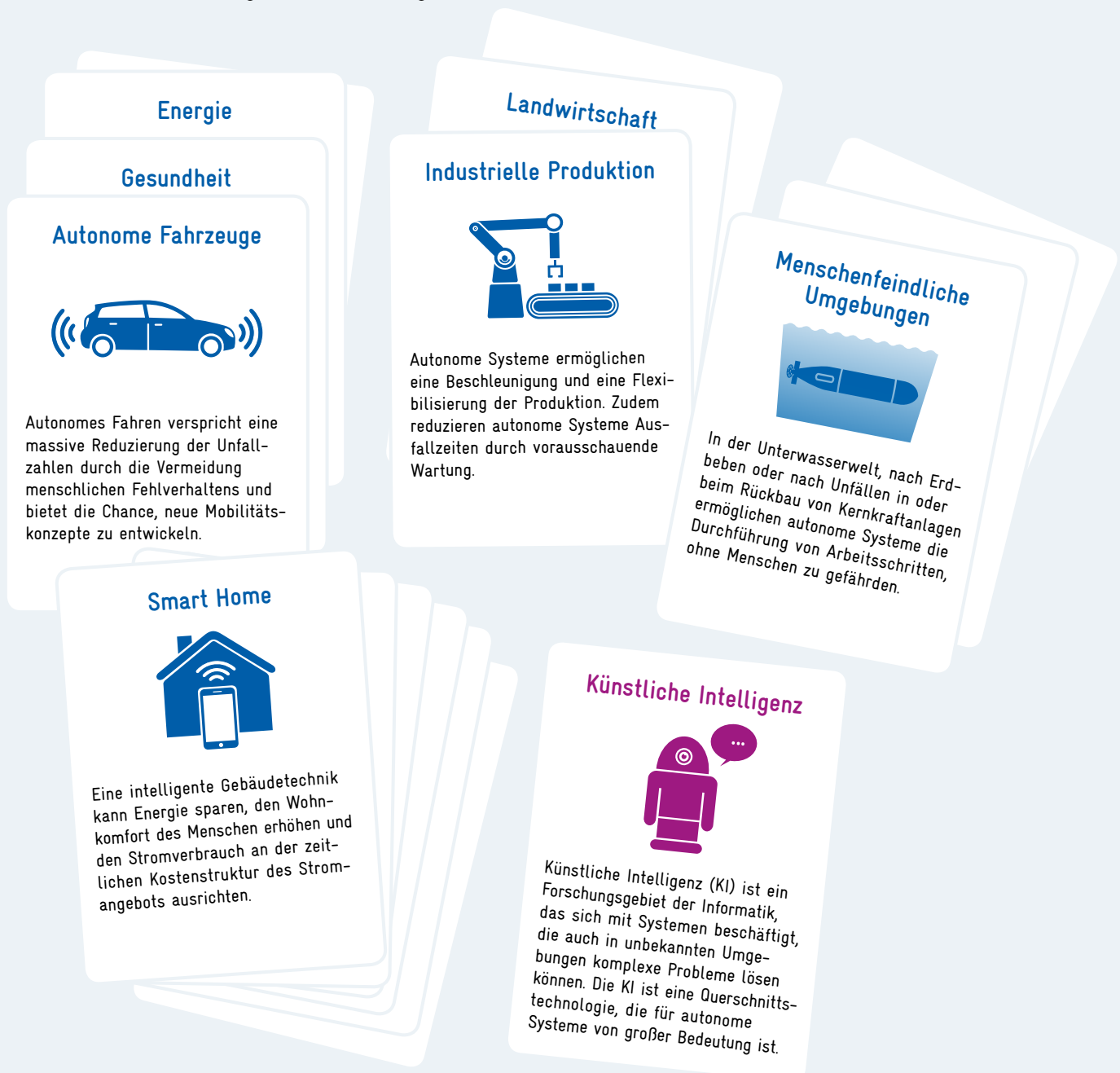


B 3 Autonome Systeme

Download
Daten

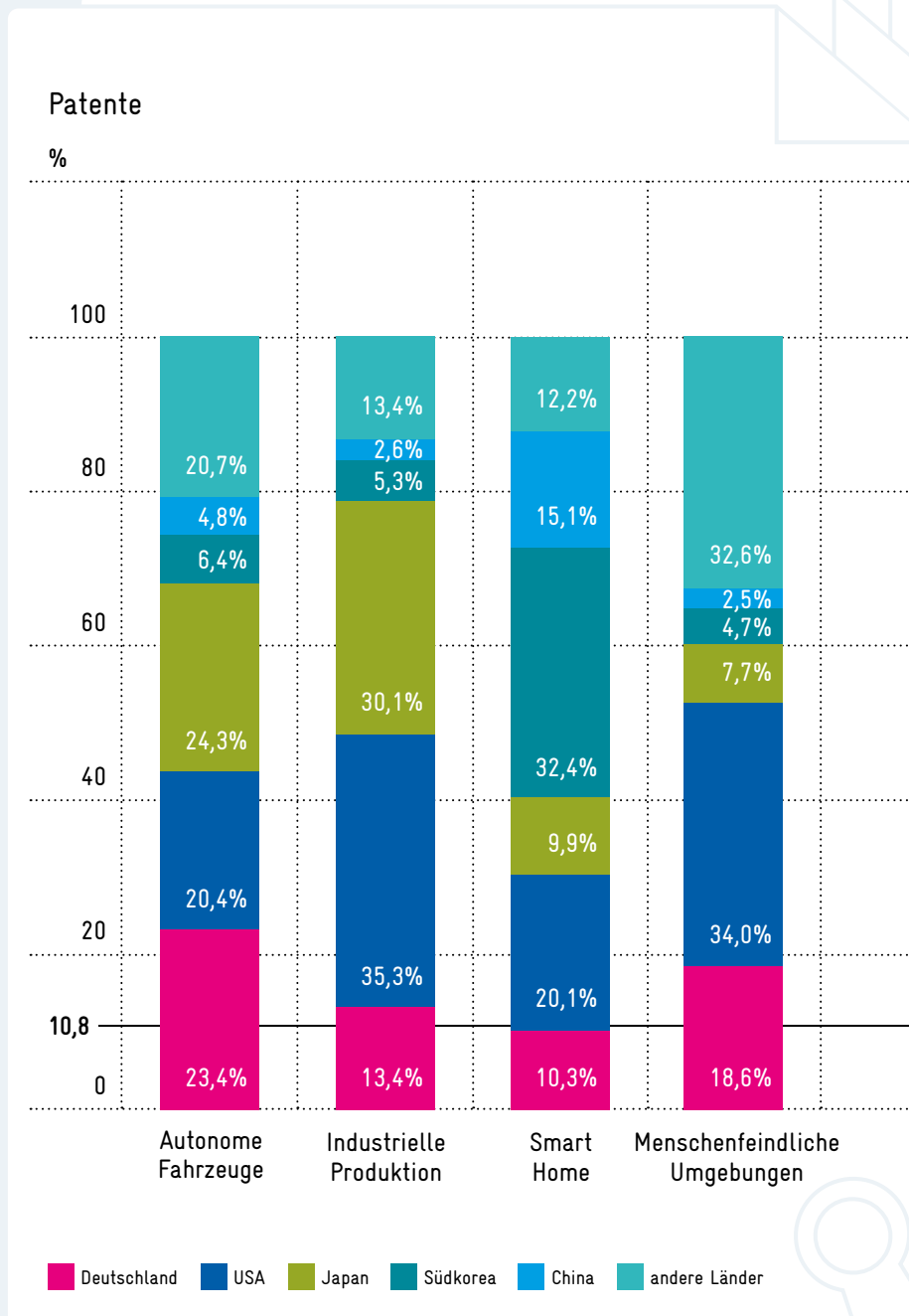
Autonome Systeme sind in der Lage, basierend auf Algorithmen und Methoden der künstlichen Intelligenz selbstständig komplexe Aufgaben zu lösen. Sie lernen auf der Grundlage von Daten und können auch in unbekanntem Situationen weitgehend ohne Eingriff des Menschen agieren.

Autonome Systeme werden für viele Anwendungsfelder* entwickelt – Künstliche Intelligenz bildet dafür als Querschnittstechnologie eine Grundlage.



Anteil der transnationalen Patente Deutschlands im internationalen Vergleich für die vier betrachteten Anwendungsfelder autonomer Systeme 2002–2016

Im Vergleich zum Anteil der transnationalen Patentanmeldungen deutscher Erfinder (horizontale Linie) in allen Sektoren, zeigt sich eine Spezialisierung Deutschlands insbesondere auf die Anwendungsbereiche autonome Fahrzeuge und menschenfeindliche Umgebungen. Hier liegt Deutschland etwa gleichauf mit dem USA und Japan an der Weltspitze (autonome Fahrzeuge) bzw. an Position zwei hinter den USA (menschenfeindliche Umgebungen).



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Pötzl und Natterer (2018) und Youtie et al. (2018). Vgl. auch Tabelle C 6–2.

