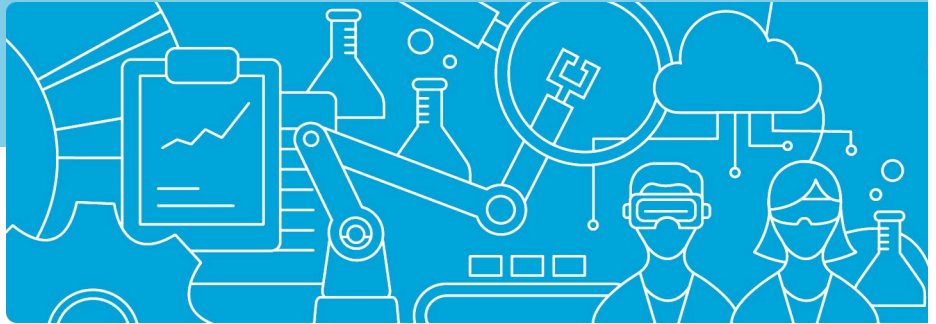


Studie zum deutschen Innovationssystem | Nr. 8-2022



Luisa Sievers, Anna Grimm

Innovationstätigkeit des Automobilsektors

Analyse mit Fokus auf nachhaltigen Antriebstechnologien und
Digitalisierung



Diese Studie wurde im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Die EFI hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Durchführendes Institut

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 8-2022
ISSN 1613-4338

Stand

Februar 2022

Herausgeberin

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Geschäftsstelle

Pariser Platz 6 | 10117 Berlin
www.e-fi.de

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der EFI oder der Institute reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen

Dr. Luisa Sievers
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Competence Center Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
T + 49 (0) 721 6809 446
M luisa.sievers@isi.fraunhofer.de

Danksagung

Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI haben einen Beitrag zu dieser Studie geleistet. Die Autorinnen bedanken sich bei Denis Stijepic für seine Mitarbeit an der Patentanalyse. Peter Neuhäusler danken wir für die Bereitstellung der Daten zu den Markenmeldungen und Christoph Neef für die Bereitstellung der Absatzzahlen aus der xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI. Bei Luise Möller bedanken wir uns für ihre Unterstützung als studentische Hilfskraft. Für wertvolle Hinweise und Diskussionen zur Patentanalyse danken wir Rainer Frietsch, Frank Marscheider-Weidemann und Oliver Rothengatter. Bei Rainer Walz bedanken wir uns für die hilfreiche Kommentierung des Berichts.

Inhaltsverzeichnis

0	Kurzfassung	7
1	Einführung	10
1.1	Trends und Treiber	10
1.2	Forschungsfrage	11
2	Patentanalyse	12
2.1	Einführung	12
2.2	Antriebstechnologien	13
2.2.1	Suchstrategien	13
2.2.2	Ergebnisse	14
2.2.3	Einordnung	23
2.3	Digitalisierung	23
2.3.1	Suchstrategien	23
2.3.2	Ergebnisse	25
2.3.3	Einordnung	32
3	Analyse der Markenmeldungen	34
3.1	Einführung	34
3.2	Ergebnisse	35
4	Analyse der Absatzzahlen	38
4.1	Einführung	38
4.2	Ergebnisse	39
4.2.1	Anteil der Antriebstypen am Pkw-Absatz nach Herstellern	39
4.2.2	Marktanteile der Hersteller nach Antriebstypen	40
4.2.3	Absatzzahlen verschiedener Antriebstypen nach Regionen	41
4.3	Einordnung	43
5	Synthese und Handlungsempfehlungen	45
5.1	Synthese	45
5.1.1	Patente	45
5.1.2	Markenanalyse	45
5.1.3	Absatzzahlen	45
5.1.4	Gesamtbild	46
5.1.5	Blick auf Deutschland	46
5.2	Handlungsfelder	48
6	Abbildungsverzeichnis	52

7	Tabellenverzeichnis	53
8	Literaturverzeichnis	54
A.1	Suchstrategien	56
A.1.1	Antriebstechnologien.....	56
A.1.2	Digitalisierung	58

Abkürzungsverzeichnis

Länderbezeichnungen

AT	Österreich
CA	Kanada
CN	China
DE	Deutschland
FR	Frankreich
GB	Großbritannien
IL	Irland
IN	Indien
IT	Italien
JP	Japan
KR	Südkorea
SE	Schweden
US	USA

Antriebstechnologien

BEV	Battery Electric Vehicle
EV	Electric Vehicle
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle

Sonstige Abkürzungen

CPC	Cooperative Patent Classification
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
EPO	European Patent Office
EUIPO	European Intellectual Property Office
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IPC	International Patent Classification
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PCT	Patent Cooperation Treaty
Pkw	Personenkraftwagen
RPA	Relativer Patentanteil
WIPO	World Intellectual Property Office

0 Kurzfassung

Einführung

Die Entwicklungen im Automobilsektor werden durch internationale, weit über den Mobilitätssektor hinausgehende Transformationen und Herausforderungen bestimmt: Dekarbonisierung, Digitalisierung und Globale Produktions- und Nachfrageverlagerungen. Ziel der Studie ist es zu analysieren, wie die deutsche Automobilindustrie im internationalen und zeitlichen Vergleich im Hinblick auf nachhaltige Antriebstechnologie und automatisiertes Fahren aufgestellt ist.

Zunächst erfolgt eine detaillierte Patentanalyse zu ausgewählten Bereichen der Antriebstechnologien und der Digitalisierung des Fahrzeugs zur Bewertung insbesondere der mittelfristigen Entwicklungsarbeiten in der Automobilindustrie. Diese wird ergänzt durch die Analyse von Markenmeldungen, welche im Vergleich zu Patenten als marktnäher zu bewerten sind und nicht nur für technologische Entwicklungen, sondern auch für Entwicklungen im Dienstleistungsbereich als Indikator dienen können. Parallel werden die globalen Absatzzahlen von Fahrzeugen zusammengetragen, um einen umfassenden Überblick zur Diffusion neuer Technologien in den Markt, sowie dem Verbleiben in bzw. dem Festhalten an alten oder weniger innovativen Technologien, zu generieren.

Patentanmeldungen

Die Auswertung der transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 1990 bzw. 2005 bis 2017 zeigt sowohl für Deutschland als auch global eine Stagnation bei konventionellen Antrieben, ein starkes Wachstum bei alternativen Antrieben und eine deutliche Dynamik im Bereich des automatisierten Fahrens ab 2013.

Die klassischen Automobilnationen Japan, Deutschland und USA sind bei allen Antriebstechnologien und bei der Digitalisierung führend. Sie werden gefolgt von Frankreich, Korea und China bei den neueren Feldern alternative Antriebe und Digitalisierung. Im Bereich der konventionellen Antriebe folgen hingegen Frankreich, Italien und Großbritannien. Japan ist bei einer Betrachtung über den gesamten Zeitraum 1990 bis 2017 insbesondere bei den alternativen Antrieben führend, Deutschland holt jedoch auf. Die USA verzeichnen beim autonomen Fahren die meisten Patentanmeldungen, bei einer etwas breiteren Betrachtung des automatisierten Fahrens inklusive Assistenzsysteme steht hingegen Deutschland an erster Stelle.

Auch die Top-10 der anmeldestärksten Firmen stammen weitestgehend aus Japan, Deutschland und den USA. Zum größten Teil sind sie dem Automobilbereich (OEM + Zulieferer) zuzuordnen, aber auch die Bereiche Elektronik und Software spielen eine wichtige Rolle. In jüngster Vergangenheit ist insbesondere im Bereich des automatisierten Fahrens eine steigende Aktivität von IKT-Akteuren zu beobachten.

Markenanmeldungen

Die Zunahme der Markenmeldungen am EUIPO mit Auto/Mobilitäts-Bezug im Zeitraum 2005 bis 2018 ist überdurchschnittlich hoch. Lediglich die Markenmeldungen im Bereich der konventionellen Antriebstechnologien stagnieren in diesem Zeitraum. China, in 2005 noch kaum vertreten, ist in 2018 in manchen Kategorien bereits weit vorne z.B. electric vehicle oder, driverless car. Deutschland steht in allen Kategorien von nachhaltiger Antriebstechnologie und von Digitalisierung an erster Stelle. Allerdings ist zu beachten, dass die Anmeldungen am EUIPO ausgewertet werden und daher eine Verzerrung in Richtung auf dem europäischen Markt tätiger Firmen besteht.

Absatzzahlen

Die Analyse der Absatzzahlen nach Antriebstechnologien zeigt für alle Hersteller und Märkte eine abnehmende Bedeutung der verbrennungsmotorischen Antriebe und analog eine zunehmende Bedeutung alternativer Antriebstechnologien.

Der Anteil von BEV am Pkw-Absatz ist (neben Tesla) insbesondere bei Chinesischen Herstellern sehr hoch (BYD, SAIC). Die Daten zeigen eine deutlich zunehmende Bedeutung von PHEV bei deutschen Herstellern (BMW, Daimler) und generell ein starkes Wachstum des Anteils alternativer Antriebe am Pkw-Absatz europäischer Hersteller in 2020.

Die größten relativen Marktanteile haben alternative Antriebstechnologien in Norwegen. In 2020 liegen die Marktanteile von alternativen Antrieben in Europa erstmals höher als in China. Für BEV ist China der größte Markt, gefolgt von Europa, für PHEV gilt die umgekehrte Reihenfolge.

Gesamtbild

Die Bedeutung konventioneller Antriebe nimmt ab, die von alternativen Antrieben und automatisiertem Fahren nimmt zu. Alle Indikatoren zeigen diese Dynamik, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Sie trifft somit sowohl für die Technologieentwicklung als auch für das Geschehen am Markt zu.

Japan, Deutschland und USA als klassische Automobilnationen sind, gemessen an ihren transnationalen Patentanmeldungen, führend in der Technologieentwicklung. Die Bedeutung von China (und in geringerem Maße Korea) nimmt für die alternativen Antriebstechnologien und die Digitalisierung jedoch zu.

