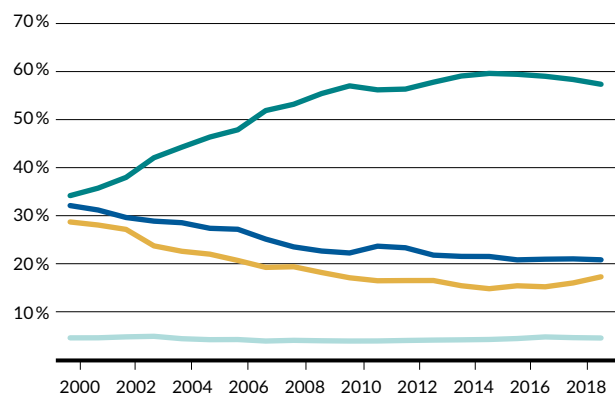
Anteile von Weltklassepatenten – Drohnen



ELEKTROMOBILITÄT

Diese Technologie umfasst elektrische Straßenfahrzeuge und legt den Schwerpunkt auf Kraftfahrzeuge, Busse und Lastkraftwagen, aber auch auf andere elektrische Fahrzeuge am Boden wie etwa Fahrräder. Luft-, See- und Schienenfahrzeuge sind nicht ausgeschlossen.

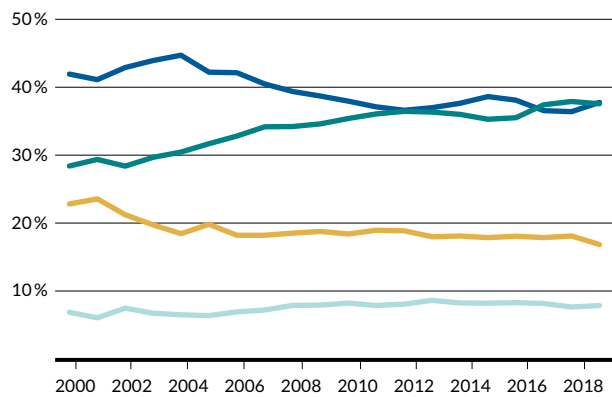
Anteile von Weltklassepatenten – Elektromobilität



INTELLIGENTES VERKEHRSMANAGEMENT

Intelligentes Verkehrsmanagement (Smart Traffic) bezeichnet die Technologien, die zur Vernetzung zwischen Fahrzeugen und Umfeld notwendig sind. Inbegriffen sind zudem Navigationstechnologien, Verkehrsflussregelungsansätze und diverse Verkehrsleitsysteme, die üblicherweise einen vernetzten Informationsfluss aufweisen.

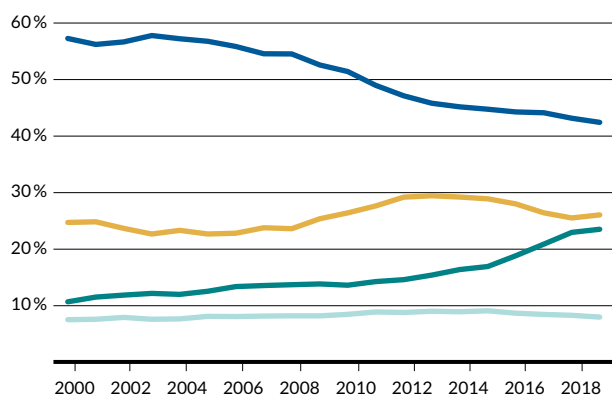
Anteile von Weltklassepatenten – Intelligentes Verkehrsmanagement



LUFT- UND RAUMFAHRT

Die Luft- und Raumfahrt umfasst alle Bereiche fliegender oder raumfahrender Geräte und Verfahren. Sie beinhaltet auch Teilaspekte von Flugzeugen, Raumschiffen, Flugdrohnen, Helikoptern und Raumstationen.