B 3 Autonome Systeme

B 3-1 Autonome Systeme: Eine Zukunftstechnologie

Autonome Systeme können ohne direkte menschliche Weisung agieren, komplexe Aufgaben lösen, Entscheidungen treffen, eigenständig lernen und auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren. Das wirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzenpotenzial autonomer Systeme ist erheblich. Ihr Einsatz kann dazu beitragen, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, Menschen in Arbeitsprozessen zu unterstützen und individuellen Komfort oder gesellschaftliche Teilhabe zu verbessern. So können autonome Systeme etwa bei der Atommüllentsorgung oder der Räumung verminderter Gebiete eingesetzt werden.³¹¹ Durch die Integration von Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) ergeben sich vielfältige Wertschöpfungspotenziale, insbesondere auch jenseits der industriellen Fertigung.³¹²

Ein gängiges Beispiel aus dem Bereich autonomer Systeme ist das autonome Fahren. Menschliche Fehler im Straßenverkehr sind die Ursache für nahezu 90 Prozent der Verkehrsunfälle mit Personenschäden.³¹³ Seriöse Schätzungen gehen davon aus, dass sich mit dem Einsatz autonomer Systeme eine massive Reduktion der Personen- und Sachschäden erreichen lässt.³¹⁴ Autonomes Fahren ist das Ergebnis eines Zusammenspiels verschiedener technischer Komponenten, die die Umgebung eines Fahrzeugs erfassen und aus diesen Informationen in Echtzeit problemadäquate Fahrentscheidungen ableiten. Mit steigendem Automatisierungsgrad werden Fahrentscheidungen zunehmend vom Menschen auf das System übertragen. Bei vollständig autonomen Fahrzeugen übernimmt der Mensch lediglich die Rolle eines Fahrgastes, der frei über seine Zeit im Auto verfügen kann. Hieraus ergeben sich u. a. auch neue Möglichkeiten der Mobilität für Menschen, die aufgrund von Beeinträchtigungen nicht selbst Auto fahren können.

Der Einsatz autonomer Systeme steht derzeit in vielen Bereichen noch am Anfang. Für einen Durchbruch sind auf technologischer Ebene vor allem noch weitere Fortschritte bei der KI erforderlich (vgl. Box B 3-1). Wichtig ist außerdem die Gestaltung der Rahmenbedingungen für den Einsatz autonomer Systeme.

Deutschland befindet sich in einer guten Ausgangssituation, um Wertschöpfungs- und Nutzenpotenziale autonomer Systeme zu realisieren. In der Grundlagenforschung zu KI verfügt Deutschland über ein solides Fundament und weist etliche Stärken auf. Zudem gibt es eine international konkurrenzfähige Grundlage für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge in Deutschland. In anderen Anwendungsgebieten hinkt Deutschland allerdings bei der Entwicklung autonomer Systeme den Marktführern hinterher. Außerdem zeichnet sich ab, dass andere Länder, allen voran die USA und China, aber auch Großbritannien und Frankreich, das Thema KI mit einer hohen forschungs- und industriepolitischen Priorität verfolgen. Daher muss die deutsche Politik, neben der Gestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen, verstärkt auch die Förderung der Forschung auf dem Gebiet autonomer Systeme sowie die KI-Forschung vorantreiben.

Definition, Bestandteile und technologischer Entwicklungsstand B 3-2

Autonome Systeme sind in der Lage, basierend auf Algorithmen und Methoden der künstlichen Intelligenz selbstständig komplexe Aufgaben zu lösen. Sie lernen auf der Grundlage von Daten und können auch in unbekanntem Situationen weitgehend ohne Eingriff des Menschen agieren. Die Abgrenzung von autonomen zu automatisierten Systemen erfolgt oft anhand verschiedener Automatisierungsgrade.

Künstliche Intelligenz

Der Begriff der KI wurde 1956 geprägt,³¹⁵ auch wenn die Idee von Maschinen, die Aspekte menschlicher Intelligenz nachahmen, deutlich weiter zurückreicht. Bereits 1950 beschrieb Alan Turing die Möglichkeit einer von Computern simulierten Intelligenz und dafür notwendige Bestandteile, wie etwa das Lernen.³¹⁶ Damit entstand ein Forschungsgebiet, das sich mit künstlichen Systemen beschäftigt, die komplexe Probleme rational lösen und auch in unbekanntem Umgebungen ihre Ziele erreichen können.³¹⁷

In den folgenden Jahren fand KI Anwendung in einer Vielzahl von Betätigungsfeldern. So wurden heuristische Suchverfahren entwickelt, maschinelles Sehen (computer vision) und Computerlinguistik (natural language processing) vorangetrieben und im Bereich des maschinellen Lernens (machine learning) erste Fortschritte erzielt.³¹⁸

Aufgrund von Schwierigkeiten in der praktischen Umsetzung von KI kam es im Laufe der späten 1970er und frühen 1980er Jahre jedoch zu einem Rückgang des Forschungsinteresses.³¹⁹ Der Einsatz sogenannter Expertensysteme brachte im folgenden Jahrzehnt zwar erste erfolgreiche Anwendungen von KI, diese hatten jedoch den Nachteil, dass sie sich in unerwarteten Szenarien oft nur unzureichend zurechtfinden und in ihrer Erstellung kostenintensiv waren.³²⁰

Mit der Verfügbarkeit höherer Rechenleistung und der Fokussierung auf spezielle, realitätsnahe Aufgaben (z. B. Bilderkennung) gelang es der KI-Forschung, sich seit Mitte der 1990er Jahre erfolgreich zu etablieren.³²¹ Die Verfügbarkeit großer Datenmengen unterstützte die Entwicklung der KI und insbesondere des maschinellen Lernens in den letzten 20 Jahren.³²² In jüngerer Vergangenheit

spielt das sogenannte deep learning mittels neuronaler Netze eine entscheidende Rolle. Ermöglicht und beschleunigt wird diese Entwicklung durch die Verwendung von Grafikprozessoren. Im Bereich der Bilderkennung hat sich dieser Fortschritt insbesondere bei der ImageNet Competition 2012 gezeigt.³²³

Ergebnisse der KI-Forschung sind bereits heute Teil kommerzieller Dienstleistungen, medizinischer Diagnosen oder wissenschaftlicher Forschung. Im Gegensatz dazu scheint die „Allgemeine KI“, die Systeme beschreibt, die vergleichbar mit einem Menschen eine ganze Bandbreite kognitiver Aufgaben mit scheinbar intelligentem Verhalten erfüllen können, in absehbarer Zeit noch nicht realisierbar.³²⁴

Am Beispiel des automatisierten Fahrens lassen sich Automatisierung und Autonomie in sechs Stufen gliedern und wie in Abbildung B 3-2 beschreiben.³²⁵ Ausgangspunkt ist Stufe 0, in der alle Vorgänge vom Menschen gesteuert werden. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad zwischen Stufe 1 und Stufe 4 werden immer mehr Funktionen vom Fahren auf das System übertragen. Von autonomem Fahren wird bei Systemen der Stufe 5 gesprochen. In einem solchen Fahrzeug gibt es keine Fahrzeugführung durch Menschen. Alle Fahrfunktionen werden vom Fahrzeug übernommen. Diese Klassifizierung lässt sich auf andere Anwendungsfelder autonomer Systeme übertragen.

Der Einsatz autonomer Systeme ist in vielen Anwendungsfeldern möglich. Neben dem autonomen Fahren zählen hierzu menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion,

Landwirtschaft, Energie und Gesundheit. Die Expertenkommission konzentriert sich im Folgenden auf die Anwendungsfelder menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge.³²⁶

Hohe Komplexität autonomer Systeme

Um ohne menschlichen Eingriff agieren zu können, müssen autonome Systeme in der Lage sein, eine Vielzahl von Aufgaben zuverlässig und selbstständig zu lösen. Sie müssen Informationen aufnehmen, verarbeiten, Entscheidungen fällen und ausführen sowie mit anderen autonomen Systemen oder Menschen kommunizieren. Dabei besteht eine besondere Herausforderung darin, all dies auch in unbekanntem Situationen bzw. in nicht oder nur wenig strukturierten Umgebungen zu leisten. Darüber hinaus müssen

auch Systeme mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowohl neben- als auch miteinander funktionieren (Mischbetrieb).

Abbildung B 3-3 gibt einen Überblick über die Bestandteile autonomer Systeme. Diese Bestandteile lassen sich in Umgebungstechnologien und Kerntechnologien unterscheiden.

