

WIPO-Studie über Technologietrends 2019
Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz

Die Studie *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence* dokumentiert, wie KI-gestützte Technologien schnell in die globalen Märkte vordringen und bringt die Standpunkte führender KI-Experten zusammen. Die Studie soll dazu beitragen, den Entscheidungsträgern im öffentlichen und privaten Sektor eine bessere Wissensbasis für Diskussionen über die Zukunft der KI und den politischen und rechtlichen Rahmen für diesen sich rasch entwickelnden Bereich zur Verfügung zu stellen. Weitere Statistiken unter www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence

Künstliche Intelligenz
ist eine neue
digitale Grenze,
welche die Welt
und unsere Lebens-
und Arbeitsweisen
tiefgreifend
verändern wird.

Francis Gurry, Generaldirektor der WIPO

Zusammenfassung

Die künstliche Intelligenz (KI) gewinnt als Treiber für bedeutende technologische und wirtschaftliche Entwicklungen zunehmend an Bedeutung – von autonomen Fahrzeugen über die medizinische Diagnose bis hin zu fortschrittlichen Fertigungstechnologien. Die KI entwickelt sich von der Theorie hin zum globalen Markt, wobei ihr Wachstum durch eine Fülle von digitalisierten Daten und schnell steigender Rechenleistung mit einem potenziell revolutionärem Effekt angetrieben wird: Durch das Erkennen von Mustern unter Milliarden von scheinbar unzusammenhängenden Datenpunkten kann die KI Wettervorhersagen verbessern, Ernteerträge steigern, die Erkennung von Krebs verbessern, eine Epidemie vorhersagen und die industrielle Produktivität verbessern.

KI ist der neue Strom.
Ich kann mir kaum eine
Branche vorstellen,
die nicht von der KI
verändert wird.

Andrew Ng, [Landing AI und deeplearning.ai](https://www.deeplearning.ai)

Technologietrends können durch die Analyse von Patentdaten erkannt werden

Basierend auf der Expertise der WIPO im Bereich der Analyse von Patentdaten untersucht diese erste Studie der Reihe *WIPO Technology Trends* die Trends in der aufstrebenden Ära der künstlichen Intelligenz: Sie analysiert Patentdaten, wissenschaftliche Veröffentlichungen und sonstige Daten, um vergangene und aktuelle Trends in der KI zu prüfen und zeigt auf, wie sich die Innovationen in diesem Bereich in den kommenden Jahren entwickeln könnten.

Diese Studie gehört zu den ersten Publikationen, die Trends in der KI-Technologie systematisch erforschen, um herauszufinden, welche Bereiche die meisten innovativen KI-Aktivitäten aufweisen, welche Unternehmen und welche Institutionen die KI-Entwicklung anführen und wo zukünftige Wachstumsmärkte liegen.

Die WIPO hat einen neuen Rahmen für das Verständnis der Entwicklungen in diesem Bereich geschaffen, wobei die KI-bezogenen Technologien so gruppiert sind, dass sie drei Dimensionen der KI aufzeigen: Techniken, die in der KI verwendet werden, wie z.B. Maschinelles Lernen (Machine Learning), funktionale Anwendungen, wie z.B. Sprachverarbeitung und Maschinelles Sehen (Computer Vision), und Anwendungsbereiche, wie Telekommunikation und Verkehr.

Für jeden dieser Bereiche liefert dieser Bericht Daten und Analysen über Trends, Schlüsselakteure, geografische Verteilung und Marktaktivitäten, einschließlich Akquisitionen und Rechtsstreitigkeiten. Darüber hinaus enthält er Beiträge von KI-Experten aus der ganzen Welt, die sich mit Themen wie bestehenden und potenziellen Anwendungen und Auswirkungen der KI-Technologie, rechtlichen und regulatorischen Fragen, Datenschutz und ethischen Fragen befassen.

KI-bezogene Erfindungen boomen und verlagern sich von der Theorie zur kommerziellen Anwendung

Seit den Anfängen der künstlichen Intelligenz in den 1950^{er} Jahren haben Erfinder und Forscher annähernd 340.000 Erfindungen im Zusammenhang mit KI angemeldet und über 1,6 Millionen wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht.