Noch deutlicher wird das bei einer Betrachtung der marktnäheren Indikatoren. Die Analyse der Markenmeldungen am EUIPO zeigt eine besondere Aktivität von China als nicht europäisches Land neben Deutschland, Frankreich und Großbritannien, wohingegen Japan und USA weniger stark vertreten sind. Auch beim Absatz alternativer Antriebe war China als größter Markt lange Zeit führend und wurde erst in 2020 von der EU abgelöst. In Japan und den USA spielen PHEV und BEV als alternative Antriebe nur eine geringe Rolle. BYD und SAIC aus China zählen zu den Herstellern mit den höchsten Anteilen alternativer Antriebe gemessen an ihrem Absatz. Die Rangfolge und Anteile der einzelnen Hersteller an den schnell wachsenden Märkten für BEV und PHEV ist noch durch eine hohe Dynamik geprägt. Eine Ausnahme bildet Tesla als klarer Marktführer bei BEV.

Blick auf Deutschland

Deutschland spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung alternativer Antriebstechnologien. So steigen die Patentanmeldungen aus Deutschland bis 2011 deutlich an und dann wieder ab 2016. Im aktuellsten betrachteten Jahr, 2017, steht Deutschland sogar an erster Stelle bei den absoluten Patentanmeldungen und weist im Ländervergleich den höchsten RPA aus. Auf Herstellerebene sind sowohl Zulieferer (insbesondere Bosch, Siemens) als auch OEM (insbesondere VW) bedeutend.

Die Markenmeldungen aus Deutschland im Bereich alternativer Antriebstechnologien nahmen zwischen 2005 und 2018 deutlich zu. Der Absatz von BEV und PHEV in Deutschland ist in 2020 stark angestiegen und Daten aus 2021 zeigen, dass sich dieser Trend nochmals deutlich verstärkt hat. PHEV machten dabei mehr als die Hälfte des Absatzes aus und das Wachstum fiel für diese Antriebstechnologie besonders deutlich aus. Der Anteil von BEV am gesamten Absatz in Deutschland betrug in 2020 unter 8% und damit deutlich geringer als z.B. in Norwegen oder den Niederlanden. Die durch die Patentanalyse nahegelegte Technologieführerschaft ist bei Betrachtung der Anteile von BEV am Absatz deutscher Hersteller bisher nicht sichtbar. Hier bewegen sich VW, Daimler und BMW im unterdurchschnittlichen Bereich. Bei den PHEV spielen die deutschen Hersteller BMW und Daimler hingegen eine wichtige Rolle.

Im Bereich des assistierten Fahrens weist Deutschland im Zeitraum 2005 bis 2017 die meisten Patentanmeldungen auf und auch bzgl. Spezialisierung (RPA im Ländervergleich) steht es an erster Stelle. Bei einem Fokus auf die aktuelleren Jahre fällt Deutschland jedoch hinter Japan und die USA zurück und auch der über die Zeit abnehmende RPA zeigt, dass hier andere Länder zunehmend wichtiger werden. Bei den Markenmeldungen am EUIPO im Bereich des automatisierten Fahrens ist D führend.

Handlungsfelder

Nachhaltige Antriebstechnologien und Digitalisierung sind sehr dynamische Felder, die Bedeutung neuer Akteure sowohl auf der Herstellerebene wie auch auf Länderebene nimmt zu. Es bedarf somit einer Verstärkung und Ausweitung der Anstrengungen Deutschlands, um die führende Rolle zu bewahren.

Dekarbonisierung ist ein internationales Ziel und die Absatzzahlen alternativer Antriebe steigen weltweit. Die aktive Beteiligung deutscher Unternehmen möglichst an allen zentralen Wertschöpfungsstufen kann zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Wichtige Handlungsfelder sind die Stärkung der technologischen Entwicklung im Bereich der Batterien, die Ansiedlung einer Batteriezellproduktion sowie die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von Lieferengpässen im Bereich der Halbleiter.

Der zuletzt starke Anstieg des Absatzes von BEV und PHEV in Deutschland zeigt, dass die Förderpolitik greift und fortgesetzt werden sollte. Dabei muss die Schwerpunktsetzung kurz- bis mittelfristig in Richtung BEV verlagert, der sinnvolle Einsatz von PHEV auf ihre Funktion als Übergangstechnologie beschränkt und die Anreizsetzung für den Anteil elektrischen Fahrens mit PHEV verbessert werden. Innovationen im Bereich Ladetechnologie in Verbindung mit einer gut ausgebauten Infrastruktur könnten außerdem den Bedarf nach großen Batterien senken.

Ein wichtiger Treiber für die Etablierung von BEV am Markt sowie die Entwicklung eines nachhaltigen Mobilitätssystems sind Mobilitätsdienstleistungen. Flottenfahrzeuge stellen einen dynamisch wachsenden Markt dar und können die Akzeptanz neuer Technologien durch Erprobung erhöhen.

Die konkrete Einbettung des autonomen Fahrens ins Gesamtmobilitätssystem, die Ausgestaltung und das Zusammenspiel von Fahrzeugen und Infrastruktur sowie die sich ergebenden Chancen und Risiken hinsichtlich ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit sind offene Fragen. Strategiebildung ist daher von zentraler Bedeutung. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Austausch zwischen Stakeholdern aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum autonomen Fahren werden erste rechtliche Grundlagen zur Einführung autonomer Fahrzeuge in Deutschland gesetzt. Die vorgesehene Evaluation des Gesetzes ist vor dem Hintergrund der hohen technologischen sowie konzeptionellen Dynamik wichtig. Begleitende Geschäftsmodelle, insbesondere die Nutzung der generierten Daten autonom fahrender Fahrzeuge und Insassen werden an Relevanz gewinnen. Dabei sind die Möglichkeiten und Entwicklungen eng mit den Regulierungen hinsichtlich der Datennutzung verwoben.

Stärken in Technologien zur Automatisierung im Fahrzeug sollten mit der Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien verbunden werden. Dazu bedarf es der sektorübergreifenden Vernetzung von Wissen, die durch die Politik unterstützt werden kann. Neben der Grundlagenforschung kann auch in besonderem Maße die anwendungsorientierte Forschung die Digitalisierung in Deutschland insgesamt vorantreiben. Generell sollte der Fokus der Forschungs- und Innovationspolitik auf Systeminnovationen mehr als auf Einzeltechnologien liegen.

1 Einführung

Die Automobilindustrie befindet sich im Umbruch. Dieser hat sich nicht erst seit dem Pariser Klimaabkommen 2015, sondern bereits durch Bemühungen der Bundesregierung zur Förderung der Elektromobilität im Rahmen des Konjunkturprogramms 2008/2009, den Dieselskandal und die offensivere Wirtschafts- und Innovationspolitik Chinas angedeutet. Im Hinblick auf die Erreichung der Dekarbonisierungsziele wird zunehmend eine Mobilitätswende gefordert. Gleichzeitig finden globale Verlagerungen im Markt statt, die durch die Perspektive um autonomes Fahren eine zusätzliche Dimension erhalten. All dies signalisiert, dass die in der Vergangenheit international höchst erfolgreiche deutsche Automobilindustrie vor erheblichen Anforderungen an einen Strukturwandel steht. Ziel der Studie ist es zu analysieren, wie die deutsche Automobilindustrie im internationalen und zeitlichen Vergleich im Hinblick auf nachhaltige Antriebstechnologie und informationstechnologische Komponenten aufgestellt ist.

1.1 Trends und Treiber

Abbildung 1: Trends und Treiber in der Automobilindustrie

Dekarbonisierung	Digitalisierung	Globale Verlagerungen
• Effizienzsteigerung • Elektrifizierung • Verringerung der Automobilität	• Produktion • automatisiertes Fahren • Mobilitätsdienstleistungen	• Automobilnachfrage • Automobilproduktion

Quelle: Fraunhofer ISI

Die Entwicklungen im Automobilsektor werden durch internationale, weit über den Mobilitätssektor hinausgehende Transformationen und Herausforderungen bestimmt: Dekarbonisierung, Digitalisierung und Globale Produktions- und Nachfrageverlagerungen.

Die für die Begrenzung des Klimawandels nötige **Dekarbonisierung** erfordert mit Blick auf die Automobilindustrie eine deutliche Senkung des fossilen Kraftstoffverbrauchs der Fahrzeuge. Entsprechende Ziele werden durch die europäischen Flottengrenzwerte für CO₂-Emissionen vorgegeben. Die Elektrifizierung der Fahrzeuge, insbesondere der Pkw, dient als wichtiges Mittel zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr. Viele Staaten verfügen bereits über konkrete Pläne bezüglich eines Verbots von Personenkraftwagen mit verbrennungsmotorischen Antrieb und auch viele Automobilhersteller haben sich entsprechende Ziele für ihr Produktportfolio gesetzt. Nicht zuletzt erfordert eine konsequent vorangetriebene Dekarbonisierung des Verkehrs auch die Verringerung der Automobilität beispielsweise durch eine Stärkung des Umweltverbunds (Fuß- und Radverkehr und ÖPNV) ergänzt durch Sharing-Angebote, die den Verzicht auf ein eigenes Fahrzeug erleichtern. Auch Effizienzsteigerungen in der Produktion, beispielsweise eine Erhöhung der Materialeffizienz, leisten einen positiven Beitrag zur Dekarbonisierung.

Die **Digitalisierung** wirkt zum einen auf Produktionsprozesse, neue Produktionslinien beispielsweise im Zusammenhang mit der zunehmenden Elektrifizierung der Fahrzeuge, können hier beschleunigend wirken. Aber auch das Produkt selbst ist durch einen zunehmenden Grad an Digitalisierung gekennzeichnet. Fahrzeuge werden verstärkt mit Systeme zum assistierten, automatisierten und vernetzten Fahren ausgestattet. Der Ausbau der digitalen Infrastruktur schreitet ebenfalls voran. Darüber hinaus wirkt die Digitalisierung auch als Treiber für das zunehmende Angebot an plattformbasierten Mobilitätsdienstleistungen, wie Ride-Sharing, Ride-Pooling, Car- und Bike-Sharing-

Angeboten und der Vernetzung solcher Angebote mit dem ÖPNV. Auch im ÖPNV nimmt die Automatisierung der Fahrzeuge zu. Die Automobilindustrie ist an diesen Entwicklungen nicht nur durch die Bereitstellung der Fahrzeugflotten beteiligt, sondern agiert auch selbst als Dienstleister.