Die Umgebungstechnologien Sensorik, Aktorik und Mensch-Maschine- bzw. Maschine-Maschine-Kommunikation sind für die Umgebungserkennung, die Kommunikation und die Ausführung von Handlungsanweisungen erforderlich.³²⁷ Ihre konkrete

Ausgestaltung hängt dabei wesentlich vom jeweiligen Einsatzgebiet des autonomen Systems ab. Im Bereich des automatisierten Fahrens können beispielsweise Kameras, Radar und lasergestützte Sensoren (Lidar) zum Einsatz kommen.³²⁸

Die Kerntechnologien autonomer Systeme umfassen Wahrnehmung, Lernen, Handeln und Selbstregulation. Ausgehend von der Umgebungserfassung mittels Sensorik nutzt ein autonomes System Technologien des Wahrnehmens, um die Umgebungsdaten zu verarbeiten. So kann die Wahrnehmung der Umgebung auf Grundlage von Echtzeitbildern einer Kamera erfolgen, die genutzt werden, um einem Objekt vor

Abb B 3-2

Download
Daten

Automatisierungsgrade des Fahrens

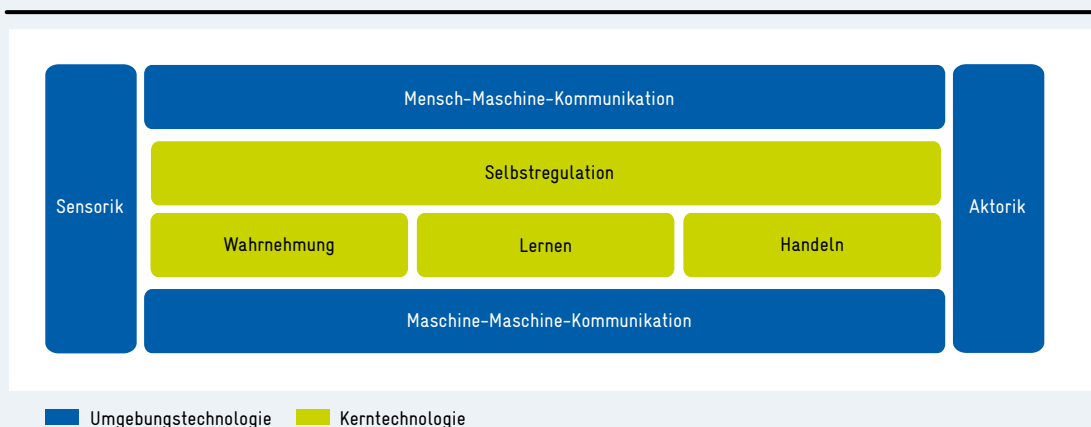
Stufe 0 Keine Automatisierung	Stufe 1 Assistiert	Stufe 2 Teilautomatisiert	Stufe 3 Automatisiert	Stufe 4 Hochautomatisiert/teilautonom	Stufe 5 Autonom
Der Mensch übernimmt dauerhaft Bremsen, Beschleunigen und Lenken.	Der Mensch übernimmt dauerhaft Bremsen und Beschleunigen oder Lenken.	Der Mensch muss das System dauerhaft überwachen.	Der Mensch muss das System nicht mehr dauerhaft überwachen, aber potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.	Kein fahrender Mensch erforderlich im spezifischen Anwendungsfall (z. B. Autobahnfahrt).	Von Start bis Ziel ist kein fahrender Mensch erforderlich.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Dumitrescu et al. (2018) und VDA (2015).

Abb B 3-3

Download
Daten

Umgebungs- und Kerntechnologien autonomer Systeme



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

einem Fahrzeug eine Bezeichnung wie „Stoppschild“ zuzuweisen. Als Folge wird das autonome Fahrzeug auf Basis der Technologien des Lernens den Handlungsplan „am Stoppschild zum Stehen kommen“ entwerfen. Um diesen Handlungsplan umzusetzen, spezifizieren die Technologien des Handelns konkrete Handlungsanweisungen. Die Aktorik des Fahrzeugs wandelt die Anweisungen dann in Lenkbewegungen und Bremsvorgänge um. Damit diese Funktionen auch in neuen Umgebungen zuverlässig funktionieren, sorgt die Kerntechnologie der Selbstregulation dafür, dass sich die Fahrzeugsysteme kontinuierlich optimieren.³²⁹

Methoden der KI spielen als Querschnittsverfahren für autonome Systeme eine große Rolle, da sie einen zuverlässigen Einsatz auch in wenig strukturierten Umgebungen ermöglichen. Daher ist der Einsatz autonomer Systeme stark von den Fortschritten auf dem Gebiet der KI abhängig. Der Einsatz von KI ist dabei nicht auf autonome Systeme beschränkt, sondern kann bereits in hochautomatisierten Systemen sinnvoll sein.³³⁰

Weiterhin Entwicklungsbedarf bei autonomen Systemen

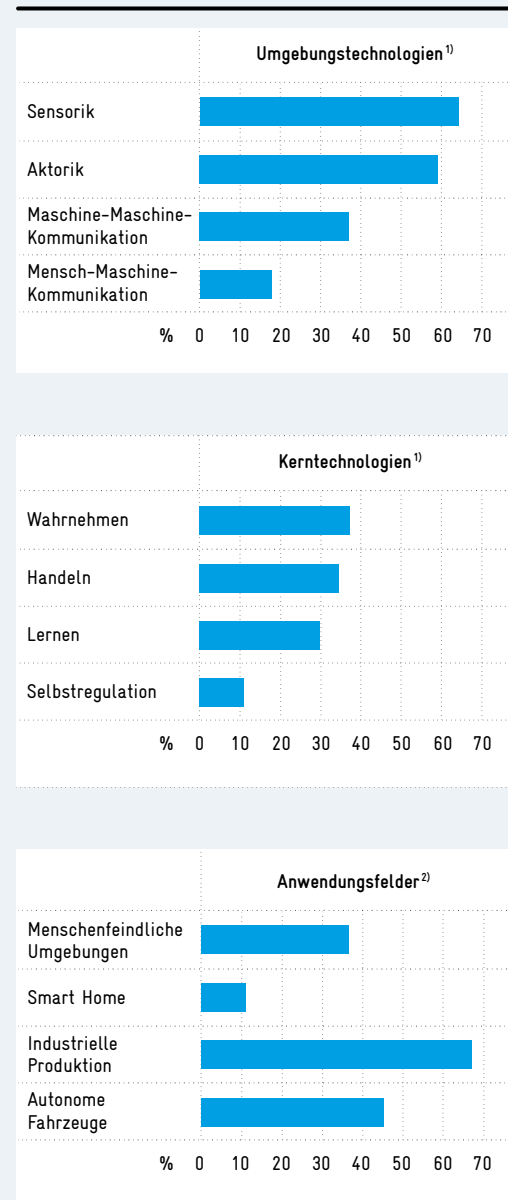
Zur Bewertung des internationalen technologischen Entwicklungsstands autonomer Systeme wurde im Auftrag der EFI eine Expertenbefragung durchgeführt.³³¹ Dabei wurde der internationale technologische Entwicklungsstand autonomer Systeme von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten bewertet und sowohl nach den vier für die Studie ausgewählten Anwendungsfeldern (menscheneindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge) als auch nach den Bestandteilen autonomer Systeme (Umgebungs- und Kerntechnologien) unterschieden.

Der internationale Entwicklungsstand der verschiedenen Umgebungs- und Kerntechnologien autonomer Systeme wird von den befragten Expertinnen und Experten auf Basis einer sechsstufigen Skala von „nicht entwickelt“ bis „sehr hoch entwickelt“ eingeschätzt. Auf dieser Grundlage wird der Anteil der Befragten, die einer Technologie eine der zwei höchsten Stufen der Skala zuweisen, als Indikator für einen weit entwickelten Entwicklungsstand genutzt (vgl. Abbildung B 3-4).³³² Die Befragten sehen große Unterschiede im Entwicklungsstand der verschiedenen

Entwicklungsstand autonomer Systeme nach Bestandteilen und Anwendungsfeldern

Abb B 3-4

Download Daten



Ergebnisse einer Befragung von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten.

¹⁾ Anteil der Befragten, der den Umgebungs- und Kerntechnologien auf einer sechsstufigen Skala zwischen „nicht entwickelt“ und „sehr hoch entwickelt“ eine der zwei höchsten Stufen zuweist.

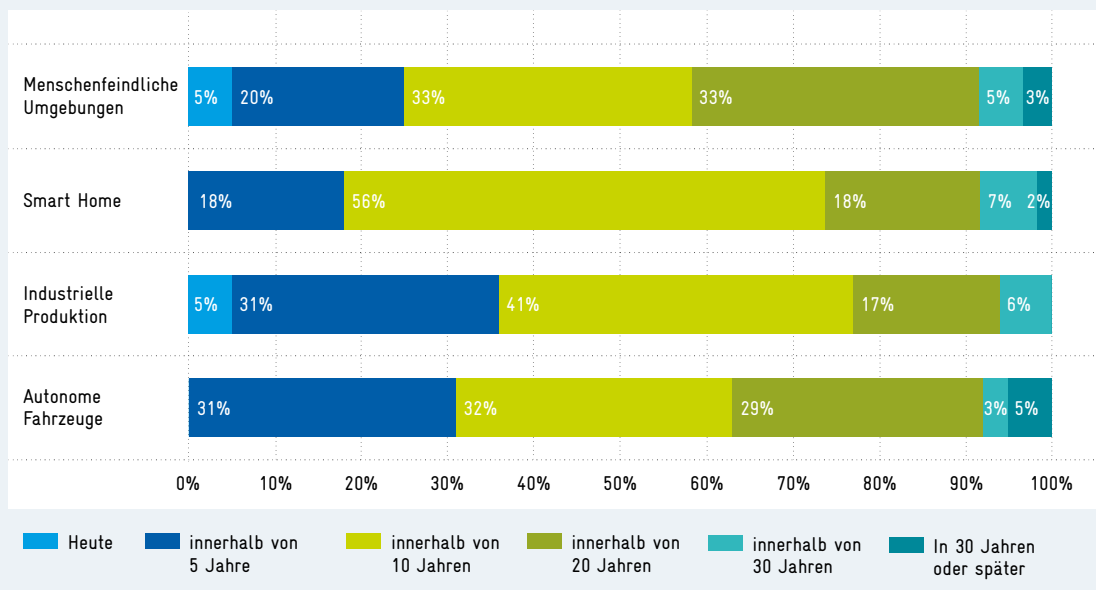
²⁾ Anteil der Befragten, der in den Anwendungsfeldern aktuell Stufe 4 oder 5 erreicht sieht (vgl. Abbildung B 3-2).

