

Hubertus, Bardt; Enno, Kohlisch; Oliver, Koppel; Thomas, Puls

Article

Autonome Mobilität und autonome Automobile: Deutschlands Patentleistung im internationalen Vergleich

IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung

Provided in Cooperation with:

German Economic Institute (IW), Cologne

Suggested Citation: Hubertus, Bardt; Enno, Kohlisch; Oliver, Koppel; Thomas, Puls (2025) : Autonome Mobilität und autonome Automobile: Deutschlands Patentleistung im internationalen Vergleich, IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, ISSN 1864-810X, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln, Vol. 52, Iss. 1, pp. 84-108,
<https://doi.org/10.2373/1864-810X.25-01-05>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/319720>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



IW-Trends

Autonome Mobilität und autonome Automobile – Deutschlands Patentleistung im internationalen Vergleich

Hubertus Bardt / Enno Kohlisch / Oliver Koppel /
Thomas Puls

IW-Trends 1/2025

Vierteljahresschrift zur
empirischen Wirtschaftsforschung
Jahrgang 52



Herausgeber

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.

Postfach 10 19 42
50459 Köln
www.iwkoeln.de

Das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

Das IW in den sozialen Medien

X

[x.com@iw_koeln](https://twitter.com/iw_koeln)

LinkedIn

[@Institut der deutschen Wirtschaft](https://www.linkedin.com/company/institut-der-deutschen-wirtschaft)

Facebook

[@IWKoeln](https://www.facebook.com/IWKoeln)

Instagram

[Instagram@IW_Koeln](https://www.instagram.com/Instagram@IW_Koeln)

Verantwortliche Redakteure

Prof. Dr. Michael Grömling

groemling@iwkoeln.de
0221 4981-776

Holger Schäfer

schaefer.holger@iwkoeln.de
030 27877-124

Alle Studien finden Sie unter
www.iwkoeln.de

Rechte für den Nachdruck oder die elektronische Verwertung erhalten Sie über lizenzen@iwkoeln.de.

In dieser Publikation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit regelmäßig das grammatische Geschlecht (Genus) verwendet. Damit sind hier ausdrücklich alle Geschlechteridentitäten gemeint.

ISSN 1864-810X (Onlineversion)

© 2025

Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH
Postfach 10 18 63, 50458 Köln
Konrad-Adenauer-Ufer 21, 50668 Köln
Telefon: 0221 4981-450
iwmedien@iwkoeln.de
iwmedien.de

Autonome Mobilität und autonome Automobile – Deutschlands Patentleistung im internationalen Vergleich

Hubertus Bardt / Enno Kohlisch / Oliver Koppel / Thomas Puls, März 2025

Zusammenfassung

Drei Viertel aller internationalen Patentanmeldungen der autonomen Mobilität entfallen auf autonome Automobile. Aber auch das autonome Fliegen oder autonome Arbeitsmaschinen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Insbesondere beim autonomen Automobil zählt der Forschungsstandort Deutschland über den Zeitraum 2010 bis 2021 mit einem Anteil von 27 Prozent an allen internationalen Patentanmeldungen gemeinsam mit den USA und Japan zur Weltspitze und stellt sogar das patentstärkste Unternehmen. In diesem Zeitraum ist die Anzahl der jedes Jahr aus Deutschland kommenden internationalen Patentanmeldungen deutlich von 1.350 auf 3.900 gestiegen. Dennoch ist ihr Anteil an allen Anmeldungen von 36 auf 25 Prozent gesunken, da andere Nationen ihre Patentaktivität in diesem Bereich noch stärker erhöht haben. Insbesondere China holt massiv auf und droht angesichts seiner Kompetenz im Softwarebereich, den USA und Deutschland den Rang abzulau- fen. Während die Automobilindustrie weltweit mit zuletzt 68 Prozent weiterhin den Großteil aller Patente des autonomen Automobils hervorbringt, drängen zunehmend auch Elektronik- und IT-Konzerne in diesen Markt. Ein strategischer Ansatzpunkt für die deutschen Automobilhersteller und ihre Zulieferer könnte darin bestehen, aufbauend auf ihrem sehr gut aufgestellten Patentportfolio im Hardwarebereich Kooperationen mit Unternehmen aus der Elektronik- und Softwarebranche einzugehen. Damit können die komplementär benötigten Softwarekomponenten in ihre Produkte des autonomen Automobils integriert werden.

Stichwörter: Automobilindustrie, Innovationen, Patente, Autonomes Fahren, Autonome Mobilität, Autonome Automobile

JEL-Klassifikation: L62, O30, C81

DOI: 10.2373/1864-810X.25-01-05

Autonome Autos als Teil der automobilen Herausforderung

Die Entwicklung von autonomen Automobilen hat zuletzt deutlich Fahrt aufgenommen. In den USA und China sind Testflotten von Robotaxis unterwegs, die bereits mehrere Millionen Fahrten absolviert haben. Auch abseits dieser Leuchtturmprojekte finden Systeme zum teilautonomen Fahren immer mehr Verbreitung. Ein Ausrufezeichen hierzu hat im Februar 2025 der chinesische Autobauer BYD gesetzt. Der weltweit größte Hersteller von Elektroautos hat angekündigt, seine als „God’s eye“ bezeichneten Systeme zum teilautomatisierten Fahren künftig in allen Fahrzeugmodellen serienmäßig zur Verfügung zu stellen. Das gilt auch für die billigsten Modelle. Zwar wird es Abstufungen in der Leistungsfähigkeit der serienmäßigen Systeme geben, aber mit diesem Schritt wird der Weg bereitet, dass teilautomatisierte Fahrzeuge zum neuen Standard werden.

Die Verbreitung des automatisierten Fahrens ist nur ein Teil eines umfassenden Veränderungsprozesses, welcher die Autoindustrie seit Jahren bewegt. Für Deutschland ist die Automobilindustrie von besonderer Bedeutung. Die automobile Wertschöpfungskette ist hierzulande verantwortlich für bis zu 10 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung und rund 7 Prozent der Beschäftigung (Puls/Fritsch, 2020). Die Branche ist ein zentraler Innovationsmotor und entscheidender Investor in Deutschland. Daher ist es für den industriebasierten Wohlstand in Deutschland von besonderer Bedeutung, dass die Autoindustrie – also Hersteller und Zulieferer – sich auch in einem veränderten Umfeld gut positionieren und ihre starke Marktstellung behaupten können.

Weltweit ist die Autoindustrie mit mehreren fundamentalen Veränderungen zugleich konfrontiert und muss sich aufgrund von vier teilweise miteinander zusammenhängenden Entwicklungen anpassen:

- **Elektrifizierung:** Zur Bekämpfung des weltweiten Klimawandels müssen die Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr reduziert werden. Eine wesentliche Technologie hierfür ist die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, also der Ersatz von Verbrennungsmotoren durch einen batterieelektrischen Antrieb. Dies wird in Europa durch regulatorische Maßnahmen und ein faktisches Zulassungsverbot von Neuwagen mit Benzin- oder Dieselmotoren ab 2035 durchgesetzt.