Anteile von Weltklassepatenten – Luft- und Raumfahrt

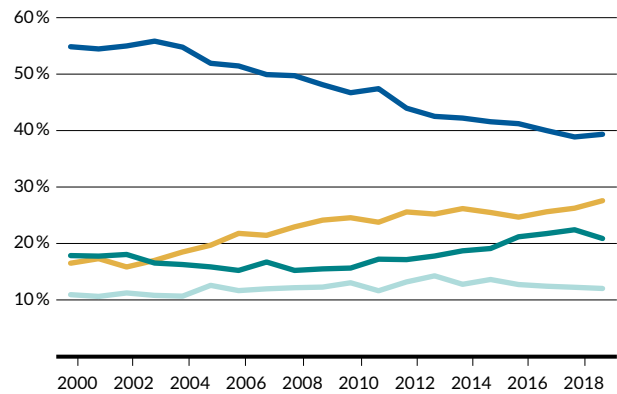


INDUSTRIE

3D-DRUCK

Der 3D-Druck beschreibt Produktionstechnologien, bei denen Produkte aus aufeinanderfolgenden Materialschichten aufgebaut werden. Dadurch können bestehende Prozessketten verbessert und neue Produktionsmöglichkeiten erschlossen werden. Anwendungsgebiete reichen von Produktionsgeräten über Konsumgüter bis hin zur Medizintechnik.

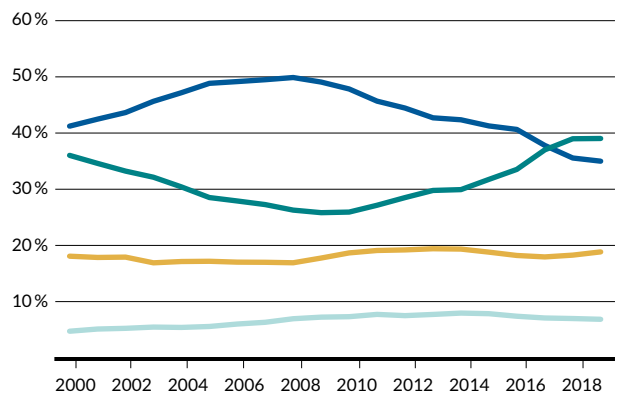
Anteile von Weltklassepatenten – 3D-Druck



PROZESSAUTOMATISIERUNG

Die Prozessautomatisierung bezieht sich auf den großen Bereich von der Steuerung und Regelung produzierender Einheiten bis hin zu verschiedenen Softwarelösungen in der industriellen Fabrikation.

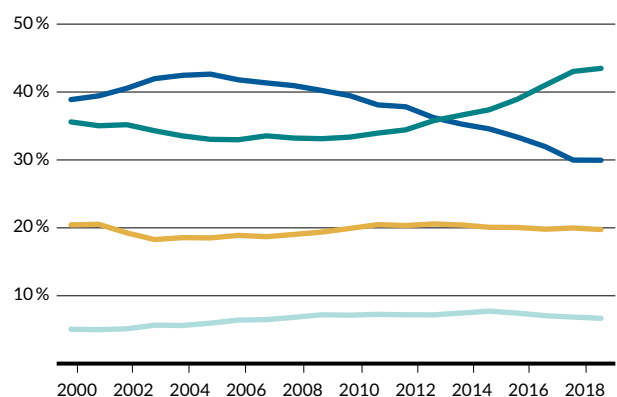
Anteile von Weltklassepatenten – Prozessautomatisierung



ROBOTIK

Die Technologie umfasst die gesamte Breite der Robotik, d. h. klassische Industrieroboter ebenso wie neuere Co-Roboter, die auf die Zusammenarbeit mit Menschen spezialisiert sind, z. B. Operations- und Pflegeroboter.