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

Abb B 3-5

Download
Daten

Dauer bis zur Marktreife autonomer Systeme (Stufe 5) nach Anwendungsfeld



Ergebnisse basierend auf einer Befragung von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten. Anteil der Befragten, die das Erreichen der Marktreife autonomer Systeme im genannten Zeitraum erwarten.
Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

Umgebungs- und Kerntechnologien. Sensorik und Aktorik werden von fast zwei Dritteln der Expertinnen und Experten als weit entwickelt eingeschätzt. Der relativ niedrige Entwicklungsstand aller anderen Bereiche lässt auf erheblichen Forschungsbedarf in diesen Bereichen schließen.

Auch in den Anwendungsfeldern autonomer Systeme zeigen sich Entwicklungsunterschiede. Nur im Bereich industrielle Produktion sieht die Mehrheit der Befragten einen Entwicklungsstand von Stufe 4 oder Stufe 5 erreicht (vgl. Abbildung B 3-2). Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass Systeme der Stufe 5 innerhalb der nächsten zehn Jahre marktreif sein werden (vgl. Abbildung B 3-5).

B 3-3 Potenziale und Herausforderungen

Der Einsatz autonomer Systeme verspricht vielfältigen Nutzen, wie in Box B 3-6 exemplarisch für die vier betrachteten Anwendungsbereiche menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge dargestellt wird.³³³ Er stellt Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen

und die Politik aber auch vor große Herausforderungen. Diese müssen zügig gemeistert werden, um die Nutzenpotenziale erschließen zu können.

Bewältigung komplexer Herausforderungen notwendig

Die zunehmende Digitalisierung von Prozessen bei autonomen Fahrzeugen, Smart Home oder industrieller Produktion erzeugt immer größere Datenmengen. Viele Anwendungen von KI und autonomen Systemen müssen in Echtzeit auf unterschiedlichste Daten zugreifen können.

Die Qualität automatisierter Lernprozesse – und damit verbundene Potenziale für innovative Geschäftsmodelle sowie für mehr und bessere KI-Anwendungen – hängt wesentlich vom Zugang zu und der Qualität der zur Verfügung stehenden Testdaten ab. Daher können Daten im Sinne der Wettbewerbsökonomik als wesentliche Einrichtung (essential facilities)³³⁴ verstanden werden, deren Kontrolle ggf. Marktmacht verleiht und damit regulierungsbedürftig ist.³³⁵ Zudem erscheint eine staatliche Förderung der

Bereitstellung von Daten sinnvoll, da Testdaten die Eigenschaften öffentlicher Güter haben und bei rein privater Datenbewirtschaftung eine Unterversorgung aus gesellschaftlicher Sicht droht.³³⁶

Weiterer Regulierungsbedarf resultiert aus der Art der erzeugten Daten. Sie können in personenbezogene Daten und solche, die bei der Kommunikation zwischen Dingen/Objekten (Internet of Things, IoT) entstehen, unterschieden werden. Dabei unterscheiden sich die Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit. Auch hier sieht die Expertenkommission große Herausforderungen für die Politik.

Während bei industriellen Anwendungen Aspekte des Datenschutzes und der Privatheit eine eher nachgelagerte Rolle spielen und diese in Verbindung mit der Gestaltung von Arbeitsprozessen geklärt werden müssen, spielt Datenschutz bei personenbezogenen Anwendungen autonomer Systeme eine zentrale Rolle. Bei industriellen Anwendungen ebenso wie beim IoT hingegen kommt der Datensicherheit eine besondere Bedeutung zu.

Offen ist auch, wie und in welchem Umfang autonome Systeme und KI im laufenden Betrieb geprüft werden sollen bzw. ob sie schon vor Einführung einen Zulassungsprozess durchlaufen sollen.³³⁷ Hier ist mit der Einrichtung der Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“ durch die Bundesregierung ein wichtiger Schritt hin zu einer öffentlichen Diskussion und Klärung eingeleitet worden.³³⁸ Die Debatte um ethische Aspekte und Datenschutzfragen wird in Deutschland vergleichsweise intensiv geführt.³³⁹ Allerdings sind längst nicht alle relevanten Dimensionen autonomer Systeme erfasst.

Um den Nutzen autonomer Systeme zu erschließen, wird es darüber hinaus zentral sein, im Zuge des gesellschaftlichen Diskurses ein kritisches Maß an gesellschaftlicher Akzeptanz gegenüber solchen Systemen zu erreichen. Nach Einschätzung der Expertenkommission verbinden viele Menschen positive Assoziationen mit dem Anwendungsfeld des autonomen Fahrens. Eine Social-Media-Analyse der Expertenkommission zeichnet hier ein differenziertes Bild.³⁴⁰ Zwar wird in einigen Fällen Skepsis geäußert, positive Assoziationen mit autonomem Fahren überwiegen aber bei Weitem. In deutschsprachigen Onlinebeiträgen wird dreimal häufiger positiv als negativ über autonomes Fahren geschrieben. Im Vergleich dazu wird autonomes Fahren in englischsprachigen

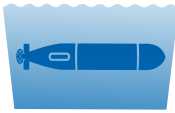
Beiträgen nur etwa doppelt so oft positiv wie negativ kommentiert. Darüber hinaus zeigt sich, dass der gesellschaftliche Diskurs thematisch breit geführt wird und die Auswirkungen des autonomen Fahrens in diversen Foren, Blogs und Medien intensiv diskutiert werden.³⁴¹

In den Diskussionen zu den Effekten von KI-Systemen und autonomen Systemen wird verstärkt die Frage nach den Auswirkungen auf die Arbeitswelt gestellt. Eine ständige Wegbegleiterin des technologischen Fortschritts seit der Industrialisierung ist die kontinuierliche Anpassung von Tätigkeitsprofilen in vielen Berufen. So wird auch die Diffusion autonomer Systeme mit einer veränderten Nachfrage nach existierenden Berufsbildern einhergehen bzw. berufliche Anforderungsprofile verändern. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass der Einsatz autonomer Systeme die Möglichkeit schafft, menschliche Arbeit sinnvoll zu ergänzen und damit verstärkt repetitive Aufgaben auf technische Systeme zu übertragen. Damit verbunden steigt i.d.R. auch die Entlohnung der Arbeitskraft. Die Expertenkommission hält im Kontext der Diffusion autonomer Systeme Schreckensszenarien für den Arbeitsmarkt für wissenschaftlich nicht begründbar.³⁴² Voraussetzung für das Erschließen umfassender Nutzenpotenziale autonomer Systeme sind jedoch vor allem weitreichende Maßnahmen im Bildungsbereich (vgl. Kapitel A 2).

KI erfordert neben einer stabilen und leistungsfähigen Internetversorgung auch weitere komplementäre Infrastrukturen. Hierzu zählen Plattformen, auf denen Daten und Algorithmen gespeichert, geteilt und neu kombiniert werden können, sowie leistungsfähige Computer-Hardware. Neben den materiellen Input-Faktoren (Computer, Server, Gebäude, hochleistungsfähiges Internet) kommt den komplementären immateriellen Input-Faktoren (Entwicklung von Datensets, firmenspezifisches Humankapital, Implementierung neuer Geschäftsprozesse, Plattformen) eine wesentliche Rolle zu. Die Reorganisation von Geschäftsprozessen erfordert neben rein technischen Anpassungen auch die Weiterbildung der Belegschaften.

Aufgrund der absehbar großen Bedeutung von autonomen Systemen und der Komplexität der zu bewältigenden Aufgaben plädiert die Expertenkommission für die Einsetzung einer Enquete-Kommission des Bundestages, die sich intensiv mit Fragen zu Ethik, Datenschutz, Datensicherheit, militärischer Nutzung und Wettbewerb auseinandersetzt.

Nutzenpotenziale in Wirtschaft und Gesellschaft



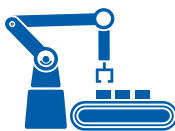
Menschenfeindliche Umgebungen

In menschenfeindlichen Umgebungen wie dem Weltall, der Unterwasserwelt³⁴³, nach Erdbeben oder Unfällen in oder beim Rückbau von Kernkraftanlagen ermöglichen autonome Systeme die Durchführung von Arbeitsschritten, ohne Menschen zu gefährden. Die Autonomie eines Systems hat dabei zum einen den Vorteil, dass es keine dauerhafte Kommunikationsverbindung zu einem Menschen benötigt, und zum anderen, dass es Teile eines Einsatzes selbst planen kann. So ist ein autonomer Roboter in der Lage, selbst einen Weg durch ein havariertes Atomkraftwerk oder durch einsturzgefährdete Gebäude zu finden. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von Robotern vor Ort Bergungs- oder Räumungsarbeiten, die einem Menschen nicht möglich sind.³⁴⁴



Smart Home

In Gebäuden können autonome Systeme durch eine intelligente Heizungs- und Klimatisierungssteuerung dafür sorgen, dass Energie gespart und der Wohnkomfort des Menschen erhöht wird. Zusätzlich ermöglicht ein intelligentes Energiemanagement, den Betrieb von Haushaltsgeräten wie einer Waschmaschine über eine intelligente Verbrauchsmessung (smart metering) an der zeitlichen Kostenstruktur des Stromangebots auszurichten und damit auch auf die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind- oder Solarenergie zu reagieren. Daneben können autonome Systeme im Gebäudebereich zum Einsatz kommen, um Sicherungsfunktionen zu übernehmen und fest installierte Überwachungsanlagen mit mobilen Einheiten wie z.B. Drohnen zu koordinieren.³⁴⁵ Dem Zuhause als zentralem Lebensmittelpunkt könnte zukünftig außerdem eine integrierende Funktion für autonome Systeme in verschiedenen Bereichen des Lebens zukommen.³⁴⁶ Denkbar wäre beispielsweise die Verknüpfung von Funktionen eines Smart Home mit Mobilitätslösungen, bei denen Elektrofahrzeuge als Stromspeicher für den lokal erzeugten Strom dienen oder das Smart Home selbst ein autonomes Fahrzeug anfordert, wenn ein Bewohner oder eine Bewohnerin das Haus verlässt.