- **Digitalisierung:** Mit neuen digitalen Möglichkeiten werden Fahrzeuge stärker vernetzt und mit fortgeschrittenen Entertainment- und Informationsangeboten versehen. In den wachsenden Märkten, wie etwa in Asien, sind dies besonders wichtige Ausstattungsmerkmale. Die Autohersteller müssen entsprechende Angebote machen und Hard- und Software bei Zulieferern wie etwa Alphabet/Google und Apple einkaufen. Damit treten neue Konkurrenten aus der Elektroindustrie in den Fahrzeugmarkt ein, die Wissensvorsprünge in wichtigen Feldern wie Batteriezellen aber gerade auch Software mitbringen.
- **Autonomisierung:** Seit gut einer Dekade wird verstärkt an der Entwicklung autonom fahrender Autos gearbeitet. Dies basiert zum einen auf bestehenden Assistenzsystemen wie dem Tempomat oder Spurhaltesystemen, die mit immer besser werdender Sensorik und Datenverarbeitungsmöglichkeiten auf unterschiedliche Verkehrssituationen reagieren können. Neben einer schrittweisen Verbesserung der autonomen Fähigkeiten gibt es zum anderen auch den Versuch der Sprunginnovation hin zu einem fahrerlosen Roboterfahrzeug.
- **China:** In den letzten beiden Dekaden hat sich China auf beiden Seiten des Automarktes zu einer entscheidenden Größe entwickelt. Vom schnell wachsenden chinesischen Absatzmarkt konnten die deutschen Premiumanbieter in besonderem Maße profitieren. Zwischenzeitlich hat sich China ebenso zu einem Anbieter mit massiven Überkapazitäten entwickelt. Chinesische Marken haben zunächst auf dem Heimatmarkt Fuß gefasst und schränken damit die Absatzmöglichkeiten ausländischer Anbieter ein. Inzwischen konkurrieren sie auch zunehmend auf Drittmärkten (Puls, 2024). Ein Schwerpunkt der chinesischen Produktion liegt auf Elektrofahrzeugen, bei denen etablierte Produzenten bislang keine Wettbewerbsvorteile aufweisen konnten.

Unterschiedliche Innovationslogiken

Die beiden wichtigsten technologischen Entwicklungen sind durch unterschiedliche Charakteristika geprägt: Die Elektrifizierung ist zumindest in Europa eine top-down initiierte Innovation. Die Fahrzeughersteller sind aufgrund von Regulierungen angehalten, batterieelektrische Autos anstelle von solchen mit Verbrennungsmotoren abzusetzen. Mit dem Ausbau der Elektromobilität geht der Rückgang der Verbrenner einher und damit werden die dafür notwendigen Kompetenzen der bisherigen Hersteller entwertet.

Insbesondere für spezialisierte Zulieferer kann der bisherige Absatzmarkt entfallen. Neue Anbieter können dadurch auf den Markt drängen, da der technologische Wettbewerb praktisch von Neuem beginnt. Wertschöpfung verlagert sich teilweise in die Batterieproduktion, die aufgrund des hohen Wertschöpfungsanteils im Bergbau und den ersten Produktionsschritten in oder nahe den Bergbauländern stattfindet. Für die Hersteller erschwerend sind die erhöhten Kosten, die insbesondere in Kleinwagen und im Volumensegment ins Gewicht fallen. In diesen preissensiblen Segmenten sind höhere Kosten schlechter durchsetzbar. Daraus leiten sich die Fokussierung auf werthaltigere und höherpreisige Fahrzeuge sowie besondere Herausforderungen für Volumenanbieter im Klein- und Kompaktwagensegment ab. Die deutsche Automobilindustrie befindet sich inmitten dieses Transformationsprozesses zur Elektromobilität und hat die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen dementsprechend aufgestellt (Kohlisch et al., 2023a).

Das autonome Auto folgt einer anderen Innovationslogik. Die neue Technologie wird nicht regulatorisch forciert, sondern soll einen Mehrwert für die Kunden bieten und damit Verbreitung finden. Es ist also eine klassische Bottom-up-Innovation, die sich durch die Kaufentscheidung am Markt durchsetzen muss. Die technischen Zusatzmöglichkeiten können zunächst in hochpreisigen Fahrzeugen angeboten werden, um eine entsprechende Zahlungsbereitschaft zu nutzen und damit die Entwicklungskosten zu finanzieren. Danach können sie als Zusatzausstattung auch in günstigeren Segmenten angeboten werden – und vielleicht eines Tages Teil der Serienausstattung werden. Damit sind autonome Systeme gut geeignet, in der deutschen Herstellerstruktur des Premiumsegments entwickelt und implementiert zu werden. Der neue Wettbewerbsvorteil kann genutzt werden, ohne dass es zu einer schnellen Entwertung bisheriger Stärken kommt. Risiken liegen darin, dass der eigene technologische Fortschritt nicht groß genug ist und die Technik zur Autonomisierung des Autos von Dritten zugekauft werden muss. Wenn der Autonomiegrad ein für den Markterfolg entscheidendes Differenzierungskriterium sein wird, dürften die Technologielieferanten über hohe Preise einen hohen Teil der Wertschöpfung auf sich vereinen. Im für die Automobilbauer schlechtesten Fall könnte die Software, die von wenigen Dienstleistern bereitgestellt wird, das Produkt definieren und die Autoindustrie in eine Zulieferrolle geraten. Daher ist die Technologie für IT-Unternehmen wie Google oder Apple interessant, die selbst

keine eigenen Autos bauen wollen. Besonders ausgeprägt wäre dieses Phänomen, wenn es schnell zur Einführung von Robotaxis kommt, bei denen die Differenzierung und Individualisierung der Fahrzeuge keine wesentliche Rolle spielt (Herrmann et al., 2018; Roland Berger, 2020; KPMG, 2020).

Der Innovationswettbewerb um autonome Autos beziehungsweise die dafür notwendigen Autonomietechnologien wird zwischen Fahrzeugherstellern, traditionellen Zulieferern und neuen Technologie- oder IT-Unternehmen geführt. Für die Entwicklung sind zwei Komponenten notwendig: Zum einen wird Hardware und patentierbare Software benötigt. Dies kann mithilfe von Patentanalysen gemessen werden. Zum anderen müssen autonome Systeme angelernt werden. Dies geschieht über umfangreiche reale sowie simulierte Testfahrten. Hierzu ist die Datengrundlage sehr schlecht. Einzig aus Kalifornien gibt es systematische Daten über die autonom gefahrenen Testkilometer. Hier liegen die Technologieunternehmen, die auf Hardware der Autoindustrie zurückgreifen, weit vorne. Andere Unternehmen setzen stärker auf simulierte Testkilometer. Ein Vorsprung der einen oder der anderen Komponente kann daher nicht gemessen werden.

Die Patenterteilungen für autonome Fahrzeuge zeigten hingegen früh einen deutlichen Vorsprung klassischer Teile der Autoindustrie, insbesondere waren dies Hersteller und Systemzulieferer aus Deutschland (Bardt, 2016). Im Laufe der Jahre haben Wettbewerber der internationalen Autobranche jedoch aufgeholt und den Marktanteil Deutschlands an Patenten zum autonomen Fahren reduziert (Bardt, 2019). Die vorliegende Studie entwickelt erstmals eine technologisch trennscharfe und operationalisierbare Abgrenzung des Gesamtsystems autonomer Mobilität, grenzt die zahlreichen unterschiedlichen Einsatzgebiete autonomer Mobilität voneinander ab und analysiert die Wettbewerbsposition Deutschlands im internationalen Innovationswettbewerb des autonomen automobilen Fahrens auf Basis einer Patentanalyse.

Datenbasis und Methodik

Der Begriff des autonomen Fahrens wird noch uneinheitlich verwendet. Als Oberbegriff sollte zunächst autonome Mobilität als Gesamtheit der Fortbewegung von Fahrzeugen, mobilen Robotern, fahrerlosen Transportsystemen sowie sonstigen mobilen

Systemen verstanden werden, die sich weitgehend autonom verhalten. Autonomes Fahren repräsentiert einen Teilbereich der autonomen Mobilität und bezieht sich auf deren landgebundenen Teil. Das autonome Automobil wiederum, welches in der wissenschaftlichen als auch in der medialen Diskussion in der Regel mit den Begriffen autonomes Fahren oder autonome Mobilität gleichgesetzt wird, repräsentiert wiederum einen Teilbereich des autonomen Fahrens.