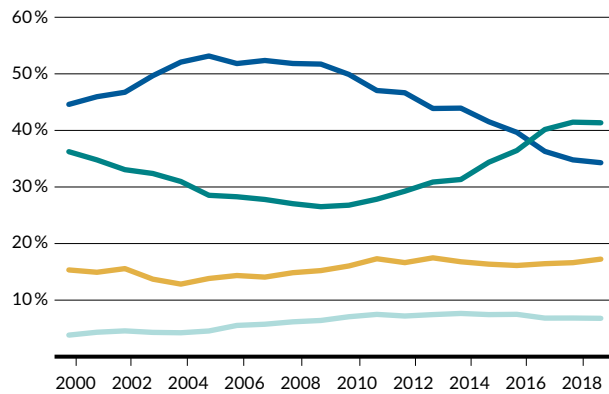
Anteile von Weltklassepatenten – Robotik



SMART FACTORY

Die Smart Factory umfasst moderne Methoden wie die vorausschauende Wartung von z. B. vernetzten Robotern und weitere vorausschauende Verfahren zur Steigerung der Produktionseffizienz. Dazu gehören die zentrale Fabriksteuerung, interaktive Fehlerdiagnose, maschinelles Sehen und industrielle Bildverarbeitung.

Anteile von Weltklassepatenten – Smart Factory



LITERATUR

BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. et al. (Hrsg.) (2018). Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018. www.bvse.de/images/pdf/Nachrichten_2018/Statusbericht_2018_Ansicht_und_Druck.pdf

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2018). Kauft China systematisch Schlüsseltechnologien auf? Chinesische Firmenbeteiligungen in Deutschland im Kontext von „Made in China 2025“. Gütersloh. www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Made_in_China_2025.pdf

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2020a). Von Trump und Xi lernen? Globalisierung und Innovation als Treiber einer neuen Industriepolitik. Gütersloh. www.bertelsmann-stiftung.de/publikationen/publikation/did/von-trump-und-xi-lernen/

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2020b). The impact of foreign-owned firms in the EU and Germany. Gütersloh. www.bertelsmann-stiftung.de/publikationen/publikation/did/the-impact-of-foreign-owned-firms-in-the-eu-and-germany/

Brücking, Mark und Andreas Hensge (2015). „Essbare Innovationen“ – Lebensmittel im Spannungsfeld von technologischem Fortschritt und Technikablehnung unter Verbrauchern. Fraunhofer-Allianz Food Chain Management, Berlin. www.fcm.fraunhofer.de/content/dam/fcm/de/documents/Veranstaltungen/EssbareInnovationen/Studie%20Essbare%20Innovationen.pdf

Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. A.). Personalisierte Medizin. www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/personalisierte-medizin-9457.php

Dunn, Andrew (2020). „There was and there is no take-over offer“: German coronavirus vaccine company CureVac is shooting down viral reports that Trump tried to buy it“. Business Insider, 17.3.2020. <https://www.businessinsider.com/curevac-coronavirus-vaccine-trump-germany-denial-2020-3?r=DE&IR=T>

Eisenring, Christoph (2019). „Hochfliegende Pläne für eine Batteriefabrik: „Nur damit darauf ein deutsches Fähnchen weht“. Neue Zürcher Zeitung, 4.4.2019. www.nzz.ch/wirtschaft/batteriefabrik-fuer-elektroautos-eine-deutsche-traumtaenzerei-ld.1472366

Ernst, Holger und Nils Omland (2011). „The Patent Asset Index – A new approach to benchmark patent portfolios“. World Patent Information, Vol. 33, S. 34–41. https://www.researchgate.net/publication/222968187_The_Patent_Asset_Index_-_A_new_approach_to_benchmark_patent_portfolios

Europäisches Parlament (2018). Treibhausgasemissionen nach Ländern und Sektoren (Infografik). 7.3.2018. www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20180301STO98928/treibhausgasemissionen-nach-landern-und-sektoren-infografik

EY – Ernst & Young (2019). Top 500 F&E: Wer investiert am meisten in Innovationen? Juli 2019. [www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-at-analyse-top-500-f-e-unternehmen-weltweit/\\$FILE/EY%20Top%20500%20FE%20Unternehmen%20Welt%202019.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-at-analyse-top-500-f-e-unternehmen-weltweit/$FILE/EY%20Top%20500%20FE%20Unternehmen%20Welt%202019.pdf)