Industrielle Produktion

In der industriellen Produktion ermöglichen autonome Systeme sowohl eine Beschleunigung als auch eine Flexibilisierung der Produktion³⁴⁷ und damit einen höheren Grad an Individualisierung des Endprodukts. Autonome Systeme kommen dabei beispielsweise in Form von fahrerlosen Transportsystemen für die unternehmensinterne Logistik oder im Rahmen von Mensch-Roboter-Kollaborationen zum Einsatz. Letztere erlauben u.a. die Ausweitung von Qualitätskontrollen während der Fertigung und eine Dokumentation der Arbeitsschritte in Echtzeit.³⁴⁸ Zudem reduzieren autonome Systeme Ausfallzeiten durch vorausschauende Wartung (predictive maintenance). Dafür werden Maschinendaten erfasst und in Echtzeit analysiert, um Auffälligkeiten zu entdecken, zu melden und nötige Maßnahmen einzuleiten, bevor es zum Defekt kommt.



Autonomes Fahren

Im Straßenverkehr werden autonome Systeme u. a. in Form von autonomem Fahren zum Einsatz kommen. Autonomes Fahren verspricht eine massive Reduzierung der Unfallzahlen durch die Vermeidung menschlichen Fehlverhaltens wie z. B. mangelnder Aufmerksamkeit. Außerdem können miteinander vernetzte autonome Fahrzeuge zu einem effizienteren Verkehr mit weniger Staus beitragen, da sie in der Lage sind, vorausschauender und koordinierter zu fahren als der Mensch.³⁴⁹ Die frei werdende Zeit des Fahrens kann anderweitig genutzt werden. Neben autonomen Fahrzeugen kann auch die Verkehrsinfrastruktur wie z. B. Ampeln, autonom agieren und sich so dynamisch an Verkehrssituationen anpassen. Parallel dazu bieten verschiedene Arten von autonomen Fahrzeugen, wie Busse und Bahnen eines ÖPNV in Kombination mit autonomen Pkws, die Chance, neue Mobilitätskonzepte zu entwickeln. Autonomes Fahren kann darüber hinaus zu Veränderungen in der Logistik führen und durch führerlose oder digital gekoppelte Lkws (das sogenannte Platooning) zu mehr Sicherheit und weniger Kraftstoffverbrauch führen. Zugleich erhoffen sich Akteure in der Logistikbranche, den sich abzeichnenden Arbeitskräftemangel von Lkw-Fahrerinnen und -fahrern³⁵⁰ zu mildern.³⁵¹ Grundvoraussetzung für einen effektiven Betrieb autonomer Systeme im Bereich der autonomen Fahrzeuge ist allerdings der ungehinderter grenzüberschreitende Datenverkehr, der sicherstellt, dass Fahrzeuge über alle Ländergrenzen hinweg mit Software-Updates versorgt werden und umgekehrt inländische Hersteller Daten von im Ausland befindlichen Fahrzeugen abrufen können.³⁵²

Deutschlands Position im internationalen Vergleich

B 3–4

Der Leistungsstand Deutschlands wird anhand von drei Indikatoren beleuchtet und international verglichen: Publikationsleistungen bei den wichtigsten internationalen KI-Konferenzen, Publikationsleistungen in den Anwendungsfeldern autonomer Systeme sowie Patentanmeldungen in den Anwendungsfeldern.

KI-Grundlagenforschung in Deutschland gut aufgestellt

Um den Leistungsstand der deutschen Wissenschaft in KI beurteilen zu können, wurden von der Expertenkommission Daten zu wissenschaftlichen Forschungsbeiträgen in einschlägigen Konferenzbänden (Proceedings-Beiträge) herangezogen.³⁵³ Die berücksichtigten Konferenzen gelten als weltweit besonders wichtige Foren für die KI-Grundlagenforschung. Diese Daten wurden mit bibliometrischen Informationen kombiniert, um Aussagen zum Standort der Publizierenden und zur Zitationsbilanz der Publikationen zu erhalten.³⁵⁴ Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle B 3-7 für die publikationsstärksten Länder und Regionen dargestellt.

Dabei wird die vergangene Dekade in zwei gleich lange Zeiträume (2007 bis 2011 und 2012 bis 2016) aufgeteilt und diese werden einander gegenübergestellt. Die zeitliche Aufteilung ist dem Sachverhalt geschuldet, dass es seit der ImageNet Competition 2012 (vgl. Box 3-1) bei wichtigen KI-Komponenten wie z. B. neuronalen Netzen in den letzten Jahren größere Fortschritte gab, die zu einer starken Reduktion von KI-Forschungskosten geführt haben. Zugleich nimmt die Zahl der Disziplinen, in denen KI wichtiger Bestandteil der Forschung ist, kontinuierlich zu. Die Publikationstätigkeit hat sich im Zuge dieser Entwicklung beschleunigt. Die Zahl der erfassten Proceedings-Beiträge stieg von 5.524 im Zeitraum 2007 bis 2011 auf 7.429 im Zeitraum 2012 bis 2016, was einem Wachstum von etwa 35 Prozent entspricht.³⁵⁵

Knapp die Hälfte der Proceedings-Beiträge wurde an US-amerikanischen Forschungseinrichtungen erstellt. Diese US-amerikanische Dominanz von KI-Proceedings-Beiträgen ist in beiden Zeitfenstern stabil. Neben der Anzahl der Proceedings-Beiträge ist auch deren Qualität von Bedeutung. Als Maß

Tab B 3-7

Download
Daten

Beiträge zu wichtigen KI-Konferenzen nach Land bzw. Region der Publizierenden

Land (Region)	Proceedings-Beiträge 2007-2011	Anteil	Proceedings-Beiträge 2012-2016	Anteil	Wachstum	Proceedings-Beiträge 2007-2016	Anteil hochzitatierter Proceedings-Beiträge 2007-2015 *
USA	2.729	49,4%	3.683	49,6%	35,0%	6.412	11,4%
EU	1.258	22,8%	1.607	21,6%	27,7%	2.865	
davon:							
Deutschland	336	6,1%	348	4,7%	3,6%	684	9,5%
Großbritannien	284	5,1%	430	5,8%	51,4%	714	10,7%
Frankreich	233	4,2%	367	4,9%	57,5%	600	9,1%
andere EU-Ld.	405	7,3%	462	6,2%	14,1%	867	
Kanada	318	5,8%	324	4,4%	1,9%	642	13,9%
China	283	5,1%	356	4,8%	25,8%	639	11,4%
Japan	160	2,9%	199	2,7%	24,4%	359	3,7%
andere Länder	776	14,0%	1.260	17,0%	62,4%	2.036	7,4%
Gesamt	5.524	100,0%	7.429	100,0%	34,5%	12.953	10,0%

Die Zuordnung der Publizierenden zu Ländern der Forschungsinstitutionen, mit denen die Publizierenden affiliert sind, erfolgt fraktional. Der Anteil hochzitatierter Publikationen ist näherungsweise korrigiert für Verzerrungen aufgrund der Ganzzahligkeit des 90-Perzentils. Die Zuordnung zur Gruppe der vielzitierten Publikationen erfolgte auf Grundlage der publikationsjahrspezifischen Zitationsverteilungen.

* Für die Ermittlung des Anteils vielzitatierter Publikationen wurden hier die Publikationen des Jahres 2016 nicht berücksichtigt, da der Zeitraum für eine verlässliche Abgrenzung zu kurz ist.

Quelle: Berechnungen des Max-Planck-Instituts für Innovation und Wettbewerb auf der Grundlage von Daten des Digitalen Bibliographie- und Bibliotheksprojekts (DBLP) und Scopus.

dafür werden die 10 Prozent der Proceedings-Beiträge betrachtet, die am häufigsten zitiert wurden und damit die Gruppe der hochzitierten Proceedings-Beiträge bzw. Spitzenpublikationen bilden. Bei den US-Proceedings-Beiträgen liegt der Anteil dieser Spitzenpublikationen mit 11,4 Prozent leicht über dem Durchschnitt von 10 Prozent.