In der technologischen Dimension liegen der autonomen Mobilität in erster Linie Komponenten aus den Bereichen Mustererkennung/Künstliche Intelligenz, Sensorik, Navigation sowie Assistenzsysteme zugrunde. In den Patentanmeldungen lässt sich diese Technologie mittels der so genannten IPC-Symbole (International Patent Classification) abgrenzen. Dies ist ein hierarchisch aufgebautes System mit rund 70.000 feindifferenzierten Schlüsselcodes auf der tiefsten Hierarchieebene, den so genannten Untergruppen. Die vorliegende Analyse basiert insbesondere auf der vom Deutschen Patent- und Markenamt entwickelten Technologieabgrenzung zur autonomen Mobilität (DPMA, 2019). Dazu wurde diese entsprechend den seither erfolgten jährlichen Revisionen der IPC-Klassen aktualisiert und nicht zuletzt um die inzwischen neu geschaffenen IPC-Klassen der autonomen Mobilität ergänzt. Wenngleich das DPMA seine Abgrenzung als autonomes Fahren bezeichnet, bildet sie nach unserer Definition autonome Mobilität ab, da sie beispielsweise ebenso das autonome Fliegen als auch das autonome Schifffahren beinhaltet.

In einem ersten Schritt wurde – aufbauend auf den Vorarbeiten in DPMA (2019) und Bardt (2016) – ein Technologiefilter entwickelt, der jene 216 IPC-Haupt- oder Untergruppen beinhaltet, die für den Bereich der autonomen Mobilität verantwortlich zeichnen. Jede dieser 216 IPC-Klassen wurde einem der sieben Technologiebereiche Assistenzsysteme für die Verkehrssteuerung, Navigation, Assistenzsysteme für die Antriebssteuerung, Autonomes Fahren/Kurssteuerung allgemein, Elektronik im Fahrzeug allgemein, Sensortechnik/Umfeldsensorik oder Kommunikation zugeordnet (siehe auch Abbildung 3). Ergänzend wurden besagte 216 IPC-Klassen zwecks späterer Operationalisierung ihres Einsatzgebiets einer der vier Fahrzeugtypkategorien Landfahrzeuge, Luftfahrzeuge, Wasserfahrzeuge oder Verschiedene Fahrzeugtypen zugeordnet. In der Kategorie Verschiedene Fahrzeugtypen finden sich alle nicht disjunkt

einem der drei anderen Fahrzeugtypen zuordenbaren IPC-Symbole wie beispielsweise die G05D 1/00 (Steuerung oder Regelung der Position, des Kurses, der Höhe oder der Lage von Landfahrzeugen, Wasserfahrzeugen, Luftfahrzeugen oder Raumfahrzeugen, z. B. mittels Autopiloten).

In einem zweiten Schritt wurden aus der IW-Patentdatenbank alle internationalen Patentanmeldungen der Jahre 2010 bis 2021 erhoben, die mindestens eine der besagten 216 IPC-Klassen aus dem Bereich der autonomen Mobilität zitieren. Für den gewählten Analysezeitraum beläuft sich die aus dem Technologiefilter hervorgehende Grundgesamtheit an Patenten aus dem Bereich der autonomen Mobilität auf rund 48.400 Anmeldungen. Aufgrund der langen Offenlegungsfrist von Patentanmeldungen bildet das Jahr 2021 den jüngsten vollständigen Jahrgang ab. Um einen aussagekräftigen Ländervergleich zu gewährleisten, wurden internationale Patente betrachtet. Das sind solche, die eine Schutzwirkung in mehreren Ländern – darunter Deutschland – anstreben. Damit profitiert im Rahmen der Analyse zum einen kein Land von einem so genannten Home-Bias. Zum anderen wird ein homogener Qualitätsstandard gewährleistet, da alle berücksichtigten Anmelder dieselben hohen Hürden überwinden müssen.

In einem dritten Schritt wurde die über den Technologiefilter ermittelte Grundgesamtheit der Patentanmeldungen aus dem Bereich der autonomen Mobilität den in Tabelle 1 ausgewiesenen und für die vorliegende Analyse erstmalig operationalisierten Einsatzgebieten zugeordnet. Neben dem autonomen Automobil und weiteren (auch) dem Personentransport dienenden Einsatzgebieten wie Wasser-, Luft- oder Schienenfahrzeugen sind insbesondere die Kategorien der selbstfahrenden Arbeitsmaschinen zu beachten. Das sind etwa die im Bereich „Dark Factory“ eingesetzten autonomen Logistik- und Lagerroboter, die im Haushaltsbereich eingesetzten Wisch- und Saugroboter oder die autonomen Landwirtschaftsmaschinen.

Die Zuordnung erfolgte im Rahmen eines mehrstufigen Verfahrens unter Berücksichtigung

- der Charakteristika des Patentanmelders (z. B. Branche des Unternehmens),
- der besagten Fahrzeugtypkategorisierung der zitierten IPC-Klassen aus dem Bereich der autonomen Mobilität,

- der für das jeweilige Einsatzgebiet spezifischen und gegebenenfalls ergänzend in den betroffenen Patentanmeldungen zitierten Technologieklassen sowie
- der für das jeweilige Einsatzgebiet spezifischen Schlagwörter der Titel der Patentanmeldungen.

Beispielsweise wird eine Anmeldung, welche die oben erwähnte fahrzeugtypunspezifische IPC-Klasse G05D 1/00 zitiert, dann dem Einsatzgebiet Autonome Wasserfahrzeuge zugewiesen, wenn sie zusätzlich mindestens ein IPC-Symbol aus der Klasse B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge; dazugehörige Ausrüstung) zitiert. Des Weiteren wird eine Anmeldung der autonomen Mobilität diesem Einsatzgebiet zugeordnet, wenn sie ein IPC-Symbol zitiert, welches dem Fahrzeugtyp Wasserfahrzeuge zugeordnet wurde, sie von einem Unternehmen aus der Branche 30.1 (Schiff- und Bootsbau) getätigt wurde oder sie ein wasserfahrzeugspezifisches Schlagwort in ihrem Titel führt. Im Falle multipler Zuordnungsmöglichkeiten – etwa einer autonomen Drohne, die im

Einsatzgebiete von Patentanmeldungen
aus dem Bereich der autonomen Mobilität

Tabelle 1

Einsatzgebiet	Beispiele
Autonome Luftfahrzeuge	Flugzeuge, Hubschrauber, Drohnen, Lufttaxis
Autonome Wasserfahrzeuge	Schiffe, U-Boote, Amphibienfahrzeuge
Autonome gleisgebundene Fahrzeuge	Lokomotiven, Straßenbahnen, Hängebahnen
Autonome Automobile	Personenkraftwagen, Busse, Lastkraftwagen
Sonstige autonome Fahrzeuge des nicht gleisgebundenen Landverkehrs auf Straßen	Quads, Trikes, autonome Rollstühle, Motorräder
Selbstfahrende Arbeitsmaschinen des nicht gleisgebundenen Landverkehrs in geschlossenen Räumen	Gabelstapler, Lagerlogistikroboter, Wisch- und Saugroboter
Selbstfahrende Arbeitsmaschinen des nicht gleisgebundenen Landverkehrs auf Baustellen, im Bergbau und im Militär	Bagger, Krane, Kipplader, militärische Kampffahrzeuge
Selbstfahrende Arbeitsmaschinen des nicht gleisgebundenen Landverkehrs in der Land- und Forstwirtschaft	Traktoren, Mähdrescher, Harvester, Rasenmäher
Autonome Fahrzeuge des nicht gleisgebundenen Landverkehrs auf Straßen o.n.A.	
Autonome Fahrzeuge des nicht gleisgebundenen Landverkehrs o.n.A.	
Autonome Fahrzeuge o.n.A.	
Autonome Medizintechnik	Autonome Diagnostikgeräte, Autonome Mobilitätshilfen (außer Rollstühle)
Residuum	Autonomes Spielzeug, Lidar-Sensoren o.n.A., Mustererkennungstechnologie o.n.A.

o.n.A.: ohne nähere Angabe
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Rahmen der Seenotrettung eingesetzt wird – wurde die entsprechende Anmeldung fraktional den jeweiligen Einsatzgebieten zugerechnet.