Globale Verlagerungen zeigen sich sowohl hinsichtlich der Automobilnachfrage als auch der Automobilproduktion. Bereits 2009 ist China an die erste Stelle bei der Pkw-Produktion gerückt und hat den Abstand zu Japan deutlich ausgebaut, mittlerweile wird jedes dritte Auto dort produziert. Südkorea und Indien haben vor fünf Jahre die USA überholt und der Abstand zu Deutschland und Japan wird kleiner. Ähnliche Entwicklungen sind auch bei der Nachfrage sichtbar.

Die (deutsche) Automobilindustrie ist durch ihre starke internationale Vernetzung bei Wertschöpfungsketten und ihre hohe Exportorientierung in besonderem Maße von diesen internationalen Trends betroffen. Dennoch sind die regionale Politik und das regionale Umfeld wichtig für das Tempo und die Intensität der Wirkungen.

1.2 Forschungsfrage

Ziel der Studie ist es zu analysieren, wie die deutsche Automobilindustrie im internationalen und zeitlichen Vergleich im Hinblick auf nachhaltige Antriebstechnologie und informationstechnologische Komponenten aufgestellt ist.

Die Innovationsfähigkeit eines Sektors lässt sich anhand vieler verschiedener Indikatoren abschätzen. Dabei geht die Festlegung auf einzelne Indikatoren immer mit einem auf einen entsprechenden Teilaspekt beschränkten Blick einher. Für die Automobilindustrie lässt sich die Betrachtung der Innovationsfähigkeit in zwei Hauptbereiche unterteilen: Zum einen spielt die Position im Bereich der Forschung und Entwicklung eine Rolle, zum anderen die Fähigkeit, die entwickelten Technologien für die Massenproduktion zu skalieren, zu produzieren und schließlich erfolgreich abzusetzen.

Zunächst erfolgt eine detaillierte Patentanalyse zu ausgewählten Bereichen der Antriebstechnologie und der Digitalisierung des Fahrzeugs zur Bewertung insbesondere der mittelfristigen technologischen Entwicklungsarbeiten in der Automobilindustrie.

Diese wird ergänzt durch die Analyse von Markenmeldungen, welche im Vergleich zu Patenten als marktnäher zu bewerten sind und nicht nur für technologische Entwicklungen, sondern auch für Entwicklungen im Dienstleistungsbereich als Indikator dienen können.

Parallel werden die globalen Absatzzahlen von Fahrzeugen zusammengetragen, um einen umfassenden Überblick zur Diffusion neuer Technologien in den Markt, sowie dem Verbleiben in bzw. dem Festhalten an alten oder weniger innovativen Technologien, zu schaffen.

In allen Ansätzen werden neben dem Status Quo auch Zeitreihen zum Nachzeichnen der Entwicklungen in der Vergangenheit ermittelt. Zudem werden die Analysen zum einen zur Generierung eines Gesamtüberblicks genutzt, und zum anderen ein Fokus auf die relative Position der deutschen Automobilindustrie im globalen Vergleich gelegt. Die gewonnenen Ergebnisse werden abschließend gegenübergestellt und diskutiert. Aus den Erkenntnissen werden innovationspolitische Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2 Patentanalyse

2.1 Einführung

Patentanmeldungen dienen als Indikator für mittelfristige technologische Entwicklungsarbeit. Für die Patentanalyse werden in der PATSTAT -Datenbank des Europäischen Patentamtes die transnationalen Patentanmeldungen (Frietsch und Schmoch 2010) recherchiert. Im Anschluss an die PATSTAT -Recherche erfolgt eine Aufbereitung und Zusammenfassung der Daten, sodass Patentreihen ab 1990 bis 2018 über verschiedene Länder und Unternehmen verglichen werden können. Transnationale Patentanmeldungen zeichnen sich durch ihre meist hohe Qualität aus und eignen sich gut für internationale Vergleiche. Sie sind abzugrenzen von internationalen Patentfamilien, welche sich auf Anmeldungen des gleichen Patents in mehreren Ländern beziehen, und die ebenfalls häufig in der Literatur als Indikator genutzt werden. Änderungen in der Patentierungsstrategie (beispielsweise gezielte Anmeldung an einzelnen Patentämtern anstatt transnationaler Anmeldungen über das PCT-Verfahren) können sich auch in den Zeitreihen der transnationalen Patentanmeldungen zeigen.

Die Suchstrategien der zu analysierenden Technologiebereiche verwenden für die zugehörigen Komponenten die entsprechenden Codes der "International Patent Classification" (kurz IPC-Codes) bzw. die für Nordamerika und Europa mittlerweile breit verfügbare und differenzierte "Cooperative Patent Classification" (kurz CPC-Codes). Das europäische Patentamt hat zusammen mit dem US-amerikanischen Patentamt im Rahmen der CPC zusätzlich das Y02-Klassifikationsschema für Patente zu Klimaschutztechnologien entwickelt. Y02T betrifft den Bereich „Transportation“ und wird bei den Analysen ergänzend berücksichtigt. Diese Vorgehensweise über Codes hat im Vergleich zu den Alternativen (z.B. der Schlüsselwörtersuche) den Vorteil, dass sie die Expertise der Patentämter (bei der Zuweisung der Patente/Technologien zu den ICP- und Y02-Codes) nutzt. Die damit ermittelten Patente werden (durch Analyse der Patenttitel und -beschreibungen) im Hinblick auf Passgenauigkeit mit den zu analysierenden Komponenten überprüft. Ggfs. werden ergänzend Stichwort-Abgrenzungen genutzt, um die Treffgenauigkeit und Abdeckung der IPC- bzw. CPC-Abgrenzung zu erhöhen.

Neben der Analyse von Zeitreihen der Patentanmeldungen und dem Vergleich zwischen Ländern und Unternehmen ist es zusätzlich üblich, Spezialisierungskennziffern zu bilden. Sie geben an, welchen Stellenwert die besonders interessierenden Technologien im Verhältnis zum Durchschnitt aller Technologien innerhalb des betrachteten Landes aufweisen (komparative Vorteile). Positive Spezialisierungskennziffern zeigen an, dass die Kompetenzen des Landes in diesem Bereich relativ zum Durchschnitt aller Technologien überdurchschnittlich gut sind. Bei den Patenten wird so der relative Patentanteil (RPA) berechnet, indem der Patentanteil des betrachteten Landes beim jeweiligen Technologiefeld in Relation zu den Patentanteilen des Landes bei allen Feldern gesetzt wird. Für jedes Land i und jedes Technologiefeld j wird der RPA mit folgender Formel berechnet:

$$100 * \tanh \ln \left[\left(p_{ij} / \sum_i p_{ij} \right) / \left(\sum_j p_{ij} / \sum_{ij} p_{ij} \right) \right]$$

Ist der Patentanteil für ein Technologiefeld überdurchschnittlich hoch, dann nimmt der RPA einen positiven Wert an. Dies bedeutet, dass innerhalb des betreffenden Landes überproportional viel im Technologiefeld patentiert wird und daher – verglichen mit den anderen Feldern – überdurchschnittliche nationale Kenntnisse bestehen. Das jeweilige Technologiefeld nimmt also in dem Profil des Landes eine herausgehobene Stellung ein – und zwar gemessen an den weltweiten Aktivitäten.

2.2 Antriebstechnologien

2.2.1 Suchstrategien

Die Analyse der Patentanmeldungen basiert auf Suchstrategien zu konventionellen und alternativen Antriebstechnologien. Als Teilbereiche der alternativen Antriebstechnologien werden zudem die Energiebereitstellung durch Brennstoffzellen bzw. durch Batterien unterschieden. Eine genaue Abgrenzung zwischen alternativen Antriebsformen ist jedoch schwierig, da ein hoher Grad an Überschneidungen vorliegt. Beispielsweise verfügen nicht nur reine Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), sondern auch Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) und Hybride (HEV) bzw. Plug-In-Hybride (PHEV) über einen batterieelektrischen Antriebsstrang. Abbildung 2 enthält eine Übersicht der in den Suchstrategien beinhalteten Technologiekomponenten im Bereich der konventionellen und alternativen Antriebe. Neben den einzelnen Komponenten und deren Integration in ein Fahrzeug werden auch Betankungs- bzw. Ladesysteme und -infrastruktur mitberücksichtigt. Detaillierte Tabellen zu den Suchstrategien befinden sich im Anhang A.1.1.

Suchstrategien des Fraunhofer ISI, die bereits zur Analyse neuer technologischer Entwicklungen im Bereich der Antriebstechnologien entwickelt und herangezogen wurden¹ bildeten den Ausgangspunkt. Da aber die Innovationstätigkeit der Automobilindustrie in diesem Bericht im Fokus steht, wurde die Suchstrategie im Hinblick auf eine engere, automobilspezifischere Abgrenzung weiterentwickelt. Beispielsweise wurden Entwicklungen bei Materialien für Brennstoffzellen oder Batterien nur in soweit berücksichtigt, als dass eine mögliche Anwendung im Automobilsektor zuzuordnen war. Auch Querschnittstechnologien wie der Elektromotor mit einem Anwendungsfeld weit über die Automobilität hinaus wurde ohne klar erkennbare Zuordnung nicht berücksichtigt. Neben den einzelnen Komponenten der alternativen Antriebstechnologien spielt auch deren Systemintegration eine wichtige Rolle in der Analyse. Zudem wurden die Suchstrategien im Bereich der alternativen Antriebe um die entsprechenden Y02T-Codes berücksichtigt.

Abbildung 2: Suchstrategien zu konventionellen und alternativen Antrieben

Verbrennungsantrieb	alternative Antriebe
•Brennkraftmaschinen •Steuern oder Regeln •Zylinder, Kolben, Gehäuse; Dichtungsanordnungen •Zuführen von Brennstoff-Luft-Gemischen •Anlassen •Zündung •Betankung	•BEV •(P)HEV •FCEV •Brennstoffzelle •Batterie •Antriebsstrang •Leistungselektronik •Ladesysteme

Quelle: Fraunhofer ISI

¹ z.B. Peters et al. 2012; Schade et al. 2012.