Der Abstand der Ländergruppe Deutschland, China, Kanada, Großbritannien und Frankreich zu den USA ist immens – diese fünf Länder stellen gemeinsam nur etwa halb so viele Beiträge (51 Prozent) wie die US-Forschenden. EU-Länder kommen zusammen genommen auf einen Anteil von 22,8 Prozent im Zeitraum 2007 bis 2011 und 21,6 Prozent im Zeitraum 2012 bis 2016.

In Deutschland Forschende kommen auf eine ähnliche Zahl von Beiträgen im Gesamtzeitraum 2007 bis 2016 wie die Forschenden in anderen großen EU-Ländern (Großbritannien und Frankreich) oder auch in China.

Allerdings steigerten Forschende aus Großbritannien und Frankreich die Zahl ihrer Proceedings-Beiträge

im zweiten Fünfjahresintervall um mehr als 50 Prozent (58 Prozent für Frankreich, 51 Prozent für Großbritannien), während die Zahl deutscher Proceedings-Beiträge fast stagnierte. Chinesische Proceedings-Beiträge stiegen um immerhin ca. 26 Prozent, die von Forschenden in den USA um 35 Prozent. Die Zahl kanadischer Proceedings-Beiträge ist in etwa gleichgeblieben. Kanada weist jedoch einen sehr hohen Anteil vielzitatierter Proceedings-Beiträge auf. Auffällig sind der niedrige Anteil von Proceedings-Beiträgen japanischer Forscher und deren vergleichsweise geringe Zitationshäufigkeit.

Wie in anderen führenden Vergleichsländern konzentriert sich die KI-Forschung in Deutschland auf wenige Standorte und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. 39,7 Prozent der im Zeitraum 2007 bis 2016 betrachteten Proceedings-Beiträge kommen aus den Räumen Tübingen/Stuttgart (23,8 Prozent) und Berlin/Potsdam (15,9 Prozent). Weitere besonders aktive Regionen bzw. Städte sind Bonn/St. Augustin (6,9 Prozent), Saarbrücken (6,8 Prozent) und München/Garching (6,2 Prozent). Diese fünf Standorte generieren somit 59,4 Prozent der erfassten Proceedings-Beiträge.

Rückstand bei Publikationen zu Anwendungsfeldern

Um bei der Entwicklung autonomer Systeme wettbewerbsfähig zu sein, kommt neben der Grundlagenforschung auch der Forschung und Entwicklung (FuE) in den Anwendungsfeldern eine wesentliche Bedeutung zu. Basierend auf einer Studie im Auftrag der Expertenkommission werden im Folgenden Publikationsdaten für die vier Anwendungsfelder menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge betrachtet. Der Indikator für die Publikationsleistung Deutschlands im internationalen Vergleich liegt für den Zeitraum 2002 bis Mai 2017 vor.³⁵⁶

Global gesehen lässt sich eine deutliche Zunahme der Publikationsaktivitäten in den betrachteten Anwendungsfeldern autonomer Systeme in den letzten fünf Jahren (2012 bis 2016)³⁵⁷ feststellen. Die stärkste Publikationsaktivität zeigt sich im Anwendungsfeld autonome Fahrzeuge. Seit 2012 ist hier ein beachtlicher Anstieg der Publikationsaktivität mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von fast 19 Prozent zu beobachten.

Neben der Quantität ist auch die Qualität von Publikationen, gemessen an sogenannten Spitzenpublikationen, ein wichtiger Indikator für die Abschätzung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit eines Landes. Spitzenpublikationen werden oft über die Häufigkeit ihrer Zitationen identifiziert. In Abbildung B 3-8 beziehen sich die ausgewiesenen Spitzenpublikationen auf die hochzitierten 10 Prozent aller Publikationen im jeweiligen Anwendungsfeld.³⁵⁸

In Abbildung B 3-8 sind für ausgewählte Länder die Publikationsaktivitäten in den einzelnen Anwendungsfeldern, kumuliert über die letzten 15 Jahre, dargestellt.³⁵⁹ Abbildung B 3-8 visualisiert den Quantitätsindikator, die Anzahl aller Publikationen, auf der horizontalen Achse. Der Qualitätsindikator, als die Anzahl der Spitzenpublikationen, ist auf der vertikalen Achse abgetragen.³⁶⁰

Im Anwendungsfeld autonome Fahrzeuge nehmen die USA die führende Position sowohl bei allen Publikationen als auch bei Spitzenpublikationen ein. Deutschlands Publikationsleistung beträgt gut ein Drittel (ca. 36 Prozent) der Leistung der USA. Damit liegt Deutschland geringfügig vor Japan und Südkorea, jedoch deutlich hinter China. Bei Spitzenpublikationen liegt Deutschland jedoch mit etwa 26 Prozent des Wertes der USA vor China.³⁶¹

Im Anwendungsfeld Smart Home nehmen China, die USA und Südkorea besonders starke Positionen ein. Bei den gesamten Publikationen liegt China vor den USA und Südkorea. Bei Spitzenpublikationen dominieren jedoch erneut die USA. Deutschland liegt bei den gesamten Publikationen bei knapp 36 Prozent der führenden Nation China und bei den Spitzenpublikationen bei ca. 23 Prozent der führenden Nation USA.³⁶²

Im Anwendungsfeld industrielle Produktion liegt Deutschland bei allen Publikationen gleichauf mit China und den USA. Diese beiden Länder haben jedoch einen Vorsprung bei Spitzenpublikationen. Bemerkenswert ist die starke Position Chinas, wohingegen Deutschland hier lediglich etwa 31 Prozent der Spitzenpublikationen der USA aufweist.³⁶³

Auch im Anwendungsfeld menschenfeindliche Umgebungen dominieren die USA und in geringerem Maße China. Insbesondere bei Spitzenpublikationen manifestiert sich die dominierende Rolle von US-Forschenden. Die Publikationsleistung Deutschlands relativ zu den USA beträgt hier weniger als 17 Prozent bei allen Publikationen bzw. weniger als 11 Prozent bei den Spitzenpublikationen.³⁶⁴

Gute Position bei Patenten zu autonomen Fahrzeugen

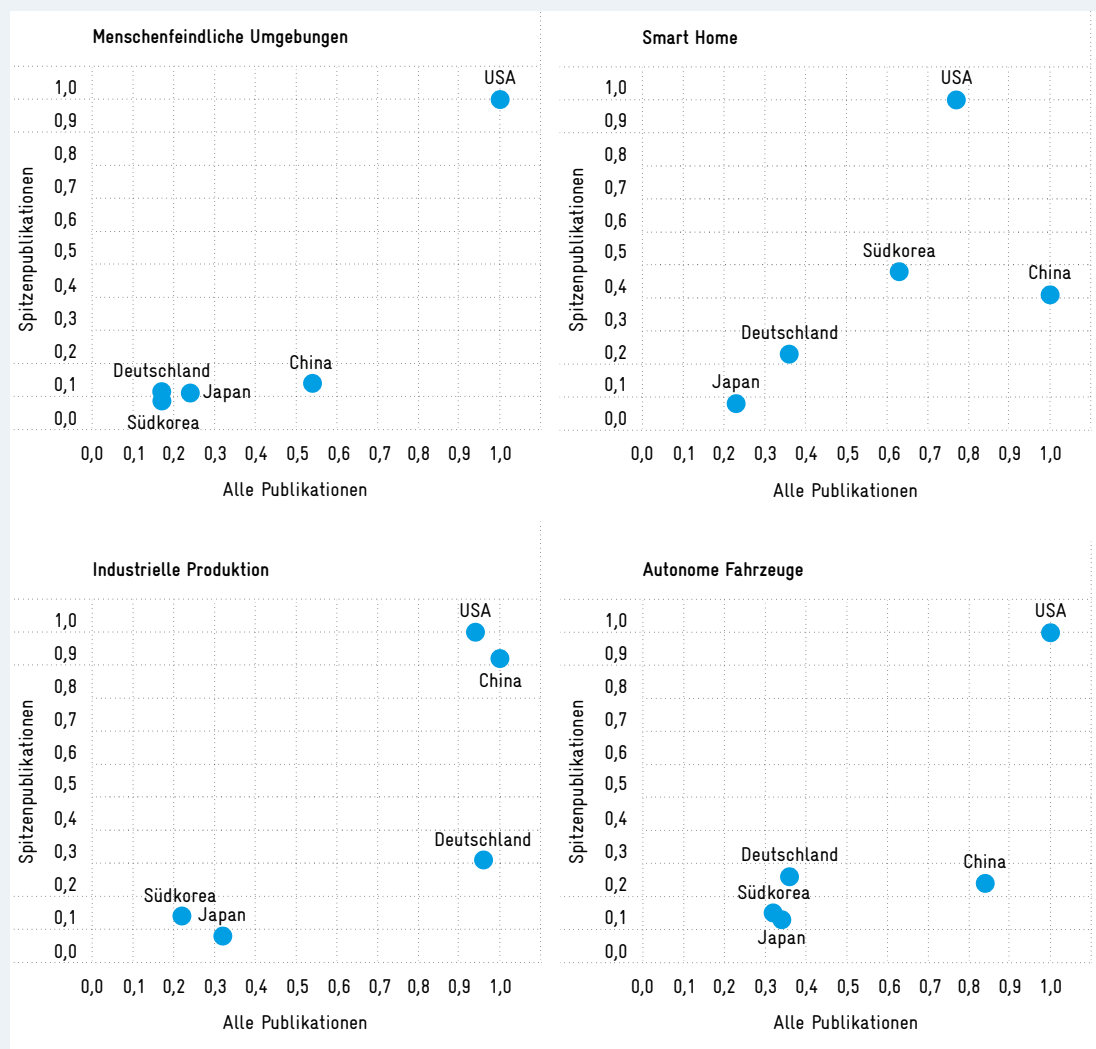
Um die Patentierungsaktivitäten in den vier Anwendungsfeldern untersuchen zu können, greift die Expertenkommission auf die Ergebnisse von zwei Studien zurück, die von ihr in Auftrag gegeben wurden.³⁶⁵ In der folgenden Diskussion bezieht sich die Expertenkommission auf international angelegte Patentierungsaktivitäten, die sich durch transnationale Patentanmeldungen nachweisen lassen.³⁶⁶ Abbildung B 3-9 zeigt die Verteilung der so ermittelten Patentfamilien nach Erfinderland. Explizit ausgewiesen werden die Ergebnisse für Erfinderinnen und Erfinder aus den Ländern Deutschland, USA, Japan, Südkorea und China.