Die Kategorie Autonome Fahrzeuge des nicht gleisgebundenen Landverkehrs auf Straßen o.n.A. speist sich aus Patentanmeldungen der autonomen Mobilität, die in der technologischen Dimension dem Fahrzeugtyp Landfahrzeuge zugeordnet werden, ihr Titel jedoch lediglich einen Einsatz für Straßenfahrzeuge (z. B. auch Motorräder) offenbart. Bezüglich dieser Patente ist zwar der begründete Verdacht gegeben, dass sie ebenfalls im Bereich des autonomen Automobils eingesetzt werden können, jedoch kann der spezifische Bezug nicht zweifelsfrei bewiesen werden. Wie bereits die Einsatzgebiete der autonomen Arbeitsmaschinen verdeutlicht auch die autonome Medizintechnik, dass das Thema autonome Mobilität weit mehr Facetten bietet als den autonom fahrenden PKW. In der Residualkategorie finden sich schließlich jene Patentanmeldungen, die entweder Sonderfälle wie autonome Spielzeugroboter beinhalten oder die außer ihrem technologischen Bezug zur autonomen Mobilität keinen weiteren Aufschluss bezüglich ihres Einsatzgebiets geben.

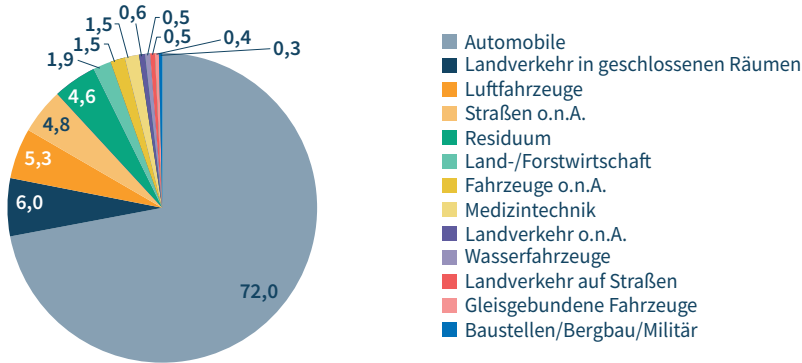
Patentaktivität im Bereich der autonomen Mobilität

Als Ergebnis des ersten Auswertungsschritts zeigt Abbildung 1 die Binnenstruktur der rund 48.400 internationalen Patentanmeldungen aus dem Bereich der autonomen Mobilität differenziert nach den in Tabelle 1 aufgeführten Einsatzgebieten. Entsprechend entfallen im Analysezeitraum 2010 bis 2021 rund 34.900 oder knapp drei Viertel aller Patentanmeldungen zur autonomen Mobilität weltweit auf das Einsatzgebiet des autonomen Automobils. Dieses repräsentiert wie zu erwarten die dominierende Kategorie. Auf dem zweiten und dritten Platz folgen selbstfahrende Arbeitsmaschinen des nicht gleisgebundenen Landverkehrs in geschlossenen Räumen sowie autonome Luftfahrzeuge.

Internationale Patentanmeldungen für autonome Mobilität
nach Einsatzgebieten

Abbildung 1

Anteile für kumulierte Werte für den Zeitraum 2010 bis 2021 in Prozent



Auswertung auf Basis der IW-Patentdatenbank. Fraktionale Berechnung. Abkürzungen: siehe Fetta in Tabelle 1.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 1: <https://dl.iwkoeln.de/index.php/s/74sbknY6bcBCb8y>

Der gemäß Abbildung 1 dominierende Bereich des autonomen Fahrens repräsentiert in der technologischen Dimension ein äußerst komplexes Konstrukt. Zahlreiche Systeme müssen ineinandergreifen, damit das Fahrzeug die bisherigen Aufgaben des Fahrers übernehmen kann. So muss das Fahrzeug seine Umgebung mittels Sensorik wahrnehmen können, die erhaltenen Informationen verarbeiten und anschließend muss es anhand dieser Informationen in Antrieb und Lenkung eingreifen. Dies verdeutlicht bereits, dass mit dem autonomen Fahren der Abschied der etablierten Systemarchitektur von Autos erfolgen muss, bei dem die Teilsysteme typischerweise nicht untereinander vernetzt waren. Damit all das möglich wird, braucht es zwei zueinander komplementäre Technologien: Einerseits betrifft dies die Hardware, die das Fahrzeug in die Lage versetzt, Informationen aufzunehmen und in einem späteren Schritt seine Bewegungen anzupassen, andererseits die Software, welche die aufgenommenen Informationen verarbeitet und über entsprechende Anweisungen die Hardware anleitet, den Fahrzustand zu verändern. Das Zusammenspiel von Hard- und Software ist unverzichtbar für das autonome Fahren.

Allerdings werden diese beiden komplementären Technologien in der Forschung nicht äquivalent behandelt. Im Zusammenhang dieser Studie ist es wichtig, sich bewusst zu machen, dass eine Patentierung von Software in der Regel nur dann möglich ist, wenn sie eine unmittelbare Verknüpfung zur von ihr gesteuerten Hardware aufzeigt (so genanntes Kriterium der Technizität). Reine Algorithmen, Datenbanken und Weiteres sind nicht patentierbar, so dass ein gewisser Teil der Forschungsleistung im Bereich Software nicht mittels einer Patentanalyse messbar ist. Die Hardware inklusive der damit unmittelbar verknüpften Software ist hingegen sehr gut über die Patentaktivität nachvollziehbar.

In einem zweiten Auswertungsschritt wurden die wichtigsten Inhaber von Patentanmeldungen zur autonomen Mobilität identifiziert. Um dabei Konzernverflechtungen abbilden zu können, wurden die Patentanmeldungen jeweils ihrem so genannten Global Ultimate Owner (Kohlisch et al., 2019) zugeschrieben. So sind beispielsweise die Patentanmeldungen von Volkswagen, Audi, Porsche, Seat und Skoda in der Volkswagen-Gruppe konsolidiert.

Es zeigt sich, dass die hier relevante Forschungstätigkeit auf wenige Unternehmen konzentriert ist. Die in Tabelle 2 aufgeführten weltweit 25 größten Anmelder reichten in Summe bereits fast 54 Prozent aller internationalen Patentanmeldungen aus dem Bereich der autonomen Mobilität ein. Ihr Anteil an den entsprechenden Patentanmeldungen im Einsatzgebiet des autonomen Automobils liegt sogar bei fast 70 Prozent. Betrachtet man die in Tabelle 2 aufgeführten Unternehmensgruppen, fällt sofort ins Auge, dass es sich im Wesentlichen um die großen Automobilhersteller und Zulieferer handelt. Hinzu kommen mehrere große Unternehmen der Elektroindustrie. Prominente Beispiele sind Samsung aus Südkorea oder die chinesische Huawei-Gruppe. Abgerundet wird die Liste durch bekannte Tech-Konzerne. Hierunter fallen die Alphabet-Gruppe aus den USA und Baidu aus China. Das sind Unternehmen, deren Ursprung in der Entwicklung von Internetsuchmaschinen lag. Insbesondere bei diesen Unternehmen liegt der Schluss nahe, dass ihre Innovationstätigkeit stark auf den Softwarebereich konzentriert ist und damit im Rahmen dieser Auswertung eventuell unterzeichnet wird.

Internationale Patentanmeldungen für autonome Mobilität
nach Unternehmensgruppen

Tabelle 2

Kumulierte Werte der globalen Top-25-Unternehmensgruppen für den Zeitraum 2010 bis 2021