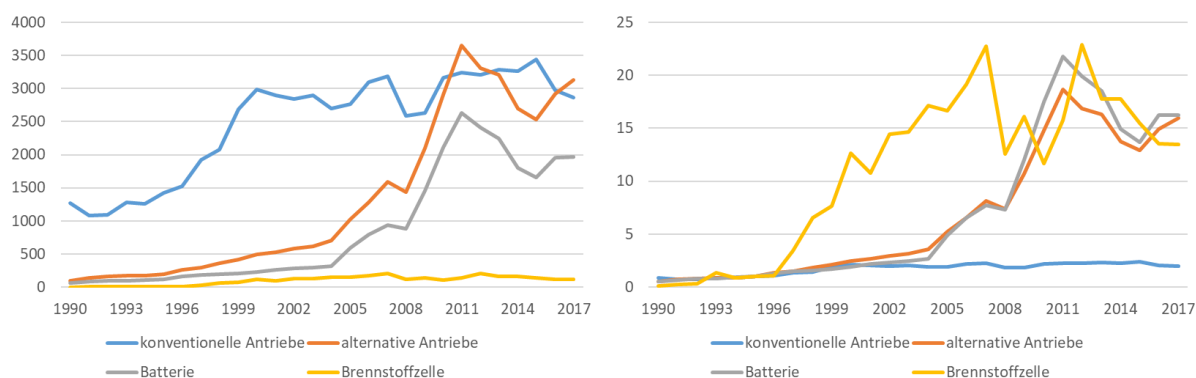
2.2.2 Ergebnisse

2.2.2.1 Weltweite Dynamik der Patentanmeldungen

Abbildung 3 zeigt die Dynamik der transnationalen Patentanmeldungen für konventionelle und alternative Antriebe von 1990 bis 2017, sowohl absolut als auch indiziert bezogen auf 1995. Es wird deutlich, dass die Patentanmeldungen im Bereich der konventionellen Antriebe bereits ab dem Jahr 2000 stagnieren bzw. abnehmen. Die Patentanmeldungen im Bereich der alternativen Antriebe steigen hingegen an, besonders deutlich von 2004 bis 2011, dann sind sie wieder rückläufig und steigen ab 2016 erneut. Der Teilbereich batterieelektrischer Antriebe deckt einen Großteil der Patentanmeldungen der alternativen Antriebstechnologien ab und bestimmt somit auch die Ausprägung im Zeitverlauf. Die Patentanmeldungen im Teilbereich der auf Brennstoffzellen basierten Antriebe machen absolut gesehen nur einen geringen Teil an den Patenten der alternativen Antriebe aus. Die rechts dargestellte indizierte Entwicklung zeigt jedoch auch für diesen Technologiebereich eine hohe Dynamik, wobei der Anstieg deutlich früher beginnt als bei den batterieelektrischen Antrieben.

Abbildung 3: Konventionelle und alternative Antriebe - Patentanmeldungen

Transnationale Patentanmeldungen 1990-2017, links: absolut, rechts: Index (1995=1)



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

2.2.2.2 Ergebnisse nach Ländern

Die transnationalen Patentanmeldungen differenziert nach Ländern sind für konventionelle Antriebe in Abbildung 4, für alternative Antriebe in Abbildung 5 und für die Teilbereiche Brennstoffzelle in Abbildung 6 bzw. Batterie in Abbildung 7 dargestellt. Die Säulen rechts zeigen dabei jeweils die Anteile der zehn anmeldestärksten Länder im Gesamtzeitraum 1990-2017 bzw. im aktuellen Zeitraum 2015-2017. Im linken Teil jeder Abbildung ist für diese Länder die Dynamik der absoluten Anmeldungen von 1990 bis 2017 dargestellt.

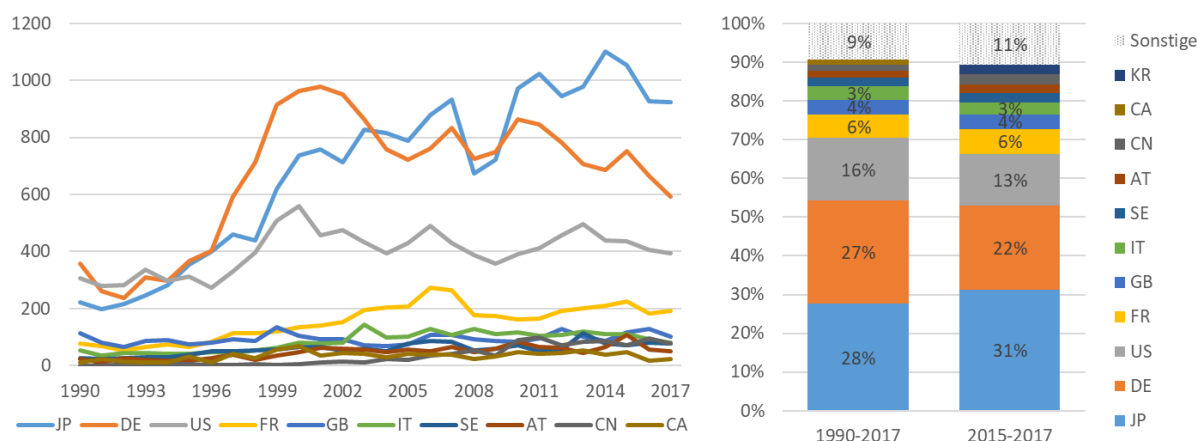
Die Automobilnationen Japan, Deutschland und USA haben sowohl bei alternativen als auch bei konventionellen Antrieben die größten Anteile an den Patentanmeldungen. Dies gilt für den Gesamtzeitraum ebenso wie für den aktuellen Rand. Bei den konventionellen Antrieben sind Deutschland und Japan gemessen über den Gesamtzeitraum gleichermaßen anmeldestark. In den Jahren 2015-2017 hat Deutschland hingegen deutlich geringere Anteile als Japan, da die deutschen Patentanmeldungen in diesem Bereich seit Beginn der 2000er-Jahre abnehmen, wohingegen die japanischen Patentanmeldungen weiterhin zunehmen.

Die Vorreiterrolle Japans bei alternativen Antrieben wird im Zeitverlauf durch die stärkere und früher einsetzende Dynamik deutlich und spiegelt sich auch bei den Anteilen an den Patentanmeldungen im Gesamtzeitraum wieder. Schaut man allerdings auf die jüngste durch die Daten abgebildete Entwicklung, zeigt sich, dass Deutschland aufholt und in 2017 gleichauf mit Japan an erster Stelle liegt.

Bei den alternativen Antrieben (im Gegensatz zu den konventionellen) zählen auch China und Korea zu den anmeldestärksten Ländern. Ihren Anteil von 4% bzw. 5% der transnationalen Patentanmeldungen gemessen über den gesamten Betrachtungszeitraum 1990 bis 2017 konnten sie auf 10% bzw. 6% im Zeitraum 2015 bis 2017 steigen. China weist erst ab 2010 eine nennenswerte Anzahl an transnationalen Patenten auf, verzeichnet aber insbesondere in den letzten beiden Jahren des Betrachtungszeitraums ein enormes Wachstum und liegt in 2017 gleichauf mit den USA. Bei einem Vergleich der Teilbereiche Batterie und Brennstoffzelle fällt auf, dass China bei Antrieben mit Brennstoffzelle eine weniger wichtige Rolle spielt als bei Antrieben mit Batterie. Im Umkehrschluss haben klassische Automobilnationen, und das trifft insbesondere auch auf Deutschland zu, höhere Anteile an den Patentanmeldungen im Teilbereich Brennstoffzelle als Batterie.

Abbildung 4: Konventionelle Antriebe - Patentanmeldungen nach Ländern

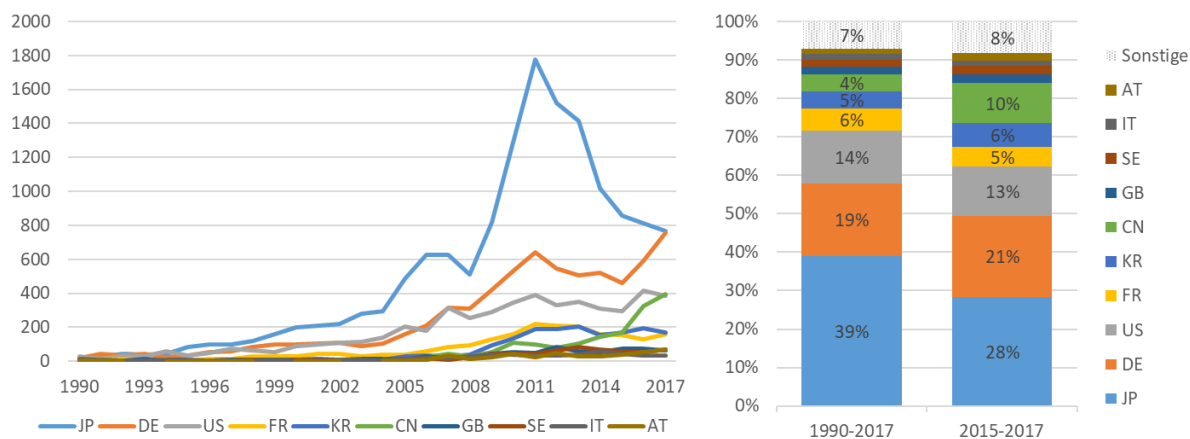
Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Abbildung 5: Alternative Antriebe - Patentanmeldungen nach Ländern

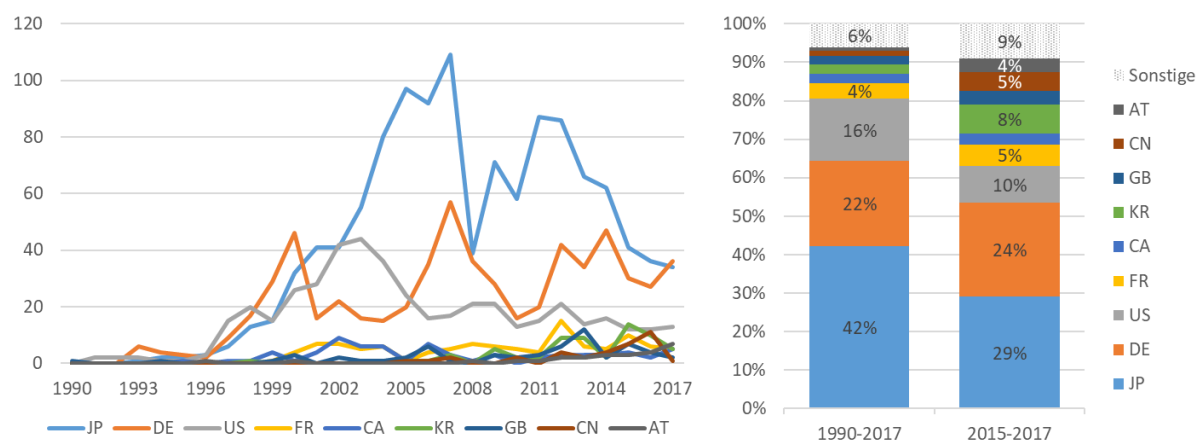
Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Abbildung 6: Antrieb mit Brennstoffzelle - Patentanmeldungen nach Ländern