Vor allem die KI-bezogene Patentierung wächst rasant: mehr als die Hälfte der ermittelten Erfindungen wurden seit 2013 veröffentlicht.

Während bereits vor Jahrzehnten wissenschaftliche Veröffentlichungen im Bereich der künstlichen Intelligenz publiziert wurden, setzte der Boom der wissenschaftlichen Veröffentlichungen über KI erst um 2001 ein, rund 12 Jahre, bevor es zu einem Anstieg der Patentanmeldungen kam. Darüber hinaus ist das Verhältnis von wissenschaftlichen Arbeiten zu Erfindungen von 8:1 im Jahr 2010 auf 3:1 im Jahr 2016 gesunken – ein Hinweis auf einen Wandel von der theoretischen Forschung hin zum Einsatz von KI-Technologien in kommerziellen Produkten und Dienstleistungen.

Einige Bereiche der KI wachsen schneller als andere...

Maschinelles Lernen ist die vorherrschende KI-Technik in Patenten und in mehr als einem Drittel aller ermittelten Erfindungen enthalten (134.777 Patentedokumente). Die Patentanmeldungen im Zusammenhang mit dem maschinellen Lernen verzeichneten ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 28 Prozent, wobei 20.195 Patentanmeldungen im Jahr 2016 eingereicht wurden (gegenüber 9.567 im Jahr 2013).

Die maschinellen Lerntechniken, welche die KI revolutionieren, sind Deep Learning und Neuronale

Netze, und diese Techniken sind auch die am schnellsten wachsenden KI-Techniken in Bezug auf Patentanmeldungen: Beim Deep Learning wurde von 2013 bis 2016 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von eindrucklichen 175 Prozent mit 2.399 Patentanmeldungen im Jahr 2016 erzielt, während die Neuronalen Netze im gleichen Zeitraum um 46 Prozent auf 6.506 Patentanmeldungen im Jahr 2016 zunahmen.

Unter den funktionalen Anwendungen der KI ist die Computer Vision, zu der auch die Bilderkennung (Image Recognition) gehört, am beliebtesten. Computer Vision wird in 49 Prozent aller KI-bezogenen Patente erwähnt (167.038 Patentedokumente) und wächst jährlich um durchschnittlich 24 Prozent (21.011 Patentanmeldungen im Jahr 2016).

Die funktionalen KI-Anwendungen mit den höchsten Wachstumsraten bei den Patentanmeldungen im Zeitraum 2013 bis 2016 waren KI für Robotik und Kontrollverfahren, die beide im Durchschnitt um 55 Prozent pro Jahr zunahmen.

Die bei den KI-bezogenen Patentdaten ermittelten Wachstumsraten sind deutlich höher als die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für Patente in allen Technologiebereichen, die zwischen 2013 und 2016 bei 10 Prozent lag.

...und viele KI-Patente beinhalten Erfindungen, die in verschiedenen Branchen Anwendung finden können...

KI-bezogene Patente legen nicht nur KI-Techniken und -Anwendungen offen, sie beziehen sich in vielen Fällen auch auf ein Anwendungsgebiet oder eine Branche. Die Analysen zeigen, dass viele Branchen und Industrien die kommerzielle Nutzung von KI untersuchen. In der vorliegenden Analyse wurden zwanzig Anwendungsbereiche ermittelt und mindestens ein Bereich wurde in 62 Prozent der insgesamt

erfassten KI-Patentdaten erwähnt. Zu diesen gehören nach Größe geordnet: Telekommunikation (in 15 Prozent aller ermittelten Patentdokumente erwähnt), Verkehr (15 Prozent), Life Sciences und Medizin (12 Prozent) sowie persönliche Geräte, Computer und Mensch-Computer-Interaktion (HCI) (11 Prozent). Zu den weiteren Sektoren, die aus der Studie hervorgehen, gehören Bereiche wie Banken, Unterhaltung, Sicherheit, Industrie und verarbeitendes Gewerbe, Landwirtschaft und Netzwerke (einschließlich sozialer Netzwerke, Smart Cities und das Internet der Dinge).