Rang	Name	Land	Anzahl	Davon: Anteil Autonome Automobile	Globaler Anteil Autonome Mobilität	Globaler Anteil Autonome Automobile
in Prozent						
1	Bosch-Gruppe	DE	3.026	97,6	6,2	8,5
2	Volkswagen-Gruppe	DE	2.525	98,6	5,2	7,1
3	Ford-Gruppe	US	2.476	98,6	5,1	7,0
4	Toyota-Gruppe	JP	2.197	99,2	4,5	6,2
5	General Motors-Gruppe	US	1.746	99,6	3,6	5,0
6	Denso-Gruppe	JP	1.103	99,5	2,3	3,1
7	Hyundai Motor-Gruppe	KR	1.067	98,2	2,2	3,0
8	Schaeffler-Gruppe	DE	991	99,0	2,0	2,8
9	Renault-Gruppe	FR	931	99,5	1,9	2,7
10	BMW-Gruppe	DE	927	99,5	1,9	2,6
11	Hitachi-Gruppe	JP	845	87,8	1,7	2,1
12	Mitsubishi Electric-Gruppe	JP	760	96,2	1,6	2,1
13	Valeo-Gruppe	FR	734	99,8	1,5	2,1
14	Samsung Electronics-Gruppe	KR	723	27,7	1,5	0,6
15	Huawei-Gruppe	CN	695	93,1	1,4	1,9
16	Alphabet-Gruppe	US	674	37,8	1,4	0,7
17	LG-Gruppe	KR	624	72,1	1,3	1,3
18	Honda Motor-Gruppe	JP	613	91,7	1,3	1,6
19	Panasonic-Gruppe	JP	557	90,1	1,2	1,4
20	ZF-Gruppe	DE	541	97,5	1,1	1,5
21	Sony-Gruppe	JP	509	81,7	1,1	1,2
22	Yazaki-Gruppe	JP	479	99,8	1,0	1,4
23	Baidu-Gruppe	CN	471	98,3	1,0	1,3
24	Intel-Gruppe	US	457	94,5	0,9	1,2
25	Tata-Gruppe	IN	431	96,3	0,9	1,2
Top-6-Länder						
Japan		JP	11.044	82,6	22,8	26,2
USA		US	10.413	66,6	21,5	19,9
Deutschland		DE	10.099	87,5	20,9	25,3
China		CN	3.384	65,5	7,0	6,4
Südkorea		KR	2.938	71,2	6,1	6,0
Frankreich		FR	2.630	79,4	5,4	6,0

Auswertung auf Basis der IW-Patentdatenbank mit fraktionaler Zuweisung. Land: Sitz des Global Ultimate Owners; In diesem Land liegen die Kontrollrechte der Patente. Anmerkung: Auch die Mercedes-Gruppe meldet zahlreiche Patente im Bereich der autonomen Mobilität an. Anders als nahezu alle anderen Unternehmen beschränkt sie deren Schutzwirkung jedoch in der Regel auf Deutschland. Im Betrachtungszeitraum wurden lediglich 238 oder 8 Prozent aller Patentanmeldungen der Mercedes-Gruppe zur autonomen Mobilität international angemeldet, so dass sie in dem obigen Ranking nicht erscheint.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Analog zu einer früheren Auswertung betreffs der Forschungsaktivität zum elektrifizierten Antriebsstrang (Kohlisch et al., 2023b) zeigt auch der Datensatz zur autonomen Mobilität, dass sich die internationale Patentaktivität auf Unternehmen aus wenigen Ländern konzentriert. In Tabelle 2 wird der Sitz des so genannten Global Ultimate Owners angegeben und damit – unabhängig vom Entstehungsort des Patents – dasjenige Land, von dem aus die Patente kontrolliert werden. In dieser Liste findet sich mit der indischen Tata-Gruppe nur ein Unternehmen, welches nicht aus einem der sechs großen Automobilländer (Deutschland, Japan, USA, Südkorea, China, Frankreich) stammt.

Auf dem ersten Platz der weltweit 25 patentstärksten Unternehmensgruppen steht die Bosch-Gruppe, die 6,2 Prozent aller internationalen Patentanmeldungen im Bereich der autonomen Mobilität sowie 8,5 Prozent bei autonomen Automobilen verantwortet. Alle unter den Top-10 genannten Unternehmen sind der Automobilindustrie zuzurechnen.

Dementsprechend beträgt bei all diesen Unternehmen der Anteil des Einsatzgebiets Autonome Automobile an allen internationalen Anmeldungen zur autonomen Mobilität zwischen 97,6 Prozent und 99,6 Prozent. Ein Beispiel für das sporadische Auftreten anderer Einsatzgebiete ist die Forschung der Volkswagen-Gruppe zu autonomen Drohnen. Insbesondere bei Elektronik- und Tech-Konzernen wie Samsung Electronics, LG oder Alphabet ist dieser Anteil deutlich geringer, da sich ihre Patentanmeldungen aus dem Bereich der autonomen Mobilität oft nicht sicher dem autonomen Automobil, sondern lediglich dem Einsatzgebiet Autonome Fahrzeuge des nicht gleisgebundenen Landverkehrs auf Straßen zuordnen lassen. Darüber hinaus sind Samsung und LG mit Wisch-, Saug- und Mährobotern sehr stark im Bereich Haushalts-/Gartenelektronik engagiert. Alphabet patentiert auch intensiv im Bereich der Drohnentechnologie.

Ergänzend sind in Tabelle 2 die Werte für die gemäß Sitz des Global Ultimate Owners sechs größten Länder summiert über all ihre im Bereich der autonomen Mobilität patentaktiven Unternehmen ausgewiesen. Im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2021 haben deutsche Unternehmen insgesamt rund 10.100 Patentanmeldungen zur autonomen Mobilität hervorgebracht, was einem Anteil von etwa 21 Prozent der globalen Patentleistung entspricht. Rund 88 Prozent davon – und damit deutlich mehr als im

globalen Durchschnitt (siehe Abbildung 1) – entfallen auf das Einsatzgebiet des autonomen Automobils. Damit hat Deutschland hier einen Anteil von mehr als 25 Prozent.

Verglichen mit einer Vorgängerstudie zu internationalen Patentanmeldungen mit Bezug zum elektrifizierten Antriebsstrang (Kohlisch et al., 2023b) zeigt sich zudem, dass die großen Patentanmelder weitgehend deckungsgleich sind. Die Technologieentwicklung zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs und zum autonomen Automobil liegt also zumeist in einer Hand. Ein Land bildet hier jedoch eine Ausnahme – China. Im Bereich des elektrifizierten Antriebsstranges dominiert der Batteriespezialist CATL die internationalen Patentanmeldungen der chinesischen Autoindustrie. Mit sehr großem Abstand folgt mit BYD der inzwischen weltweit größte Hersteller von Elektrofahrzeugen. Im Gegensatz dazu kommen die meisten chinesischen Patentanmeldungen zur autonomen Mobilität von Huawei und Baidu, also Firmen, deren Wurzeln in anderen Branchen liegen und die bei der Umsetzung bislang auf Kooperationen mit etablierten Autobauern gesetzt haben. Solche Kooperationen werden dabei auch staatlicherseits gefordert. Ziel ist es, das gesamte künftige Technologieportfolio aus chinesischen Produkten bedienen zu können. Ein aktuelles Beispiel für eine gelungene Vernetzung stellt die „God’s Eye“-Ankündigung von BYD dar, zu der auch die Integration der chinesischen KI-Software „Deep Seek“ in die Fahrzeugcloud gehört.

Patente für autonome Automobile

In den folgenden Auswertungsschritten wird der Fokus auf die internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil gelegt. Das ist die größte Untergruppe der autonomen Mobilität. Zunächst wurden die besagten rund 34.900 internationalen Patentanmeldungen der Jahre 2010 bis 2021, die trennscharf dem autonomen Automobil zugerechnet werden konnten, nach Entwicklungsstandorten geclustert. Hierzu wurden die Wohnsitze der Erfinder als Basis genommen, da diese den Entstehungsort der Innovationen nach Forschungsstandorten messen. Damit lässt sich die Forschungsleistung in einem Land im Zeitablauf darstellen. Alternativ zu der in Tabelle 2 angewendeten Perspektive „Deutsche Patente“ wird im Folgenden die Perspektive „Patente in Deutschland“ angewendet. Die Ergebnisse können von jenen in Tabelle 2 abweichen, da die dort ausgewiesenen Unternehmen Forschungsstandorte in verschiedenen Ländern unterhalten. So stammen beispielsweise zwei Drittel der