Patente von Erfinderinnen und Erfindern aus anderen Ländern werden summarisch (andere Länder) ausgewiesen. Berücksichtigt werden Patentfamilien mit frühester Anmeldung ab dem Jahr 2002. Die hier für Erfinderinnen und Erfinder aus Deutschland genannten Zahlen lassen sich mit dem Anteil der Patente deutscher Erfinderinnen und Erfinder an transnationalen Patentanmeldungen insgesamt vergleichen. Dieser Anteil betrug im Jahr 2015 10,8 Prozent (vgl. Tabelle C 6-2).

Abb B 3-8

Download
Daten

Publikationen und Spitzenpublikationen* in Relation zum führenden Land im jeweiligen Anwendungsfeld für ausgewählte Länder 2002–2017



Publikationen des Jahres 2017 sind bis Mai 2017 erfasst. Die Anzahl aller Publikationen bzw. Spitzenpublikationen ist nachfolgend nach folgendem Muster dargestellt: Anwendungsfeld (Anzahl der Spitzenpublikationen des in diesem Anwendungsfeld führenden Landes, Anzahl aller Publikationen des in diesem Anwendungsfeld führenden Landes). Menschengefeindliche Umgebungen (431, 2733), Smart Home (135, 912), Industrielle Produktion (118, 654), Autonome Fahrzeuge (947, 5648).

* Bei den Spitzenpublikationen handelt es sich um die Top-10-Prozent-Publikationen nach Zitationen. Das heißt, im Anwendungsfeld Smart Home werden Publikationen betrachtet, die mehr als 60-mal zitiert wurden. Im Anwendungsfeld industrielle Produktion sind es Publikationen mit mehr als 10, bei autonomen Fahrzeugen mehr als 12 und bei in menschenfeindlichen Umgebungen mehr als 13 Zitationen.

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Youtie et al. (2018).

Im Anwendungsfeld des automatisierten Fahrens wurden 6.140 transnationale Patentfamilien identifiziert. Dabei hat sich die Anmeldeaktivität beschleunigt: Circa ein Drittel der identifizierten Patentfamilien wurde seit 2014 eingereicht. Erfinderinnen und Erfinder aus Japan (24,3 Prozent), Deutschland (23,3 Prozent) und den USA (20,4 Prozent) weisen ähnlich hohe Anteile an der Gesamtzahl der Patentfamilien

auf. Südkorea (6,4 Prozent) und China (4,8 Prozent) folgen mit einigem Abstand. In der Restgruppe (andere Länder) haben Erfinderinnen und Erfinder aus Frankreich (4,5 Prozent) und Großbritannien (3,0 Prozent) nennenswerte Aktivitäten zu verzeichnen. Diese Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass Deutschland als Standort für die FuE im Bereich des automatisierten Fahrens hohe Bedeutung hat und

hiesige Patentanmelderinnen und -anmelder über ein wettbewerbsfähiges Patentportfolio verfügen.³⁶⁷

Im Anwendungsfeld industrielle Produktion nehmen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA (35,3 Prozent) und Japan (30,1 Prozent) die führenden Positionen ein. In Deutschland tätige Erfinderinnen und Erfinder stellen 13,4 Prozent aller hier betrachteten Patentfamilien. Südkoreanische (5,3 Prozent) und chinesische (2,6 Prozent) Erfinderinnen und Erfinder weisen deutlich geringere Patentierungsaktivitäten auf. Patentierung im Anwendungsfeld Smart Home wird von südkoreanischen Erfinderinnen und Erfindern dominiert, die 32,4 Prozent der identifizierten Patentfamilien ausmachen. Es folgen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA (20,1 Prozent), aus China (15,1 Prozent), Deutschland (10,3 Prozent) und Japan (9,9 Prozent). Im Anwendungsfeld menschenfeindliche Umgebungen weisen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA wieder besonders starke Aktivitäten (34,0 Prozent) auf. Deutsche Erfinderinnen und Erfinder folgen mit 18,6 Prozent.

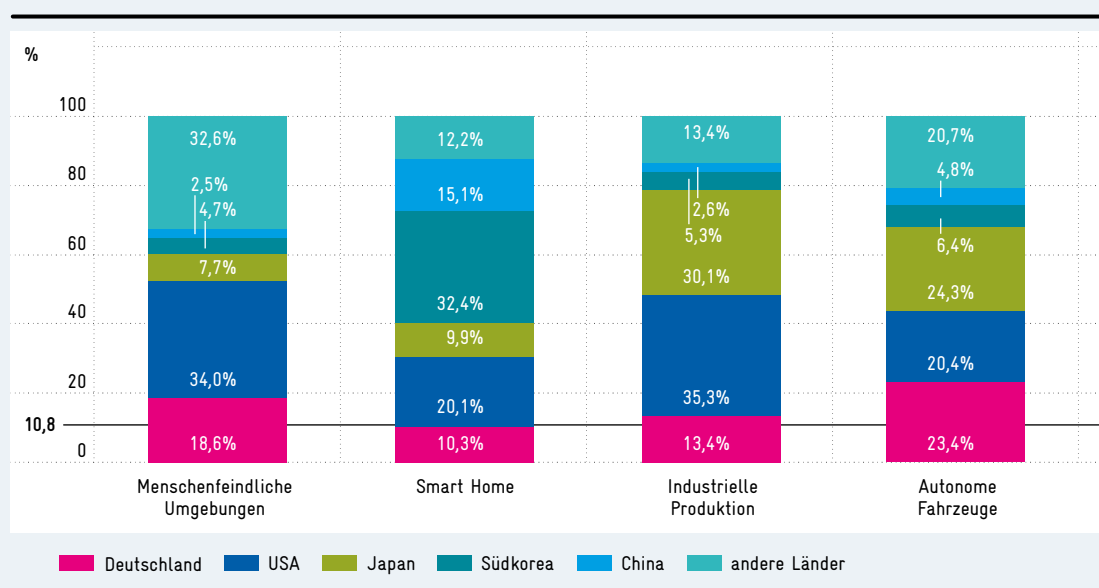
Insgesamt deuten diese Daten auf eine besonders starke Position Deutschlands im Anwendungsfeld des automatisierten Fahrens und der autonomen Systeme in menschenfeindlichen Umgebungen hin. Die Position

im Anwendungsfeld industrielle Produktion liegt etwas über dem Anteil von 10,8 Prozent, den deutsche Erfinderinnen und Erfinder an allen transnationalen Patenten halten. Die Position im Anwendungsfeld Smart Home entspricht in etwa der deutscher Erfinderinnen und Erfinder für alle transnationalen Patente im Jahr 2015. Hier liegt also keine besonders starke Spezialisierung vor.

Bewertung der deutschen Position

Die Analysen der Publikations- und Patentaktivitäten liefern ein gemischtes Bild der Position Deutschlands im internationalen Vergleich. Deutschland nimmt in den Anwendungsfeldern autonome Fahrzeuge und menschenfeindliche Umgebungen eine aussichtsreiche Position bei den Patenten ein. Bei Publikationen ist eine international starke Position Deutschlands nur für die Anzahl der Publikationen im Anwendungsfeld industrielle Produktion nachweisbar, nicht aber bei Spitzenpublikationen. Stärken kann Deutschland bislang außerdem im Bereich der KI-Grundlagenforschung vorweisen. Allerdings weisen internationale Wettbewerber hier eine deutlich höhere Dynamik auf. Bemerkenswert ist darüber hinaus die starke Position Chinas, das in allen Anwendungsfeldern autonomer

Anteil der transnationalen Patente Deutschlands im internationalen Vergleich für die vier betrachteten Anwendungsfelder autonomer Systeme 2002-2016



Die horizontale Linie zeigt den Anteil der Patente deutscher Erfinder an transnationalen Patentanmeldungen insgesamt. Dieser betrug im Jahr 2015 10,8 Prozent. Vgl. Tabelle C 6-2.

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Pötzl und Natterer (2018) und Youtie et al. (2018).

Abb B 3-9

Download Daten

Systeme mehr Publikationen aufweist als Deutschland und mit Ausnahme des Anwendungsfelds autonome Fahrzeuge ebenfalls mehr Spitzenpublikationen hervorbringt.