Fasse, Markus (2018). „VW steckt Milliarden in die Vernetzung – und startet elektrisches Carsharing“. Handelsblatt, 23.08.2018. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/digitaloffensive-vw-steckt-milliarden-in-die-vernetzung-und-startet-elektrisches-carsharing/22944000.html?ticket=ST-2314417-neoApl3gMJwLAJJsPeUI-ap5>

Fischer, Konrad (2018). „Chinas Patent-Märchen“. WirtschaftsWoche, 16.10.2018. www.wiwo.de/my/futureboard/innovation-abschreckende-wirkung/23171920-2.html?ticket=ST-1545854-m2Bd31RViF6xDATwaTrw-ap6

Haffert, Claus (2019). „Zweite Chance für Solarzellen ‚made in Germany‘“. Spiegel Online, 13.8.2019. www.spiegel.de/wissenschaft/technik/solarzellen-zweite-chance-fuer-made-in-germany-a-1281719.html

Handelsblatt (2018). „Deutsche Windenergie-Branche fühlt sich ausgebremst“. Handelsblatt, 21.9.2018. www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/erneuerbare-energien-deutsche-windenergie-branche-fuehlt-sich-ausgebremst/23096510.html?ticket=ST-50695967-nSATLlws-bAo7qWOFaBa-ap4

Heinrich-Böll-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2019). Plastikatlas 2019 – Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff. Berlin. www.boell.de/sites/default/files/2019-11/Plastikatlas_2019_3_Auflage.pdf

Hirschle, Alexander (2019). „Südkorea will sich bei Digitalisierung an der Weltspitze etablieren – Private Großkonglomerate treiben Entwicklung voran“. Germany Trade & Invest, 6.3.2019. www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=suedkorea-will-sich-bei-digitalisierung-an-der-weltspitze-etablieren,did=2232348.html

Huang, Echo (2018). „Moral Machines – The East and West have very different ideas on who to save in a self-driving car accident“. Quartz, 1.11.2018. <https://qz.com/1447109/how-east-and-west-differ-on-whom-a-self-driving-car-should-save/>

Jamrisko, Michelle und Wei Lu (2020). „Bloomberg Innovation Index – Germany Breaks Korea’s Six-Year Streak as Most Innovative Nation“. Bloomberg, 18.1.2020. www.bloomberg.com/news/articles/2020-01-18/germany-breaks-korea-s-six-year-streak-as-most-innovative-nation

Koch, Moritz (2019). „5G-Ausbau: Kanzleramt will vollständiges Huawei-Verbot verhindern“. Handelsblatt, 17.12.2019. www.handelsblatt.com/politik/international/mobilfunkstandard-5g-ausbau-kanzleramt-will-vollstaendiges-huawei-verbot-verhindern/25344076.html

Kölling, Martin (2019). „Nach dem Massenstart in Südkorea – fünf Lehren vom 5G-Pionier“. Handelsblatt, 29.9.2019. www.handelsblatt.com/technik/it-internet/anwenderkonferenz-5germany-nach-dem-massenstart-in-suedkorea-fuenf-lehren-vom-5g-pionier/25066862.html

Kühl, Eike (2018). „Wer hat Angst vor Huawei?“. Die Zeit. 15.2.2018. www.zeit.de/digital/mobil/2018-02/smartphones-china-huawei-zte-mate-10-spionage-risiken

Matheis, Katharina et al. (2017). „Patente auf Pflanzen – Wie ein bizarrer Streit um Braugerste die Branche lähmt“. WirtschaftsWoche, 9.7.2017. www.wiwo.de/unternehmen/industrie/patente-auf-pflanzen-wie-ein-bizarrer-streit-um-braugerste-die-branche-laehmt/19994620-all.html

McKinsey Global Institute (2019). Artificial intelligence in the United Kingdom: Prospects and challenges. Juni 2019. www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Artificial%20Intelligence%20in%20the%20United%20Kingdom%20Prospects%20and%20Challenges/Artificial-intelligence-in-the-United-Kingdom-VF2.ashx