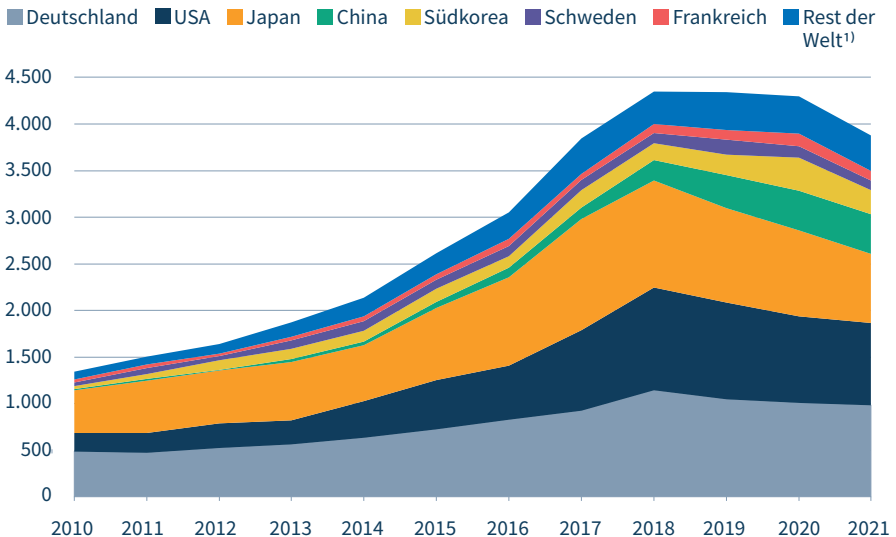
internationalen Patentanmeldungen des französischen Zulieferers Valeo zum autonomen Automobil von Erfindern mit Wohnsitz in Deutschland und werden daher in der folgenden Auswertung dem Forschungsstandort Deutschland zugeschrieben. In Tabelle 2 sind diese Patente Frankreich zugeordnet, da sie von dort aus kontrolliert werden.

In der Aufteilung nach Forschungsstandorten zeigt sich, dass die Entwicklung von Technologien zum autonomen Automobil im Jahr 2021 auf wenige Länder konzentriert ist. Nahezu 85 Prozent der Patentanmeldungen haben ihren Ursprung in nur fünf Ländern (Deutschland, USA, Japan, China, Südkorea). Etwas mehr als 5 Prozent entfallen auf Schweden und Frankreich, während der Rest der Welt zusammen weniger als 10 Prozent beisteuerte (Abbildung 2).

Entwicklung der internationalen Patentanmeldungen für autonome Automobile nach Forschungsstandorten

Abbildung 2

Anzahl gemäß Filter Autonome Automobile nach Erfindersitz



Auf Basis der IW-Patentdatenbank mit fraktionaler Zuweisung. 1) Einschließlich nicht zuordenbarer Fälle.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 2: <https://dl.iwkoeln.de/index.php/s/XSSkCJRfr2LXwaA>

In Summe ist die Forschungsaktivität zum autonomen Automobil im betrachteten Zeitraum deutlich gestiegen. Im Jahr 2010 waren es noch weniger als 1.350 Patentanmeldungen, im Jahr 2021 bereits fast 3.900. Seit dem Höchststand im Jahr 2018 mit 4.350 Fällen ist der in Patentanmeldungen messbare Forschungsoutput zuletzt leicht gesunken. Am stärksten von diesem Rückgang war der Forschungsstandort Japan betroffen, wo die Anzahl der angemeldeten internationalen Patente zum autonomen Automobil seit 2018 um über 35 Prozent zurückging. Aber auch in Deutschland (-14 Prozent) und den USA (-20 Prozent) hatten im Jahr 2021 deutlich weniger dieser Innovationen ihren Ursprung als noch im Jahr 2018. Besonders stark fielen die Rückgänge im Jahr 2021 aus, was unter anderem auf die pandemiebedingten Einschränkungen zurückzuführen ist. Im Zuge der beschriebenen Entwicklungen hat Japan ebenfalls seine Stellung als wichtigster Entwicklungsstandort für autonome Automobile verloren, den es von 2011 bis 2018 innehatte. Diesen Rang nimmt seit 2019 Deutschland ein, obwohl auch hierzulande die Anzahl der hervorgebrachten Patentanmeldungen seit 2018 rückläufig ist. Im Jahr 2020 zogen dann die USA an Japan vorbei und nahmen zuletzt den zweiten Platz ein.

Die größte Dynamik weist jedoch China auf. Im Jahr 2010 hatten noch weniger als ein Dutzend internationale Patentanmeldungen mit Bezug zum autonomen Automobil ihren Ursprung in China. Im Jahr 2021 waren es bereits über 420 Anmeldungen, wobei der Zuwachs insbesondere ab dem Jahr 2017 deutlich an Dynamik gewann. Selbst die Corona-Pandemie führte in China lediglich zu einer Stagnation der internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil. Auch der Forschungsstandort Südkorea steigerte seine entsprechende Patentaktivität seit dem Jahr 2010 deutlich. Allerdings kam es an diesem Forschungsstandort im Jahr 2021 zu einem besonders starken Rückgang. Von diesem vermutlich pandemiebedingten Rückgang abgesehen, weist der Forschungsstandort Südkorea nach China die größte Dynamik auf. Alles in allem waren die stark automobilgeprägten Forschungsstandorte Deutschland, USA und Japan im Jahr 2021 noch die wichtigsten Forschungsstandorte zum autonomen Automobil, aber insbesondere China befindet sich in einem sehr dynamischen Aufholprozess.

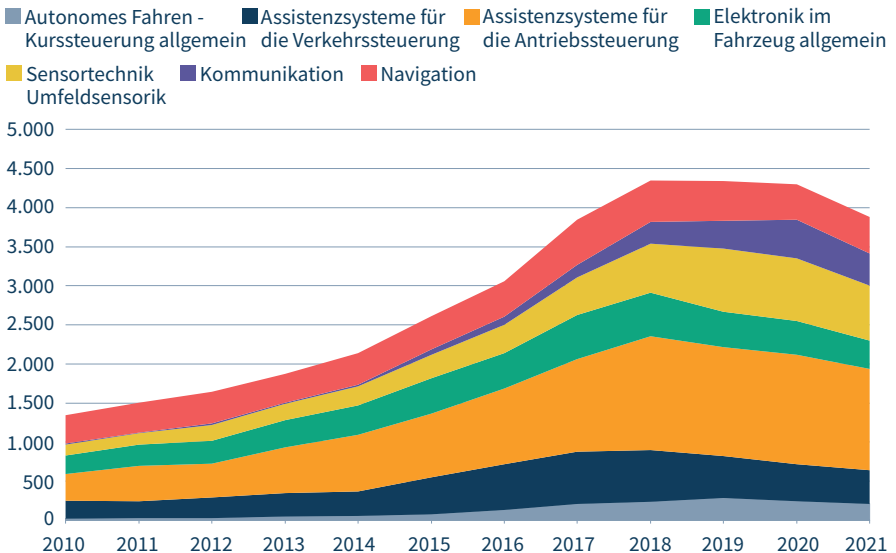
Entwicklung der Technologieschwerpunkte

Im Laufe des Betrachtungszeitraumes 2010 bis 2021 hat das Einsatzgebiet des autonomen Automobils nicht nur stark an Bedeutung gewonnen, sondern es hat sich auch dessen technologische Binnenstruktur verändert. Autonomes automobiles Fahren wird üblicherweise in fünf Level unterteilt. Jedes Level steht dabei für ein bestimmtes Ausmaß an Automatisierung. Dem ersten Level (assistiertes Fahren) werden Fahrerassistenzsysteme wie Tempomaten oder Spurhalteassistenten zugerechnet, bei denen weiterhin der Fahrer das Fahrzeug beherrscht. Auf Level drei (hochautomatisiertes Fahren) können Fahrzeuge bereits eigenständig und ohne Eingriff des Fahrers bestimmte Fahraufgaben bewältigen, allerdings nur in vom Hersteller definierten Situationen. Ein Beispiel hierfür wäre ein „Staupilot“, der das Vorwärtskommen im Autobahnstau

Entwicklung der internationalen Patentanmeldungen für autonome Automobile nach Technologien

Abbildung 3

Anzahl gemäß Filter Autonome Automobile



Auf Basis der IW-Patentdatenbank mit fraktionaler Zuweisung.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 3: <https://dl.iwkoeln.de/index.php/s/rAZC7PgpyS6PyQo>

eigenständig übernehmen kann. Auf dem höchsten Level 5 (autonomes Fahren) sind anstelle von Fahrern nur noch Passagiere ohne Eingriffsmöglichkeiten vorgesehen.