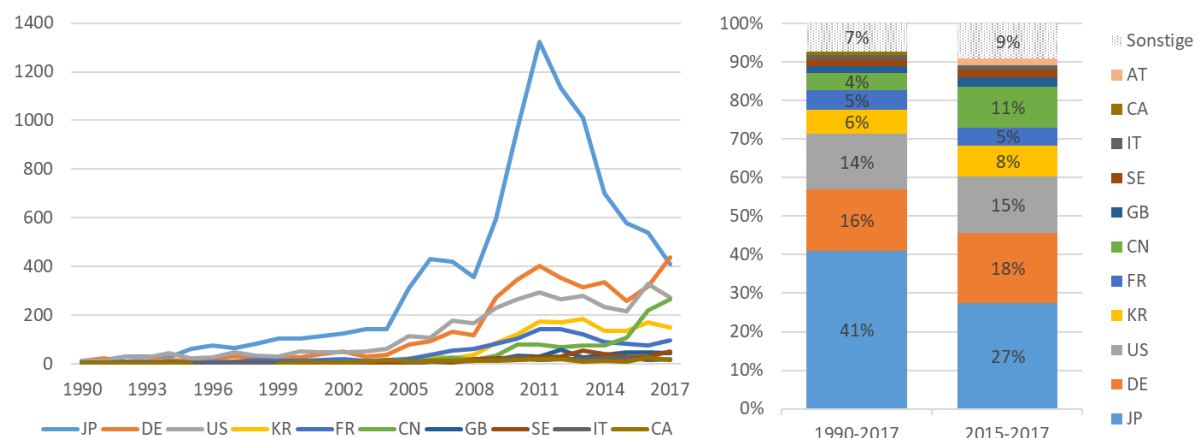
Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Abbildung 7: Antrieb mit Batterie - Patentanmeldungen nach Ländern

Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

2.2.2.3 Ergebnisse bezüglich Spezialisierung

In Abbildung 8 ist der relative Patentanteil der konventionellen und alternativen Antriebe differenziert nach Ländern dargestellt. Dieser Indikator setzt den Anteil eines Landes an den weltweiten Patentanmeldungen einer Technologie ins Verhältnis zu seinem Anteil an den weltweiten Patentanmeldungen insgesamt. Er dient somit als Maß für die Spezialisierung eines Landes bezüglich einer spezifischen Technologie und reicht von -100 bis 100.

In der Darstellung sind jeweils 10 Länder von unten nach oben geordnet gemessen an ihrem Anteil an der Summe der transnationalen Patentanmeldungen im betroffenen Technologiebereich im Zeitraum 1990 bis 2017. Die konventionellen Antriebstechnologien sind im linken Teil der Abbildung für die Jahre 1995, 2005, 2017, die alternativen Antriebstechnologien im rechten Teil der Abbildung für die Jahre 2005, 2011, 2017 abgebildet.

Sowohl bei den konventionellen als auch bei den alternativen Antrieben fällt auf, dass die USA zwar zu den 3 aktivsten Ländern gehört, aber dennoch keine Spezialisierung in diesen Bereichen aufweist. Im Gegensatz dazu weist Japan eine deutliche Spezialisierung in Bezug auf Antriebstechnologien

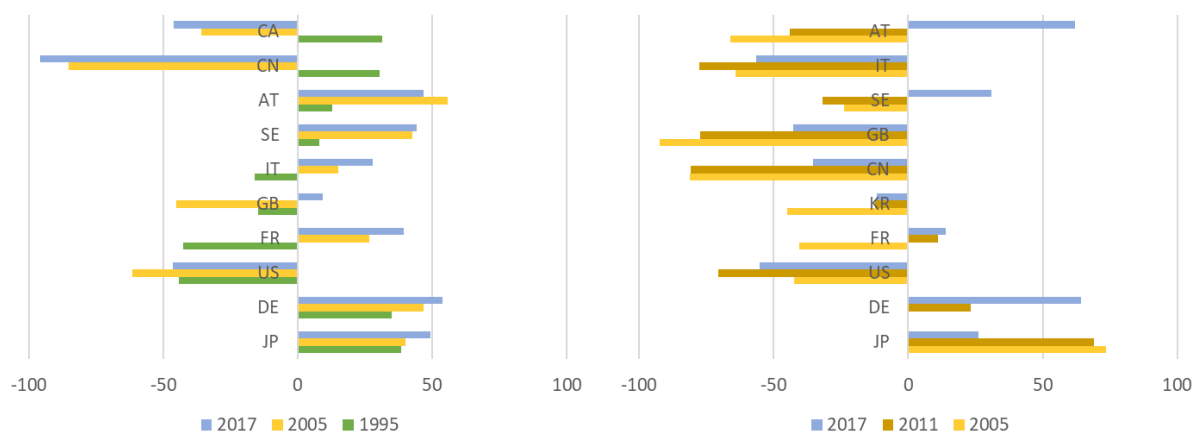
auf, bei alternativen Antrieben noch stärker als bei verbrennungsmotorischen Antrieben. Der Rückgang in 2017 bei den alternativen Antrieben passt auch zum Rückgang des Anteils der Patentanmeldungen aus Japan in diesem Technologiebereich (vgl. Abbildung 5).

Konventionelle Antriebe haben eine hohe Bedeutung für die Patentaktivität Deutschlands. Die relativen Patentanteile der alternativen Antriebe fallen zunächst geringer aus als die der konventionellen Antriebe, übersteigen sie aber im Jahr 2017 und liegen damit an der Spitze im Ländervergleich.

Chinas transnationale Patentaktivität sowohl im Bereich der konventionellen als auch alternativen Antriebe ist unterdurchschnittlich, das heißt die relativen Patentanteile sind negativ. Im Jahr 2017 fällt der Wert für die alternativen Antriebstechnologien aber wesentlich geringer negativ aus als noch im Jahr 2011, was die zunehmende Bedeutung dieser Technologien für China widerspiegeln könnte. Konventionelle Antriebe spielen für Chinas Patentaktivität in 2017 hingegen fast keine Rolle mehr.

Abbildung 8: Relative Patentanteile für konventionelle und alternative Antriebe

Links: konventionelle Antriebe, rechts: alternative Antriebe



Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

2.2.2.4 Ergebnisse nach Firmen

Die transnationalen Patentanmeldungen differenziert nach Firmen sind für konventionelle Antriebe in Abbildung 9, für alternative Antriebe in Abbildung 10 und für die Teilbereiche Brennstoffzelle in Abbildung 11 bzw. Batterie in Abbildung 12 dargestellt. Die Säulen rechts zeigen dabei jeweils die Anteile der zehn anmeldestärksten Firmen im Gesamtzeitraum 1990 bis 2017 bzw. im aktuellen Zeitraum 2015 bis 2017. Im linken Teil jeder Abbildung ist für diese Firmen die Dynamik der absoluten Anmeldungen von 1990 bis 2017 dargestellt. Die Rangfolge der 30 anmeldestärksten Firmen in den unterschiedlichen Technologiebereichen und die jeweilige Summe der Patentanmeldungen im Zeitraum 1990 bis 2017 kann Tabelle 1 und Tabelle 2 entnommen werden.

Vergleich konventionelle und alternative Antriebstechnologien

Die meisten Patentanmeldungen im Bereich der konventionellen Antriebe verzeichnet Bosch, sowohl aktuell (8%) als auch für den Gesamtzeitraum (11%). Dies zeigt, dass nicht nur die OEM selbst, sondern auch Zulieferer (auch Siemens, Continental, Hitachi) eine hohe Patentaktivität aufweisen. Dies gilt zunehmend auch für alternative Antriebe.

Bei den alternativen Antrieben wird die Vorreiterrolle Toyotas sichtbar, die Dynamik beginnt früher und fällt auch wesentlich stärker aus als für die anderen Firmen. Der Höhepunkt wird im Jahr 2011

erreicht, danach geht die Patentaktivität wieder zurück. Über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg entfallen 11% der Anmeldungen im Bereich der alternativen Antriebstechnologien auf Toyota, im Zeitraum von 2015 bis 2017 sind es nur noch 4%.

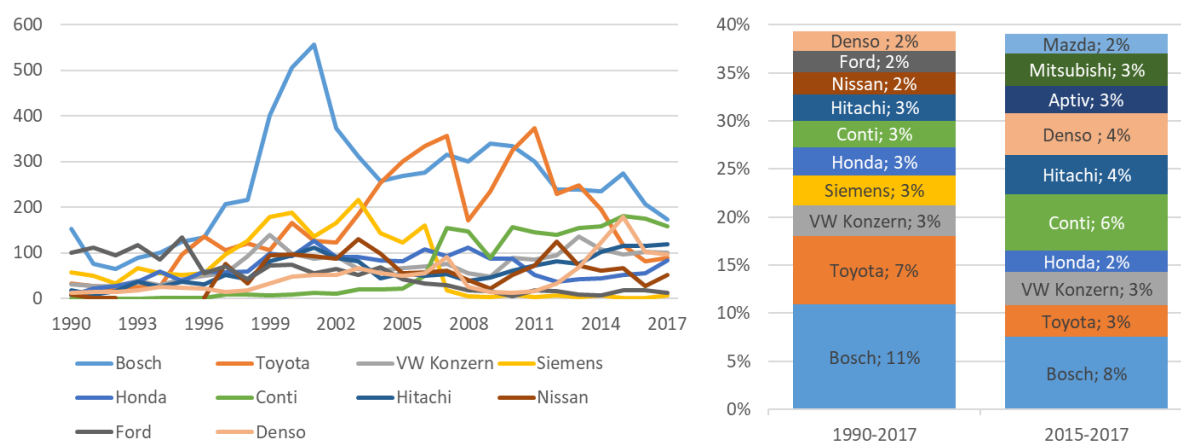
Die deutschen Automobilhersteller sind über den Gesamtzeitraum 1990 bis 2017 betrachtet weniger dominant. Bei den verbrennungsmotorischen Antriebstechnologien ist der VW Konzern mit 3% der Anmeldungen zwar an dritter Stelle, Daimler und BMW sind jedoch nur an 15. bzw. 18. Stelle zu finden (vgl. Tabelle 1). Auch bei den alternativen Antrieben entfallen etwa 3% der Patentanmeldungen im Gesamtzeitraum auf den VW Konzern, der Rang 5 der anmeldestärksten Firmen belegt. BMW und Daimler gehören zu den Top-15.