B 3-5 Fördermaßnahmen und Strategien

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene werden autonome Systeme sowie damit in Verbindung stehende Einzeltechnologien staatlich gefördert. In Deutschland sind verschiedene Bundesressorts an den Förderaktivitäten beteiligt. So hat das BMBF die Plattform Lernende Systeme eingeführt und gemeinsam mit dem BMWi das „Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum“ aufgesetzt. Neben einer Vielzahl weiterer Förderprogramme und -projekte dieser Ressorts gibt es auch Förderaktivitäten anderer Ministerien wie z. B. des BMVI.³⁶⁸ Insgesamt lässt sich bei diesen Maßnahmen³⁶⁹ ein Förderschwerpunkt beim autonomen Fahren als gegenwärtige Leitanwendung beobachten. Als weitere Schwerpunktthemen erscheinen Robotik sowie industrielle Fertigung.³⁷⁰ Auch auf europäischer Ebene gibt es eine Prioritätensetzung auf autonomes Fahren. Die Förderung autonomer Systeme findet hier hauptsächlich im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms und Horizont 2020 statt.³⁷¹

In Deutschland erfolgt zudem eine Forschungsförderung autonomer Systeme durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Hier finden sich u. a. die Schwerpunktprogramme „Kooperativ interagierende Automobile“ (seit 2015) und „Autonomes Lernen“ (seit 2012) sowie die Sonderforschungsbereiche/Transregio-Projekte „Eine Companion-Technologie für kognitive technische Systeme“ (2009 bis 2017) und „Kognitive Automobile“ (2006 bis 2010).³⁷² Darüber hinaus fördert die VolkswagenStiftung mit dem Programm „Künstliche Intelligenz – Ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft von morgen“ integrative Forschungsansätze der Gesellschafts- und Technikwissenschaften im Bereich der KI.³⁷³

Des Weiteren wurde 2016 vom Land Baden-Württemberg der Forschungsverbund „CyberValley“ initiiert.³⁷⁴ In diesem Netzwerk kooperieren verschiedene Partner aus Wissenschaft und Industrie in der Region Stuttgart-Tübingen, um die Forschung und Entwicklung intelligenter Systeme voranzutreiben, den Technologietransfer sicherzustellen und ein vorteilhaftes Umfeld für Unternehmensgründungen zu schaffen.³⁷⁵ Die Expertenkommission begrüßt diese Initiative, zu-

mal sie auf einer klar erkennbaren Spitzenstellung der Region in der KI-Grundlagenforschung aufbaut (vgl. Abschnitt B 3-4).

Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass im Bereich der KI massive Förderanstrengungen von anderen Staaten angekündigt werden. Viele dieser Ankündigungen wurden noch nicht umgesetzt. Dennoch zeugen sie von einem Bewusstsein für die Bedeutung von KI bei Deutschlands internationalen Wettbewerbern. So strebt China bis 2030 eine führende Position sowohl bei technologischen Entwicklungen als auch bei Anwendungen von KI an.³⁷⁶ Hierfür soll von staatlicher Seite aus massiv in KI-Start-ups, Grundlagenforschung und „Moonshot-Projekte“ investiert werden.³⁷⁷ Als beispielhafte Maßnahme in der chinesischen KI-Förderstrategie kann der 2017 verkündete Plan der Stadt Tianjin nahe Peking genannt werden, einen Fonds im Umfang von etwa 4,2 Milliarden Euro³⁷⁸ zur Unterstützung der KI-Industrie einzurichten.³⁷⁹ Auch die Regierung in Südkorea hat 2016 angekündigt, bis zum Jahr 2020 etwa 780 Millionen Euro³⁸⁰ zu investieren, um gemeinsam mit Partnern aus der Industrie wie etwa Samsung, LG Electronics und Hyundai Motor ein KI-Forschungszentrum aufzubauen.³⁸¹ Japan veröffentlichte 2017 ein Strategiepapier zur KI-Technologie, das Prioritäten der FuE in den Feldern Produktivität, autonome Fahrzeuge und Gesundheit vorsieht und gleichzeitig Kollaborationen zwischen Regierung, Industrie und akademischen Einrichtungen unterstützt sowie die Notwendigkeit der Bildung im Bereich KI hervorhebt. Anwendungen der KI sind zudem auch Teil der sogenannten Revitalisierungsstrategie Japans aus dem Jahr 2017.³⁸² Die USA haben im Jahr 2016 ebenfalls mehrere Strategiepapiere veröffentlicht, die die Bedeutung der KI sowohl für die Wirtschaft als auch für die nationale Sicherheit hervorheben und Strategien zu deren Förderung darlegen.³⁸³

Trotz etlicher Einzelmaßnahmen, spezieller Einrichtungen und Plattformen³⁸⁴ lässt sich in Deutschland derzeit keine Strategie des Bundes mit vergleichbar starker Schwerpunktsetzung auf die Förderung der KI-Forschung ausmachen.

Handlungsempfehlungen

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Politik mit dem Einsetzen der Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“ frühzeitig aktiv wurde, um einen gesellschaftlichen Diskurs zu ethischen Fragen autonomer Systeme zu fördern. Sie begrüßt

B 3-6

ebenfalls, dass die technologische Entwicklung autonomer Systeme in die Forschungsförderungsprogramme verschiedener Ressorts Eingang gefunden hat. Die durch das BMBF eingerichtete Plattform Lernende Systeme kann zukünftig wichtige Impulse für die Förderungs- und Anwendungspraxis geben.

Gleichwohl besteht in verschiedenen Bereichen weiterhin großer Handlungsbedarf, um Deutschland in einem dynamischen, internationalen Innovationswettbewerb im Bereich der KI und der autonomen Systeme vorteilhaft zu positionieren.

- Die Expertenkommission plädiert daher für die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz“ des Bundestages. Wesentliche Aufgaben der Enquete-Kommission sollten sein:
 - den gesellschaftlichen Diskurs zur Gestaltung und Nutzung autonomer Systeme zu bündeln,
 - Entwicklungsprinzipien zu erarbeiten, die eine Kontrolle und Anpassung autonomer oder KI-basierter Systeme auf der Grundlage gesellschaftlich anerkannter ethischer Prinzipien gewährleisten,
 - relevante neue technische, wirtschaftliche und soziale Entwicklungen aufzugreifen,
 - die deutsche Debatte mit internationalen und insbesondere europäischen Diskussionsprozessen zu verknüpfen,
 - geeignete Indikatoren zur regelmäßigen Überprüfung sowohl der Rahmenbedingungen als auch des Leistungsstands im internationalen Vergleich zu entwickeln.
- Die Expertenkommission fordert die Entwicklung einer nationalen Strategie für KI mit dem Ziel der Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.
 - Diese Strategie soll in eine europäische Strategie eingebettet werden, da absehbar ist, dass Deutschland allein mit den ambitionierten Plänen von Unternehmen und Forschungseinrichtungen in den USA sowie in China nicht wird Schritt halten können. Im Verbund europäischer Akteure kann hingegen ein wissenschaftliches und ökonomisches Gegengewicht aufgebaut werden.
 - Die Expertenkommission empfiehlt, im Rahmen dieser Strategie den Ausbau der bereits sichtbaren KI-Zentren in Deutschland voranzutreiben. Mit einer wettbewerbsfähigen Ausstattung an Mitteln für die Grundlagenforschung sollte das Ziel verfolgt werden, publikationsstarke Forschende in Deutschland zu halten, Talente anzuziehen und eine gute Basis für den Erkenntnistransfer sowie die wirtschaftliche Nutzung von KI zu erarbeiten.
- Zusätzlich empfiehlt die Expertenkommission die Flankierung solcher „KI-Leuchttürme“ durch geistes- und sozialwissenschaftliche Forschung, um gesellschaftliche Implikationen von KI frühzeitig aufzugreifen, Regulierungsbedarf zu erkennen und den gesellschaftlichen Diskurs zu begleiten.
- Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung auf, den von der Europäischen Kommission angestoßenen Prozess zur Schaffung eines europäischen Daten-Binnenmarktes aktiv zu begleiten und zu unterstützen. Nur wenn ein grenzüberschreitender Datenfluss möglich ist und nicht durch rechtliche Friktionen erschwert wird, können die Potenziale zunehmend datenbasierter Wertschöpfungsprozesse realisiert werden.
- Die Bundesregierung muss sicherstellen, dass Unternehmen Daten nicht dazu nutzen können, Markteintrittsbarrieren zu errichten, die den Wettbewerbsprozess auf Dauer behindern. Daten sollten in diesem Fall von Wettbewerbsbehörden als wesentliche Einrichtung (essential facility) behandelt werden.³⁸⁵
- Die Expertenkommission empfiehlt, über die Plattform Lernende Systeme den Transfer von Wissen und Erkenntnissen zwischen verschiedenen Akteuren zu fördern. Hierbei sollten insbesondere KMU einbezogen werden. Die Budgetausstattung der Plattform ist auszuweisen und von Mitteln für ohnehin schon laufende Förderungen transparent zu trennen.
- Die bisherige starke Ausrichtung der Förderungspolitik auf aktuelle Stärken der deutschen Wirtschaft könnte sich als hinderlich für die Erschließung neuer Anwendungsfelder erweisen. Die Expertenkommission rät dazu, alle Anwendungsfelder autonomer Systeme in die Förderung einzubeziehen.