Viele KI-bezogene Technologien können branchenübergreifend eingesetzt werden, wie die große Anzahl von KI-Patenten zeigt, die sich auf mehrere Branchen beziehen. Der Verkehrssektor steht nicht nur in den Gesamtergebnissen im Vordergrund, sondern gehört auch zu den Bereichen mit den höchsten Wachstumsraten bei den KI-bezogenen Patentanmeldungen mit einem jährlichen Wachstum von 33 Prozent zwischen 2013 und 2016 (8.764 Anmeldungen im Jahr 2016). Innerhalb der Kategorie Verkehr entwickeln sich die Luft- und Raumfahrt (67 Prozent Jahreswachstum, mit 1.813 Anmeldungen im Jahr 2016) und autonome Fahrzeuge (42 Prozent Jahreswachstum, mit 5.569 Anmeldungen im Jahr 2016) rasant. Der Boom der Verkehrstechnologien wird deutlicher, wenn die Entwicklung im Zeitraum 2006-2016 betrachtet wird: Der Anteil stieg von nur 20 Prozent der Anmeldungen im Jahr 2006 auf einen Drittel der Anmeldungen im Jahr 2016 (mehr als 8.700 Anmeldungen).

Obwohl die Patentanmeldungen in der KI-bezogenen Telekommunikation nicht die gleich hohe Wachstumsrate aufwiesen wie im Verkehrswesen, resultierte zwischen 2013 und 2016 immer noch ein durchschnittlicher jährlicher Anstieg von 23 Prozent mit 6.684 Anmeldungen im Jahr 2016. Im Telekommunikationssektor verzeichneten Computernetze/ Internet (17 Prozent) und Radio- und Fernsehsendungen (17 Prozent) das größte Wachstum. Life Sciences und Medizin

Das maschinelle Lernen ist die vorherrschende KI-Technik in Patenten und in mehr als einem Drittel aller ermittelten Erfindungen enthalten.

legten im gleichen Zeitraum um 12 Prozent zu, mit 4.112 Anmeldungen im Jahr 2016, einschließlich medizinische Informatik (18 Prozent Wachstum) und öffentliche Gesundheit (17 Prozent Wachstum). Persönliche Geräte, Computer und HCI wuchsen zwischen 2013 und 2016 durchschnittlich um 11 Prozent pro Jahr, mit 3.977 Anmeldungen im Jahr 2016, wobei innerhalb dieser Kategorie ein bemerkenswertes Wachstum auf dem Teilgebiet des Affective Computings (37 Prozent), das menschliche Emotionen erkennt, erzielt wurde.

Andere Sektoren und Unterkategorien innerhalb der Sektoren mit einem bemerkenswertem Wachstum bei den Patentanmeldungen sind: Smart Cities (47 Prozent jährliches Wachstum), Landwirtschaft (32 Prozent), E-Government (30 Prozent) sowie Banken und Finanzen (28 Prozent).

...während bestimmte KI-Techniken, -Anwendungen und -Bereiche eng miteinander verbunden zu sein scheinen.

In annähernd 70 Prozent der Erfindungen im Zusammenhang mit KI werden KI-Techniken, -Anwendungen oder -Bereiche genannt, die miteinander in Verbindung stehen. Die häufigsten Kombinationen bei Patentanmeldungen sind: Deep Learning mit Computer Vision, Computer Vision mit Verkehr, Telekommunikation und Sicherheit, Ontologie Engineering mit der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing) und Machine Learning mit Life Sciences und Medizin. In diesen Bereichen ist in naher Zukunft mit einer schnellen Entwicklung der KI zu rechnen.

In den Patentaktivitäten führend sind Unternehmen, insbesondere aus Japan, den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und China

Bei 26 der 30 wichtigsten KI-Patentanmelder handelt es sich um Unternehmen, und nur vier sind Universitäten oder öffentliche Forschungseinrichtungen. Dieses Muster gilt für die meisten KI-Techniken, -Anwendungen und -Bereiche. Von den 20 führenden Unternehmen, die KI-bezogene Patente anmelden, haben 12 ihren Sitz in Japan, drei stammen aus den USA und zwei aus China. Besonders stark vertreten sind japanische Unternehmen der Unterhaltungselektronik.