In der jüngeren Vergangenheit nimmt die Bedeutung deutscher Firmen im Bereich der alternativen Antriebe jedoch zu. Dies wird in Tabelle 1 deutlich an den grünen Pfeilen, die für viele deutsche Firmen indizieren, dass sie ihren Rang, gemessen an den Patentanmeldungen, im Zeitraum 2015 bis 2017 im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2017 verbessert haben. Im Zeitraum 2015 bis 2017 steht der VW Konzern mit 5% der Patentanmeldungen an erster Stelle noch vor Toyota und auch Bosch (4%), BMW (3%) und Audi (2%) gehören zu den zehn anmeldestärksten Firmen. Ein Blick auf die aktuellsten Daten (2017) bestätigt, dass deutsche Automobilhersteller und Zulieferer einen Großteil der oberen Ränge einnehmen: VW Konzern (1), Bosch (3), Audi (4), Schaeffler (6) und BMW (8) sind Teil der Top-10.

Insgesamt fällt auf, dass die zehn anmeldestärksten Firmen im Bereich der alternativen Antriebe im jüngeren Betrachtungszeitraum 2015 bis 2017 nur noch 30% der Anmeldungen auf sich vereinen, während es im Gesamtbetrachtungszeitraum noch 35% waren. Dies deutet daraufhin, dass die Aktivität anderer Firmen steigt.

Abbildung 9: Konventionelle Antriebe - Patentanmeldungen nach Firmen

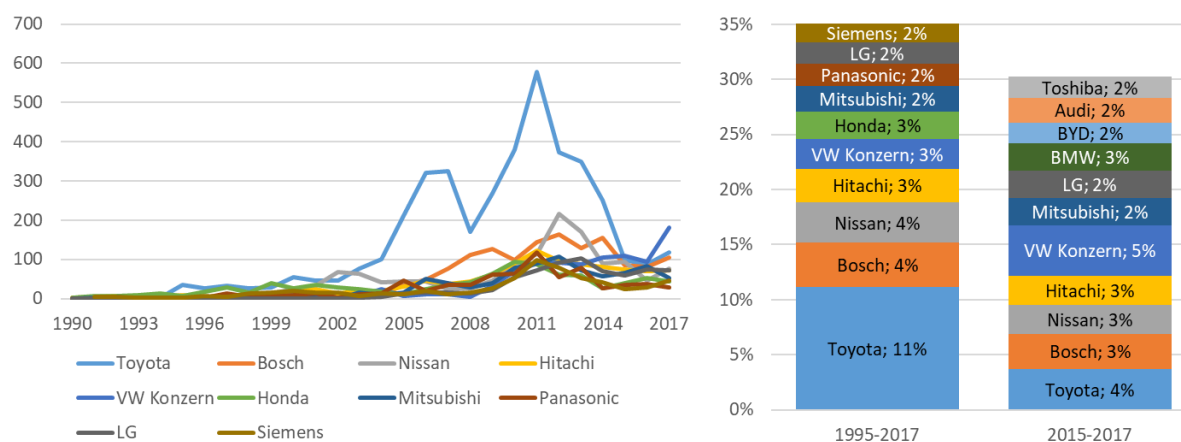
Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Abbildung 10: Alternative Antriebe - Patentanmeldungen nach Firmen

Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Antriebe mit Brennstoffzelle

Im Bereich der Antriebe mit Brennstoffzelle ist Toyota führend mit einem Anteil der Patente im Zeitraum 1990 bis 2017 von 20%. Die Technologieführerschaft fällt somit für diesen Teilbereich noch deutlicher aus als für die alternativen Antriebe allgemein. Der Peak wird bereits im Jahr 2007 erreicht und somit früher als für den Teilbereich Batterie (2011). Bereits seit den frühen 1990er Jahren entwickelt Toyota Brennstoffzellen-Fahrzeuge. Seit 2014 wird der Toyota Mirai in Serie produziert. Der deutliche Rückgang in 2015 könnte möglicherweise mit der strategischen Entscheidung zusammenhängen, anderen Herstellern die Patente zugänglich zu machen, um auf diese Weise einen schnelleren Markthochlauf zu erreichen.²

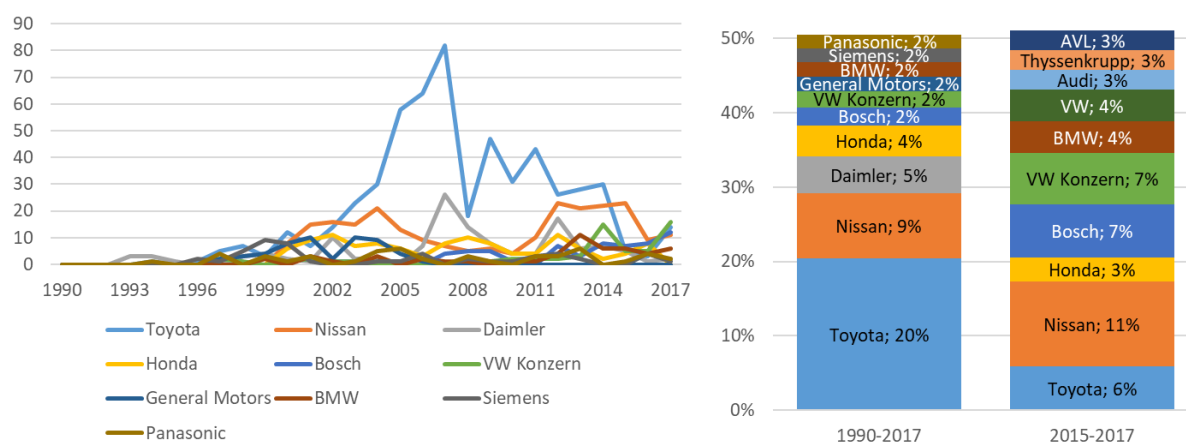
Aufgrund dieses Rückgang fällt der Anteil Toyotas an den Anmeldungen im Zeitraum 2015 bis 2017 mit 6% auch deutlich geringer aus als für den Gesamtzeitraum. Den größten Anteil an den aktuellen Patentanmeldungen hat Nissan mit 11%. Als weiterer japanischer Hersteller ist Honda führend im Bereich der Brennstoffzellen Antriebe.

Mit Blick auf Deutschland ist bezogen auf den Gesamtzeitraum insbesondere Daimler mit 5% der Patentanmeldungen zu nennen, aber auch Bosch, VW Konzern, BMW und Siemens mit jeweils 2%. Im Zeitraum 2015 bis 2017 haben deutsche Firmen noch höhere Anteile an den Anmeldungen: Bosch und VW Konzern jeweils 7%, BMW und VW jeweils 4%, Audi und Thyssenkrupp jeweils 3%.

² <https://global.toyota/en/detail/4663648>

Abbildung 11: Antrieb mit Brennstoffzelle - Patentanmeldungen nach Firmen

Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Antriebe mit Batterie

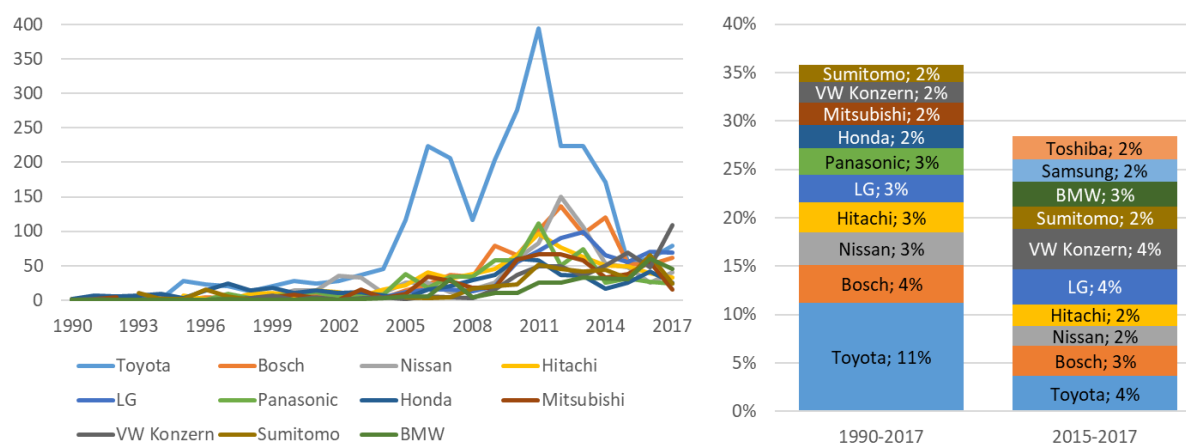
Antriebe mit Batterie decken einen großen Teilbereich der alternativen Antriebe ab (BEV, aber auch PHEV, FCEV benötigen alle einen batterieelektrischen Antrieb). Daher zeigt Abbildung 12 einen ähnlichen Verlauf und Anteile der anmeldestärksten Firmen wie Abbildung 10.

Bei allen Herstellern ist ein starker Anstieg ab ca. 2004 bis 2011/2012 beobachtbar, gefolgt von Stagnation / Rückgang. Besonders deutlich fällt der Rückgang bei Toyota aus. Patentierungsstrategien (weniger transnationale Patente, mehr direkte Anmeldungen bei einzelnen Patentämtern) könnten hier möglicherweise eine Rolle spielen.

Insgesamt sind die Anmeldungen im Teilbereich Batterie weniger konzentriert auf eine kleine Zahl von Firmen als bei Brennstoffzellen (so decken die zehn anmeldestärksten Firmen 36% der Anmeldungen im Zeitraum 1990 bis 2017 ab, beim Teilbereich Brennstoffzelle sind es 50%). Im Zeitraum 2015 bis 2017 fällt die Konzentration auf die zehn anmeldestärksten Firmen mit 28% der Patente sogar noch geringer aus, was zeigt, dass die Aktivität und möglicherweise auch Anzahl der weiteren auf diesem Feld aktiven Firmen zugenommen hat.