Um zu prüfen, ob sich die Schwerpunkte der Forschung im Laufe des Betrachtungszeitraums hin zu den höheren Leveln verschoben haben, werden im nächsten Analyseschritt die internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil nach Technologiebereichen (siehe Abschnitt Datenbasis und Methodik) geclustert. Werden in einer Patentanmeldung IPC-Symbole aus verschiedenen Technologiebereichen zitiert, so wird die Anmeldung letzteren fraktional zugerechnet. Die Ergebnisse im Zeitablauf sind in Abbildung 3 dargestellt.

In Summe wuchs die Anzahl der internationalen Patentanmeldungen für autonome Automobile zwischen den Jahren 2010 und 2021 um rund 190 Prozent und hat sich folglich nahezu verdreifacht. Das prozentual größte Wachstum verzeichnete – ausgehend von einem geringen Basisniveau – der Technologiebereich Kommunikation mit etwa 4.200 Prozent, gefolgt von der allgemeinen Kurssteuerung, wo sich die Anzahl der internationalen Patentanmeldungen in etwa verzehnfachte. Dagegen hatte der Bereich Navigation ein unterdurchschnittliches Wachstum. War dies im Jahr 2010 mit einem Anteil von 27 Prozent an allen Patentanmeldungen noch der größte Technologiebereich aus dem Einsatzgebiet des autonomen Automobils, lag dieser Anteil im Jahr 2021 bei nur noch 12 Prozent. Im Gesamtbild zeigt sich erwartungsgemäß der Trend zu komplexeren Systemen, welche in der Lage sind, ihr Umfeld auszuwerten, mit dieser Umgebung (Vehicle-to-X) oder untereinander (Vehicle-to-Vehicle) zu kommunizieren und gemäß den so erhaltenen Informationen in die Fahrt einzugreifen.

Die Verteilung der Forschungsschwerpunkte über die Technologiebereiche kann zusätzlich auch noch nach Forschungsstandorten differenziert werden. Auf diese Weise kann beispielsweise ermittelt werden, welchen Anteil der Forschungsstandort Deutschland an den internationalen Patentanmeldungen in den verschiedenen Technologiebereichen hatte. Damit kann folglich geprüft werden, ob es in Deutschland vom globalen Durchschnitt abweichende Forschungsschwerpunkte gibt und ob es hierbei zu Verschiebungen im Zeitablauf kam.

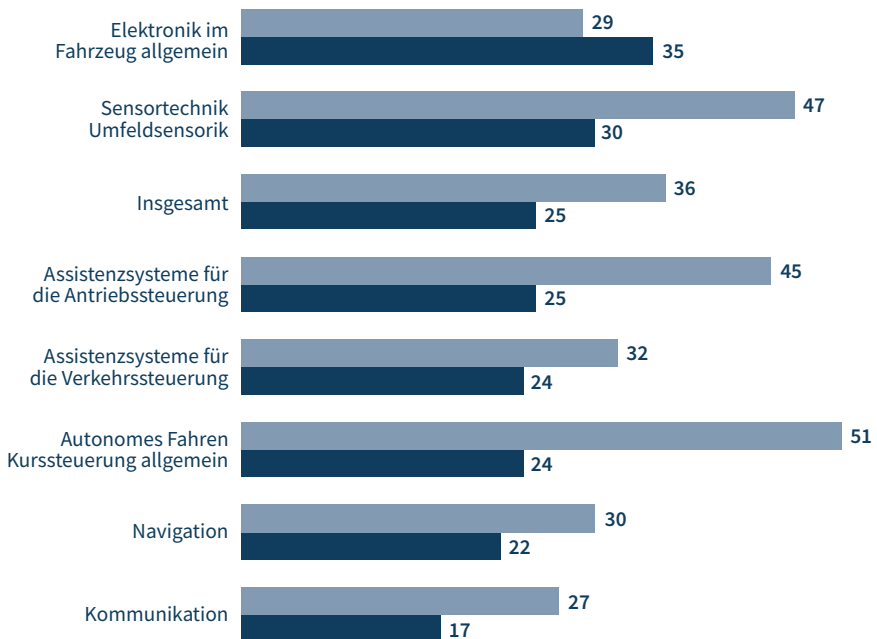
Der Anteil des Forschungsstandorts Deutschland an allen internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil hat sich in nahezu sämtlichen Technologiebereichen deutlich verringert – im Durchschnitt von 36 Prozent im Jahr 2010 auf 25 Prozent im Jahr 2021 (Abbildung 4). Lag der deutsche Anteil im zweitwichtigsten Technologiebereich „Sensortechnik Umfeldsensorik“ im Jahr 2010 noch bei 47 Prozent, ist dieser bis 2021 auf 30 Prozent gesunken. Auch in den Technologiebereichen Kommunikation und Navigation, in denen Deutschland bereits 2010 unterdurchschnittlich vertreten war, wurden Anteile eingebüßt. Alles in allem deuten die Daten darauf hin,

Bedeutung Deutschlands für Patente für autonome Automobile

Abbildung 4

Anteile des Forschungsstandorts Deutschland gemäß Erfindersitz an allen internationalen Patentanmeldungen für autonome Automobile nach Technologiebereichen in Prozent

■ 2010 ■ 2021



Auf Basis der IW-Patentdatenbank mit fraktionaler Zuweisung.
Quelle: BAuA-Arbeitszeiterhebung 2021

Abbildung 4: <https://dl.iwkoeln.de/index.php/s/TfyHCnBzKnmQKLX>

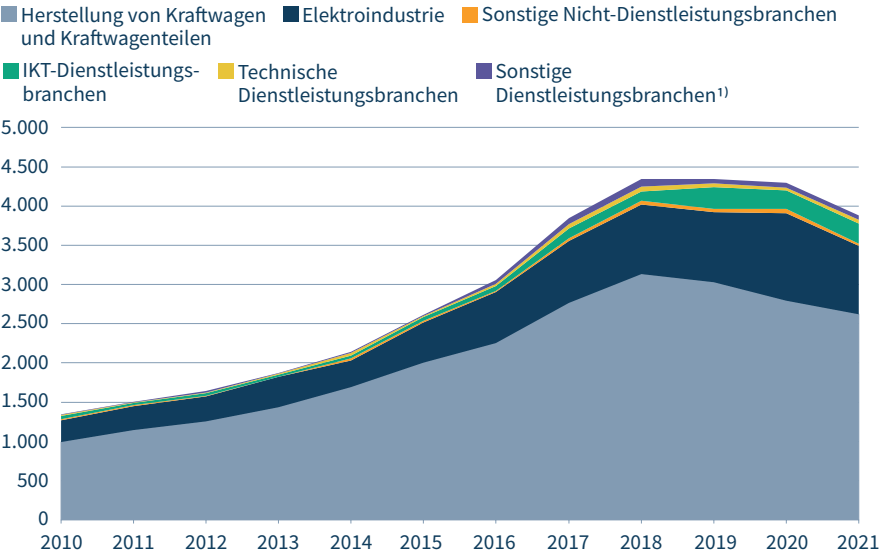
dass die Stärken des Forschungsstandorts Deutschland in jenen Technologiebereichen liegen, die der klassischen Autoindustrie näherstehen, während solche mit starkem Bezug zur IKT-Industrie unterrepräsentiert sind.