IBM und Microsoft sind in der KI-Patentierung in verschiedenen KI-bezogenen Bereichen führend

IBM besitzt mit 8.290 Erfindungen das größte Portfolio an KI-Patentanmeldungen, gefolgt von Microsoft mit 5.930 Erfindungen. Das Portfolio beider Unternehmen umfasst eine ganze Reihe von KI-Techniken, -Anwendungen und -Bereichen, was darauf hindeutet, dass diese Unternehmen ihre Aktivitäten nicht auf eine bestimmte Branche oder einen bestimmten Bereich beschränken. Auf den weiteren Plätzen folgen Toshiba (5.223), Samsung (5.102) und NEC (4.406). Die State Grid Corporation of China ist in die Top 20 aufgestiegen und hat ihre Patentanmeldungen von 2013 bis 2016 um durchschnittlich 70 Prozent pro Jahr gesteigert, insbesondere bei den maschinellen Lerntechniken bioinspirierter Ansätze, die sich aus Naturbeobachtungen ableiten, und bei Support-Vector-Maschinen, einer Form des überwachten Lernens.

In bestimmten Techniken und Bereichen stammen die meisten Patentanmeldungen von Unternehmen mit einem hohen Grad an Spezialisierung und Expertise in diesen Bereichen. Beispiele sind das Unternehmen Baidu, das

für Deep Learning hoch im Kurs steht, Toyota und Bosch, die im Verkehrswesen führend sind, und Siemens, Philips und Samsung in den Bereichen Life Sciences und Medizin. Einige bekannte Unternehmen, die bei KI-Patenten nicht zu den Top-Akteuren gehören, sind in bestimmten Bereichen dennoch prominent; dazu gehören Facebook und Tencent in Netzwerken und sozialen Netzwerken. Branchenexpertise und Zugang zu spezialisierten Daten können erklären, warum bestimmte Unternehmen in bestimmten Branchen führend sind.

Die Universitäten leisten einen wesentlichen Beitrag zur KI-Forschung in bestimmten Bereichen, wobei chinesische Universitäten die Spitzenposition einnehmen

Trotz der Vorherrschaft von Unternehmen in der KI spielen Universitäten und öffentliche Forschungseinrichtungen eine führende Rolle bei Erfindungen in ausgewählten KI-Bereichen wie der Dezentralen KI, einigen maschinellen Lerntechniken und Neurowissenschaften/Neurorobotik.

Bei 17 der 20 wichtigsten akademischen Akteure im Bereich der KI-Patentierung sowie bei 10 der 20 besten wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der KI handelt es sich um chinesische Organisationen. Chinesische Unternehmen sind besonders stark in der aufkommenden Technik des Deep Learning. Die führende öffentliche Forschungsorganisation ist die Chinese Academy of Sciences (CAS) mit über 2.500 Patentfamilien und über 20.000 wissenschaftlichen Arbeiten, die über KI veröffentlicht wurden. Darüber hinaus verfügt CAS mit 235 Patentfamilien über das größte Portfolio im Bereich Deep Learning. Chinesische Unternehmen festigen ihre Führungsposition, wobei die Patentanmeldungen von 2013 bis 2016 durchschnittlich um mehr als 20 Prozent pro Jahr zugenommen haben und damit mit den Wachstumsraten

von Organisationen aus den meisten anderen Ländern gleichziehen oder diese übertreffen.

Das Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) der Republik Korea belegt bei der Patentanmeldung unter Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen den zweiten Platz und zählt zu den 30 führenden Patentanmeldern insgesamt.

Es gibt 167 Universitäten und öffentliche Forschungseinrichtungen, die zu den 500 besten Patentanmeldern gehören. Von diesen stammen 110 aus China, 20 aus den USA, 19 aus der Republik Korea und 4 aus Japan. Vier europäische öffentliche Forschungseinrichtungen rangieren unter den Top 500; die am höchsten platzierte europäische Institution ist das deutsche Fraunhofer-Institut auf Platz 159, während die französische Kommission für alternative Energien und Atomenergie (CEA) auf Platz 185 liegt.

Die USA und China sind die Hauptziele für die Einreichung von KI-Patenten...