Abbildung 12: Antrieb mit Batterie - Patentanmeldungen nach Firmen

Links: Anmeldungen 1990-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 1990-2017 bzw. 2015-2017



Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Tabelle 1: Top 30 Patentanmelder:innen für konventionelle und alternative Antriebe

Rangfolge (erste Spalte) basierend auf transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 1990 bis 2017, Rang basierend auf Anmeldungen im Zeitraum 2015 bis 2017 separat angegeben (Pfeile indizieren die Veränderung des Rangs im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2017)

	konventionelle Antriebe Anmeldungen 1990-2017			Rang 2015- 17	alternative Antriebe Anmeldungen 1990-2017			Rang 2015- 17
1	Bosch	7069		1 -	Toyota	4009		2 ↘
2	Toyota	4608		7 ↘	Bosch	1440		3 ↘
3	VW Konzern	2064		5 ↘	Nissan	1334		5 ↘
4	Siemens	1972		30 ↘	Hitachi	1077		4 -
5	Honda	1883		9 ↘	VW Konzern	967		1 ↗
6	Conti	1825		2 ↗	Honda	914		14 ↘
7	Hitachi	1755		4 ↗	Mitsubishi	839		8 ↘
8	Nissan	1488		12 ↘	Panasonic	720		20 ↘
9	Ford	1444		27 ↘	LG	685		7 ↗
10	Denso	1337		3 ↗	Siemens	630		21 ↘
11	Aptiv	1318		8 ↗	Renault	597		19 ↘
12	Mitsubishi	1288		6 ↗	BMW	580		6 ↗
13	Renault	1081		19 ↘	Aisin	560		29 ↘
14	CAT	1041		13 ↘	ZF	485		17 ↘
15	Daimler	984		29 ↘	Daimler	474		30 ↘
16	Ymh	862		22 ↘	Sumitomo	464		13 ↗
17	Mahle	827		11 ↗	BYD	421		10 ↗
18	BMW	710		18 -	Samsung	417		15 ↗
19	BGW	708		25 ↘	Audi	415		9 ↗
20	VW	685		15 ↗	Toshiba	393		11 ↗
21	PSA	677		16 ↗	Sanyo	343		> 30 ↘
22	Isuzu	581		14 ↗	NTN	318		18 ↗
23	Mann + Hummel	569		28 ↘	PSA	316		> 30 ↘
24	Mazda	502		10 ↗	Schaeffler	306		12 ↗
25	Scania	454		21 ↗	Denso	281		16 ↗
26	Volvo	446		17 ↗	NEC	264		> 30 ↘
27	MAN	444		23 ↗	VW	262		24 ↗
28	Yanmar	383		24 ↘	General Electric	238		> 30 ↘
29	Eaton	363		26 ↗	Volvo	234		25 ↗
30	AVL	354		20 ↗	Valeo	220		26 ↗
					NIO	> 30		22 ↗
					Continental	> 30		23 ↗
					Hyundai Motor Comp.	> 30		27 ↗

Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Tabelle 2: Top 30 Patentanmelder:innen für Brennstoffzelle und Batterie

Rangfolge (erste Spalte) basierend auf transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 1990 bis 2017, Rang basierend auf Anmeldungen im Zeitraum 2015 bis 2017 separat angegeben (Pfeile indizieren die Veränderung des Rangs im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2017)

	Brennstoffzelle			Batterie		
	Anmeldungen 1990-2017		Rang 2015-17	Anmeldungen 1990-2017		Rang 2015-17
1	Toyota	552	1 -	Toyota	2626	2 ↘
2	Nissan	238	5 ↘	Bosch	918	4 ↘
3	Daimler	132	2 ↗	Nissan	788	10 ↘
4	Honda	115	13 ↘	Hitachi	745	8 ↘
5	Bosch	65	8 ↘	LG	658	3 ↘
6	VW Konzern	59	3 ↗	Panasonic	645	15 ↗
7	General Motors	53	4 ↗	Honda	565	13 ↘
8	BMW	52	> 30	Mitsubishi	543	11 ↘
9	Siemens	50	6 ↗	VW Konzern	506	1 ↗
10	Panasonic	49	17 ↘	Sumitomo	412	9 ↗
11	Ford	47	15 ↘	Siemens	399	19 ↘
12	VW	39	12 -	Samsung	396	6 ↗
13	Delphi	38	7 ↗	Renault	356	18 ↘
14	UTC	31	> 30	BMW	334	5 ↗
15	Renault	28	> 30	Sanyo	315	> 30
16	Ballard	27	> 30	Toshiba	315	7 ↗
17	Yamaha	27	> 30	BYD	291	14 ↗
18	Michelin	26	> 30	Aisin	278	> 30
19	Suzuki	23	21 ↘	NEC	264	21 ↘
20	Eberspächer	21	> 30	Audi	243	12 ↗
21	Audi	20	> 30	Denso	192	16 ↗
22	General Electric	20	9 ↗	General Electric	184	> 30
23	Airbus	17	25 ↘	PSA	178	> 30
24	Mitsubishi	17	> 30	Valeo	167	24 -
25	Emitec	15	16 ↗	Johnson Controls	160	28 ↘
26	Denso	14	> 30	Sony	157	> 30
27	Hitachi	14	22 ↗	Daimler	155	> 30
28	PSA	14	26 ↗	Continental	149	17 ↗
29	Thyssenkrupp	14	> 30	Volvo	134	22 ↗
30	AVL	13	30 ↘	Qualcomm	130	23 ↗
				Autonetworks Tec.	108	20 ↗
				NIO	47	25 ↗
				VW	122	26 ↗

Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI

2.2.3 Einordnung

Die Analyse der Patentanmeldungen im Bereich der alternativen Antriebe zeigt einen starken Anstieg von Beginn der 2000er Jahre bis etwa 2011, danach einen leichten Rückgang und einen erneuten Anstieg ab dem Jahr 2016. Die Länderauswertung zeigt dabei, dass der Rückgang nach 2011 vor allem für Japan sehr ausgeprägt ist, die Auswertung der Firmen zeigt das ebenfalls für Toyota. Auch wenn eine ähnliche Dynamik (deutlich abgeschwächter) für andere Länder und Firmen erkennbar ist, sollten die Daten vor diesem Hintergrund mit Vorsicht interpretiert werden. Beispielsweise können auch Änderungen in der Patentierungsstrategie (direkte Anmeldungen an einzelnen Patentämtern statt transnationaler Patente über das PCT-Verfahren) hier eine Rolle spielen. Andere Studien, die internationale Patentfamilien, aber nicht explizit transnationale Patente untersuchen, zeigen beispielsweise eher Stagnation und keinen so deutlichen Rückgang³. Ein direkter Vergleich von Ergebnissen ist jedoch nicht nur aufgrund unterschiedlicher Indikatoren (internationale Patentfamilien versus transnationale Patente), sondern auch wegen abweichender Suchstrategien, die meist nicht transparent gemacht werden, schwierig.

Bei einer breiteren Betrachtung von Technologien, bei der beispielsweise auch grundlegende Entwicklungen im Bereich der Batterien einbezogen werden, spielen China und Korea eine noch stärkere Rolle.⁴ Aber auch beim engeren Fokus auf dem Automobil der vorliegenden Analyse nimmt die Bedeutung Chinas und Koreas am aktuellen Rand des Betrachtungszeitraums zu. Zum Ergebnis, dass China bei den Patentanmeldungen für alternative Antriebe eventuell anders als erwartet nicht ganz vorne mit dabei ist, tragen Patentstrategien bei: Anmeldungen am chinesischen Patentamt sind aufgrund des großen und wachsenden heimischen Markts von höherer Relevanz als transnationale Patente, zumal nur eine Teilmenge der in China entwickelten Technologien auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig sein könnte. Dies muss nicht unbedingt im Widerspruch zu hohen Exporten stehen: Auch in anderen Technologiebereichen (z.B. Photovoltaik) ist zu beobachten, dass China bei Exporten führend ist, und hierbei einen Inflow von Ergebnissen der Innovationsstätigkeit und Technologieentwicklung außerhalb Chinas nutzt.⁵

2.3 Digitalisierung

2.3.1 Suchstrategien

Im Bereich Digitalisierung werden die Patent-Aktivitäten von Ländern und Firmen mit Fokus auf automatisiertem Fahren analysiert. Die untersuchten Technologiebereiche umfassen Komponenten

- zur Erfassung der Fahrzeugumgebung, Datenverarbeitung und -analyse sowie Entscheidungsmechanismen,
- des Fahrzeughandlings, bspw. die Steuerung automatisierter Fahrmanöver,
- der Kommunikationstechnologien zur Datenübertragung, Vernetzung und Kooperation von Fahrzeugen und
- intelligenter Verkehrssysteme und -infrastrukturen.

Dabei werden sowohl die Patente einbezogen, die Konzepte und Lösungen für das vollkommen fahrerlose Fahren liefern, als auch solche, die Technologien des assistierten und (teil-)automatisierten Fahrens beinhalten. Fahrzeugdigitalisierung im Sinne von Entertainmentanwendung sowie die Digitalisierung der Produktion von Fahrzeugen werden nicht betrachtet.

³ vgl. z.B. Auswertung für "Battery packs for automotive applications" auf S. 21 in EPO und OECD / IEA 2020.

⁴ vgl. z.B. Anteile unterschiedlicher Länder an Patentanmeldungen von Batterien für xEV im Zeitraum 2012 bis 2016, S.16 in Thielmann et al. 2018.

⁵ vgl. Iizuka 2015.