Dieser Umstand dürfte nicht zuletzt der Tatsache geschuldet sein, dass in Deutschland der Anteil der Unternehmen aus der Automobilindustrie an den internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil besonders hoch ausfällt. Wie Abbildung 5 zunächst zeigt, hat der Großteil aller Patentanmeldungen zum autonomen Automobil erwartungsgemäß seinen Ursprung in Unternehmen der Automobilindustrie, doch ist deren Anteil von 77 Prozent im Jahr 2015 auf zuletzt nur noch 68 Prozent im Jahr 2021 gesunken. Anteilsgewinner waren hingegen zum einen die Elektroindustrie mit einem Plus

Entwicklung der internationalen Patentanmeldungen
für autonome Automobile nach Branchen

Abbildung 5

Anzahl gemäß Filter Autonome Automobile nach Anmelderbranchen



Auf Basis der IW-Patentdatenbank mit fraktionaler Zuweisung. 1) Einschließlich freier Erfinder.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 5: <https://dl.iwkoeln.de/index.php/s/iykQK9SMwkqLW4i>

von etwa 3 Prozentpunkten, vor allem jedoch die IKT-Dienstleistungsbranchen mit einem Plus von fast fünf Prozentpunkten. In der Folge erreichte die Elektroindustrie im Jahr 2021 einen Gesamtanteil von 23 Prozent, während IKT-Dienstleister rund 7 Prozent zur gesamten Patentaktivität im Einsatzgebiet des autonomen Automobils beitrugen. Auffällig ist zudem, dass der zuvor beschriebene Rückgang der Gesamtpatentaktivität zum autonomen Automobil seit dem Jahr 2018 allein auf die Unternehmen der Automobilindustrie zurückzuführen ist (Abbildung 5). Im Gesamtbild auch mit Abbildung 3 sprechen diese Verläufe dafür, dass sich die Schwerpunkte der Patentaktivität zum autonomen Automobil verschieben, da die komplexer werdenden Systeme für die höheren Level des autonomen automobilen Fahrens einen immer höheren Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologie erfordern.

Fazit

Alles in allem zeigt die Analyse der internationalen Patentanmeldungen zum autonomen Automobil einige Aspekte sehr deutlich auf. Erstens ist festzuhalten, dass die deutschen Unternehmen über einen langen Zeitraum die Entwicklung maßgeblich vorangetrieben haben. Zweitens fällt auf, dass die beiden großen Forschungsstandorte Japan und Deutschland gegen Ende des Betrachtungszeitraums relativ an Boden verloren haben. Diese Entwicklung ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen. So ist etwa die Patentleistung Autoindustrie in Deutschland seit dem Jahr 2018 generell zurückgegangen (Kohlisch et al., 2023a), was wohl mit der sich verschlechternden wirtschaftlichen Lage zu tun hat. Einen weiteren relevanten Faktor stellte die Pandemie dar. Mit Ausnahme von China verzeichneten alle Länder einen sichtbaren Rückgang der Patentaktivität zum autonomen Fahren in den Jahren 2020 und 2021. China stagnierte hingegen in diesem Zeitraum. Es kommt wohl noch hinzu, dass die Nachfrage nach Systemen des autonomen Automobils bislang nicht den Erwartungen entspricht, weshalb die besonders aktiven Firmen bereits begonnen haben, ihre Forschungsanstrengungen in diesem Bereich zu reduzieren. So kündigte die Robert Bosch Gruppe zuletzt einen Stellenabbau in den für das autonome Automobil zuständigen Entwicklungsstandorten an. Im Endeffekt zeigen die Daten einen sichtbaren Aufholprozess der chinesischen und südkoreanischen Industrie in der Forschung. Der Wettbewerbsdruck steigt daher momentan deutlich und die bisherige Politik der Autohersteller, Systeme zum autonomen Automobil gegen Aufpreis anzubieten, kommt durch die Ankündi-

gungen von BYD ins Wanken. Das Thema hat somit gerade eine besonders dynamische Entwicklungsphase erreicht, da jetzt der Markthochlauf beginnt.

Insbesondere die Konkurrenz aus China hat ihre Anstrengungen im Bereich des autonomen Automobils deutlich intensiviert. Bei der breiten Einführung von entsprechenden Systemen scheint China inzwischen vorne zu liegen. Dabei dürften zwei Aspekte eine Rolle spielen. Zum einen der Geschmack der chinesischen Autokunden, die neuen elektronischen Systemen sehr offen gegenüberstehen und zum anderen die Förderung durch den Staat. Hierbei geht es nicht nur um finanzielle Förderungen oder die Bildung von Allianzen zwischen Autobauern und Tech-Unternehmen, sondern auch um eine im Vergleich mit Europa sehr viel offenere Genehmigungspraxis. Ein weiterer Vorteil der chinesischen Konkurrenz dürfte in einer hohen Softwarekompetenz liegen. Die wichtigsten chinesischen Unternehmen im Bereich des autonomen Automobils haben ihren Ursprung in Internet- und Elektronikanwendungen. Das liefert ihnen auch einen Vorsprung bei integrierten Softwarearchitekturen. Ihre fehlenden Kenntnisse im klassischen Fahrzeugbau gleichen sie durch Kooperationen mit Zulieferern und Autobauern aus.

Diese Strategie könnte für die deutsche Autoindustrie ein gangbarer Weg sein, nur müssen sie Partner suchen und finden, deren Kernkompetenz im Softwarebereich liegt. Das scheint der beste Weg zu sein, die komplementären Technologien des autonomen Automobils zusammenzubringen.

Literatur

Bardt, Hubertus, 2016, Autonomes Fahren – eine Herausforderung für die deutsche Autoindustrie; in: IW-Trends; Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, 43. Jg., Nr. 2, S. 36–55

Bardt, Hubertus, 2019, Deutsche Industrie stark bei Autonomem Fahren. Wettbewerber holen auf, IW-Kurzbericht, Nr. 63, Köln

DPMA – Deutsches Patent- und Markenamt, 2019, Autonomes Fahren, Teil 3: Zahlen und Fakten, <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/hintergrund/autonomesfahren/autonomesfahren-technikteil1/autonomesfahren-zahlenteil3/index.html> [28.2.2025]

Herrmann, Andreas / Brenner, Walter / Stadler, Rupert, 2018, Autonomous Driving – How the Driverless Revolution Will Change the World, Bingley

Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Puls, Thomas, 2019, Innovationstreiber Kfz-Unternehmen: Eine Analyse der Patentanmeldungen in Deutschland für die Jahre 2005 bis 2016, IW-Analyse, Nr. 132, Köln

Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Küper, Malte / Puls, Thomas, 2023a, Forschungsschwerpunkte der Kfz-Industrie am Standort Deutschland, in: IW-Trends, 50. Jg., Nr. 1, S. 23–43

Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Puls, Thomas, 2023b, Transformation der Automobilindustrie. Deutschlands Investitionsperformance im internationalen Vergleich, in: IW-Trends, 50. Jg., Nr. 4, S. 23–44

KPMG, 2020, 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> [28.2.2025]

Puls, Thomas, 2024, Die Automobilindustrie im Jahr 2024. Globale Trends stellen das erfolgreiche Geschäftsmodell der deutschen Autoindustrie vor Herausforderungen, IW-Report, Nr. 38, Köln

Puls, Thomas / Fritsch, Manuel, 2020, Eine Branche unter Druck. Die Bedeutung der Autoindustrie für Deutschland, IW-Report, Nr. 43, Köln

Roland Berger, 2020, Roland Berger Automotive Disruption Radar #8, München

Autonomous Mobility and Autonomous Automobiles – An International Comparison of Germany's Patent Performance

Three quarters of all international patent applications relating to autonomous mobility are for autonomous cars. However, unmanned aircraft systems and driverless machinery are also growing in importance. In the field of autonomous cars, Germany joins the USA and Japan in hosting the world's leading research centres. Between 2010 and 2021 Germany had a 27 per cent share of all relevant international patent applications and could even boast the single company with the highest number of patents. Over this period, the annual number of international patent applications originating in Germany almost tripled from 1,350 to 3,900. Nevertheless, the country's share of all applications in this area fell from 36 to 25 per cent, as other nations increased their patent activity even more. China, in particular, is catching up massively and, given its expertise in the software sector, is threatening to overtake both the USA and Germany. With a current 68 per cent share, the automotive industry continues to produce the majority of all patents relating to autonomous cars worldwide. However, more and more electronics and IT companies are penetrating the market. Entering into partnerships with these latter firms could prove a successful long-term strategy for German carmakers and their suppliers. Building on their own very strong patent portfolio in the hardware sector it would enable them to integrate complementary software into their autonomous cars and components.