Die USA und China sind die beiden beliebtesten Patentämter für die Einreichung von KI-Patenten, entsprechend den Trends bei der Patentierung in anderen Bereichen, gefolgt von Japan. Auf diese drei Patentämter entfallen 78 Prozent der gesamten Patentanmeldungen. Es gibt eine zunehmende Nutzung des PCT-Systems der WIPO, das es Patentanmeldern ermöglicht, mit einer einzigen Anmeldung Schutz in mehreren Rechtsordnungen zu erhalten. Das PCT-Verfahren belegt Platz vier unter den Top-Zielen für KI-Patentanmeldungen.

...aber die Anmeldungen werden immer internationaler

Viele Patentanmeldungen werden auf mehr als eine Rechtsordnung ausgeweitet. Ein Drittel aller KI-Patentanmeldungen wird nach der Erstanmeldung in weiteren Rechtsordnungen eingereicht und 8 Prozent in fünf oder mehr Rechtsordnungen.

Von den drei führenden Patentämtern werden 40 Prozent der zuerst in Japan und 32 Prozent der zuerst in den USA eingereichten Patentanmeldungen anschließend auch anderswo eingereicht. Nur 4 Prozent der zuerst in China eingereichten Patentanmeldungen werden anschließend in anderen Ländern eingereicht.

Chinesische Unternehmen und Universitäten neigen derzeit dazu, ihre Patente nur in China anzumelden, im Vergleich zu Anmeldern aus anderen Ländern, insbesondere aus den USA.

Übernahmen ergänzen interne Forschungs- und IP-Strategien

Seit 1998 wurden insgesamt 434 Unternehmen aus dem KI-Sektor übernommen, wobei 53 Prozent der Akquisitionen seit 2016 stattfanden. Die Zahl der Akquisitionen im KI-Sektor hat sich seit 2012 jedes Jahr erhöht und stieg im Jahr 2017 auf 103 Akquisitionen. Obwohl Alphabet (einschließlich Google, DeepMind, Waymo und X

Bei 17 der 20 wichtigsten akademischen Akteure im Bereich der KI-Patentierung sowie bei 10 der 20 besten wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der KI handelt es sich um chinesische Organisationen.

Development) mit 3.814 Erfindungen den zehnten Platz in Bezug auf die angemeldeten Erfindungen belegt, liegt es bei den Übernahmen von KI-Unternehmen an erster Stelle. Auch Apple und Microsoft tätigten zahlreiche Akquisitionen.

Bestimmte Unternehmen, wie IBM und Intel, haben es auf reife Unternehmen abgesehen. Bei der Mehrheit der übernommenen Unternehmen handelt es sich jedoch um Start-ups mit kleinen oder nicht vorhandenen Patentportfolios. Dieses Vorgehen legt nahe, dass die Unternehmen mit Blick auf andere Vermögenswerte erworben werden, wie Talente, Daten, Know-how und anderes geistiges Eigentum.

Die Zusammenarbeit in der KI-Forschung ist begrenzt, aber auch die Konflikte

In vielen Fällen werden Unternehmen, die in der Forschung kooperieren, bei Patentanmeldungen als Mitinhaber anerkannt. Keiner der 20 besten Anmelder teilt sich jedoch einen Anteil von mehr als 1 Prozent seines KI-Portfolios mit anderen Anmeldern.

Insgesamt ist die Anzahl der im Bericht ermittelten Rechtsstreitigkeiten relativ gering (weniger als 1 Prozent der Patente werden vor Gericht verhandelt), was darauf zurückzuführen sein kann, dass die Produkte noch nicht auf den Markt gekommen sind und eine Verletzung schwer nachweisbar sein kann. Es wurden 1.264 KI-Patentfamilien in Rechtsstreitigkeiten involviert, davon 74 Prozent in den USA und 4.231 in Patentstreitigkeiten weltweit. Die drei größten Kläger in Rechtsstreitigkeiten im Zusammenhang mit KI-Patenten sind Nuance Communications, American Vehicular Sciences und Automotive Technologies International.