Mersch, Thomas (2019). „Weckruf aus dem Labor – wie die smarte Fabrik entwickelt wird“. Handelsblatt, 26.11.2019. www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/industrie-4-0-weckruf-aus-dem-labor-wie-die-smarte-fabrik-entwickelt-wird/25269834.html?ticket=ST-38864-JG6pa6X75Zm3x3Mcdcf0-ap3

Schmitt, Stefanie (2018). „Nahrungsmittelmarkt in China floriert – Robustes Wachstum durch steigende Einkommen“. Germany Trade & Invest, 26.9.2018 www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=nahrungsmittelmarkt-in-china-floriert,did=1997884.html

Stacey, Kiran (2019). „US pushes to fund western rivals to Huawei“. Financial Times, 8.10.2019. www.ft.com/content/94795848-e6e3-11e9-b112-9624ec9edc59

Umweltbundesamt (2019). Struktur der Flächennutzung. 27.11.2019. www.umweltbundesamt.de/daten/flaechen-boden-land-oekosysteme/flaechen/struktur-der-flaechennutzung#textpart-2

United Nations – Department of Economic and Social Affairs (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Juni 2019. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf

Verbraucherzentrale NRW (2016). „Functional Food“: Angebliche Gesundmacher aus dem Kaufregal. 13.1.2016. www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/kennzeichnung-und-inhaltsstoffe/functional-food-angebliche-gesundmacher-aus-dem-kaufregal-13933

Waring, Joseph (2019). „South Korea earmarks \$26B for 5G initiatives“. Mobile World Live, 9.4.2019. www.mobileworldlive.com/asia-news/south-korea-earmarks-26b-for-5g-initiatives/

Windmesse „All in Wind“ (o. A.). Windenergie Wiki: „Enercon“. w3.windmesse.de/windkraft/wiki/Enercon

KONTAKT

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon: +49 5241 81-0
www.bertelsmann-stiftung.de

Dr. Jan C. Breiting | Project Manager
Programm Nachhaltig Wirtschaften
Telefon: +49 5241 81-81328
E-Mail: jan.breiting@bertelsmann-stiftung.de

Markus Overdiek | Project Manager
Programm Megatrends
Telefon: +49 5241 81-81854
E-Mail: markus.overdiek@bertelsmann-stiftung.de

Thomas Rausch | Senior Project Manager
Programm Megatrends
Telefon: +49 5241 81-81330
E-Mail: thomas.rausch@bertelsmann-stiftung.de

Dr. Daniel Schraad-Tischler | Director
Programm Nachhaltig Wirtschaften
Telefon: +49 5241 81-81240
E-Mail: daniel.schraad-tischler@bertelsmann-stiftung.de

IMPRESSUM

© 2020 Bertelsmann Stiftung
Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0
www.bertelsmann-stiftung.de

Verantwortlich
Dr. Jan C. Breiting | Markus Overdiek | Thomas Rausch |
Dr. Daniel Schraad-Tischler

Autoren
Jan C. Breiting | Benjamin Dierks | Thomas Rausch

Wissenschaftliche Analyse
Kai Gramke | Dr. Jochen Spuck
EconSight GmbH, www.econsight.ch

Mitarbeit
Adam Aach | Gabriel Zech

Lektorat
Paul Kaltefleiter

Grafikdesign
FORMBA Editorial & Design, www.formba.de

Bildnachweis
S. 1: Shutterstock / HQuality, S. 16: Chanchai - stock.adobe.com, S. 20: Shutterstock / bluedog studio, S. 24: Comeback Images - stock.adobe.com, S. 28: atiger - stock.adobe.com, S. 34: Gorodenkoff - stock.adobe.com, S. 38: Gorodenkoff - stock.adobe.com, S. 42: Shutterstock / asharkyu, S. 48: Shutterstock / isak55, S. 52: Gorodenkoff - stock.adobe.com, S. 56: Shutterstock / Phonlamai Photo

Adresse | Kontakt

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon: +49 5241 81-0

www.bertelsmann-stiftung.de/ged
www.bertelsmann-stiftung.de/innovation

DOI: 10.11585/2020026

www.bertelsmann-stiftung.de