Technologietrends können die Grundlage für die politischen Strategien über die Zukunft der KI vorgeben

Die in diesem Bericht präsentierte Analyse bietet neue Einblicke in die Trends der KI-Innovation. Sie zeigt, inwieweit die künstliche Intelligenz bei einer ganzen Reihe von technologischen und anderen Aktivitäten eine immer wichtigere Rolle spielt. Die potenziellen gesellschaftlichen Auswirkungen von KI wurden bereits ermittelt – und vieles mehr steht noch bevor. In dieser Hinsicht muss die KI im Zusammenhang mit den erwarteten Auswirkungen auf die Arbeitnehmer, die Wirtschaft und die Gesellschaft insgesamt betrachtet werden.

Die politischen Entscheidungsträger müssen schnell handeln, um mit den Entwicklungen im Bereich der KI Schritt zu halten und die Richtung der Entwicklung vorzugeben. Eine Vielzahl von Interessengruppen muss über den richtigen Policy-Mix nachdenken, um den größtmöglichen Nutzen aus der KI zu ziehen. Dabei liegt der Fokus auf folgenden Punkten: KI-bezogene Strategien, Richtlinien, Gesetze und Vorschriften, die rechtliche und ethische Erwägungen berücksichtigen; Zugang zu und Besitz von digitalen Daten und deren Auswirkungen auf IP-Systeme; Verfügbarkeit von entsprechend qualifizierten Arbeitskräften sowie Investitionsstrategien und damit verbundene Finanzierung.

Dieser Bericht dokumentiert, wie KI-gestützte Technologien schnell in die globalen Märkte vordringen und bringt die Standpunkte von führenden Experten der KI zusammen. Er soll dazu beitragen, den Entscheidungsträgern im öffentlichen und privaten Sektor eine bessere Wissensbasis für Diskussionen über die Zukunft der KI und den politischen und rechtlichen Rahmen für diesen rasch voranschreitenden Bereich zur Verfügung zu stellen.

Die Studie *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence* zeigt Innovationsmuster in der Künstlichen Intelligenz (KI) auf und vermittelt Erkenntnisse in Bezug auf mögliche künftige Entwicklungen.

Basierend auf der Analyse von Daten, einschließlich KI-bezogener Patentanmeldungen, wissenschaftlicher Publikationen, Rechtsstreitigkeiten und Akquisitionstätigkeiten, zeigt der Bericht die am schnellsten wachsenden KI-Techniken, wie Deep Learning, als auch funktionale KI-Anwendungen, wie z.B. Robotik, auf. Der Bericht befasst sich auch mit den Trends in den Bereichen, in denen KI-Innovationen in die Praxis umgesetzt werden, und zeigt die Top-Player der KI aus Industrie und Wissenschaft sowie die geografische Verteilung des KI-bezogenen Patentschutzes und wissenschaftlicher Publikationen auf.

Die KI wirft viele politische Fragen auf, wie die Regulierung und Kontrolle von Daten, die Anreize für weitere Forschungsarbeiten und die Rolle des Schutzes des geistigen Eigentums (IP). Die Analyse bietet neue evidenzbasierte Perspektiven zu diesen und anderen Governance-Fragen.

Der Bericht ist der erste einer neuen Publikationsreihe der WIPO, welche die Entwicklung von Technologien durch die Analyse von Daten über die Innovationsaktivitäten verfolgt. Die Ergebnisse werden von Kommentaren und Branchenperspektiven von über 20 der weltweit führenden KI-Experten ergänzt, was sie für Führungskräfte aus Wirtschaft, Forschung und Politik besonders interessant macht.

Weltorganisation für geistiges Eigentum
(WIPO)
34, chemin des Colombettes
Postfach 18
CH-1211 Genf 20
Schweiz

Tel: +41 22 338 91 11
Fax: +41 22 733 54 28

Die Kontaktdaten der externen
Dienststellen der WIPO finden sie unter:
www.wipo.int/about-wipo/en/offices/

© WIPO, 2019



Namensnennung 3.0
IGO (CC BY 3.0 IGO)

Die CC-Lizenz gilt nicht für Inhalte in dieser Veröffentlichung, die nicht von der WIPO stammen.

Cover-Montage erstellt mit Bildern von © Margarita Lyr und © Daria Dombrovskaya / Getty Images

Gedruckt in der Schweiz