Im Bereich des automatisierten Fahrens verschmelzen Technologien und Ansätze aus der klassischen Automobilindustrie mit Informations- und Kommunikationstechnologien, was eine scharfe Abgrenzung der relevanten Patentklassen und Patente erschwert. Im aktuellen Stand der Klassifikationssysteme „International Patent Classification“ (IPC) und "Cooperative Patent Classification" (CPC) existierten teils spezifische Unterklassen mit konkretem Bezug, die für die Analyse ausgewählt und unmittelbar zugeordnet werden konnten. Gleichzeitig müssen oder können Patentklassen hinzugezogen werden, die sich mit den vielen erforderlichen Grundlagentechnologien befassen. Beispiel ist die Datenübertragung oder Bildverarbeitung die auch in anderen Anwendungsfällen zum Einsatz kommen. Hier stellt sich die Frage, in welchem Umfang die Technologien spezifisch für die Anwendung des automatisierten Fahrens entwickelt wurden und bis zu welchem Grad die Patentaktivitäten zur Bewertung der Innovationsfähigkeit eines Landes / eines Unternehmens für den Bereich Automobil / Mobilität aussagekräftig sind. Der Blick in bestehende Auswertungen und Analysen der Patentaktivitäten im Bereich des automatisierten Fahrens⁶ zeigt Unterschiede in den ermittelten Patentzahlen und damit die starke Abhängigkeit der Ergebnisse von den jeweils gewählten Suchstrategien auf. Im Rahmen der vorliegenden Analyse wurde das Prinzip verfolgt, dass Patente aus einem breiten Technologiespektrum stammen können, aber einen deutlichen Bezug zum Anwendungsfall des automatisierten Fahrens beinhalten müssen.

Bei der Entwicklung der Suchstrategie wurde ein iteratives Vorgehen zur Kombination von relevanten IPC/CPC Klassen und entsprechenden Stichworten verfolgt. Dabei wurde zunächst auf Basis vorhandener Suchstrategien aus eigenen Vorarbeiten sowie einer Literatur- und Technologierecherche (bspw. eindeutig relevante Einzelpatente aus DPMA Erfinderaktivitäten⁷), eine Liste passender IPC/CPC Klassen ermittelt und diese mit einem ersten Set an Stichworten verknüpft. Die Ergebnisse mit und ohne Stichworteinschränkungen wurden in einem Stichprobenverfahren miteinander verglichen (Patenttitel und Abstracts) und die Stichworteinschränkungen erweitert (Fälle, in denen Patente von den gewählten Stichworten nicht getroffen wurden) und verfeinert (Fälle, in denen nicht passende Patente getroffen wurden). In einem weiteren Schritt wurde die Suchstrategie gegenüber den Anmeldeaktivitäten von ausgewählten relevanten Playern ohne Einschränkungen hinsichtlich der Patentklassen geprüft und ergänzt.

Die Hinzunahme und der Ausschluss von einzelnen Stichworteinschränkungen änderte teils die absoluten Zahlen an Patentanmeldungen, aber nicht das Verhältnis bzw. die Rangfolge in der Aktivität der patentierenden Firmen / Ländern, in wenigen Fällen verschoben sich die Relationen. Im Folgenden werden die Analysen für zwei Varianten von Stichworteinschränkungen diskutiert, da sich Rückschlüsse auf die Aktivität der Akteure in verschiedenen technologischen Felder ziehen lassen können. Die Auswahl der relevanten IP/CPC-Klassen bleibt gleich, sie ist im Anhang tabellarisch dargestellt.

In der ersten Variante werden die Patente gezählt, deren Titel bzw. Abstracts die Wörter wie car/vehicle/driving in Kombination mit autonomous/V2X/connected enthalten (Suchstrategie 1: autonom/connected). Hier werden nur solche Patente gezählt, die einen eindeutigen Bezug zum Gesamtkonzept des autonomen oder fahrerlosen Fahrens sowie Technologien für die Fahrzeugkommunikation beinhalten. Die zweite Variante stellt eine Erweiterung dar und enthält neben den Ergebnissen der ersten Variante zusätzlich die Patente, in denen die Wörter wie car/vehicle/driving in Kombination mit surrounding/environment/assist* vorkommen (Suchstrategie 2: Suchstrategie 1 + assist*/surrounding). In der zweiten Suchstrategie werden Technologien für das assistierte Fahren,

⁶ Bspw. Zehtabchi 2019; European Patent Office 2018.

⁷ Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA) 2019.

wie bspw. die Umgebungserkennung, hinzugenommen, die teilweise bereits in aktuell zugelassenen Fahrzeugen enthalten sind oder als Vorgänger- oder Einzel-Technologien bezeichnet werden können, also zukünftig auch für autonome Fahrzeuge relevant sein können

2.3.2 Ergebnisse

2.3.2.1 Weltweite Dynamik der Patentanmeldungen

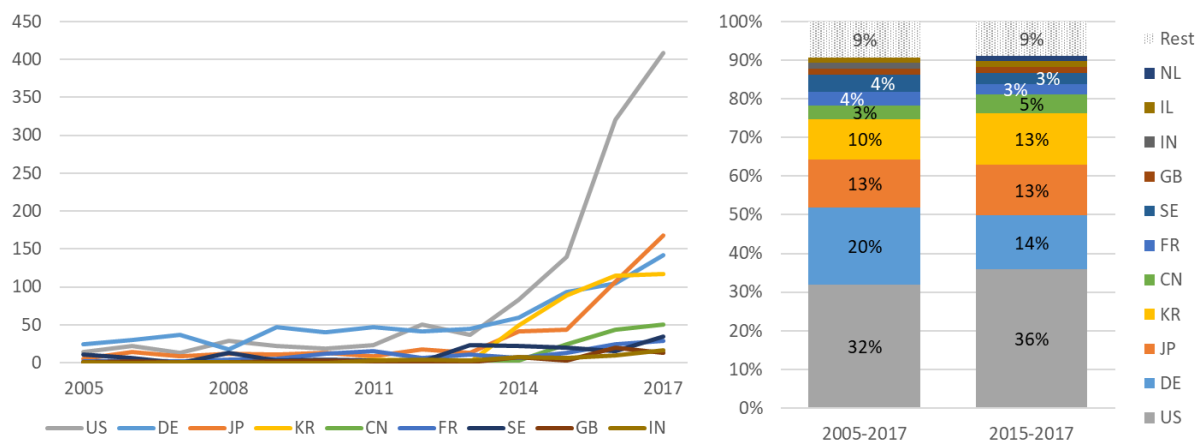
Die Patentanalyse für den Zeitraum 2005 bis 2017 zeigt eine steigende Anzahl von Patentanmeldungen im Bereich des automatisierten Fahrens, wodurch sich Rückschlüsse auf eine erhöhte Innovationstätigkeit ziehen lassen können. Die Ergebnisse der beiden ausgewerteten Suchstrategien folgen dabei grundsätzlich einem ähnlichen Trend mit einem deutlichen Anstieg der Anmeldeaktivitäten ab dem Jahr 2013. Dabei liegen die absoluten Werte von Anmeldungen der Suchstrategie 2 als Erweiterung der Suchstrategie 1 über dieser. Die Patentanmeldungen mit der erweiterten Stichworteinschränkung (Suchstrategie 2) inklusive der Begriffe mit dem Wortstamm „assist“ zeigen schon vor dem Jahr 2013 ein deutlich höheres Niveau auf, das auf diversen Technologien im Bereich der Assistenzsysteme zurückzuführen ist (bspw. Einparksensoren und -assistent). Das Gesamtkonzept autonomes Fahren spielte in Patentanmeldungen vor 2013 eine geringe Rolle. In der jüngsten Vergangenheit ist das Forschungsfeld assistiertes und automatisiertes Fahren deutlich gewachsen und es ist über den Betrachtungszeitraum hinaus mit einer hohen Dynamik zu rechnen.

2.3.2.2 Ergebnisse nach Ländern

Die Auswertung der Patentanmeldungen nach Ländern zeigt die Dominanz von Deutschland, USA und Japan gefolgt von Korea, China und Frankreich. Abbildung 13 stellt die Ergebnisse der Suchstrategie 1 dar. In der linken Grafik sind die Anmeldungen pro Jahr im Zeitverlauf 2005 bis 2017 abgebildet. Die USA führen das Feld spätestens ab 2015 mit deutlichem Abstand an. Es folgen Deutschland, Japan und Korea, wobei Deutschland vor dem allgemeinen Anstieg der Patentanmeldeaktivität ab dem Jahr 2013 mit knapp 50 Patenten jährlich meist aktivstes Land war. Die vier führenden Länder sind in der Summe über den Betrachtungszeitraum 2005 bis 2017 für etwa 75% der angemeldeten Patente verantwortlich (s. linker Balken auf der rechten Seite). Betrachtet man die gesamten Anmeldungen für den Zeitraum 2015 bis 2017 nimmt der Anteil der vier führenden Länder USA, Deutschland, Japan und Korea in Summe leicht zu. Die USA gewinnen an Relevanz und sind für 36% der Anmeldungen im drei-Jahres-Zeitraum verantwortlich, Deutschlands Anteil geht deutlich zurück (von 20% für den Zeitraum 2005 bis 2017 auf 14% für den Zeitraum 2015 bis 2017).

Abbildung 13: Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Ländern, Suchstrategie 1

Links: Anmeldungen 2005-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 2005-2017 bzw. 2015-2017

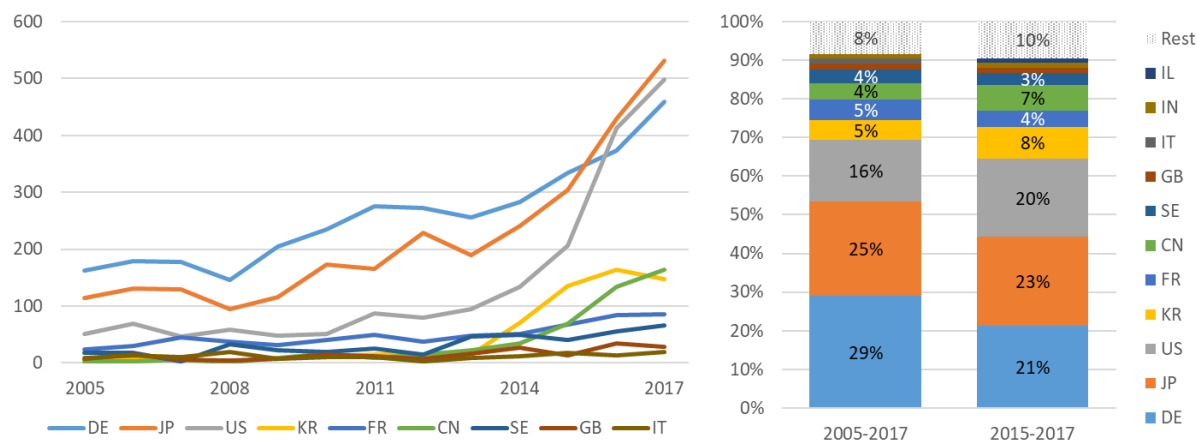


Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Suchstrategie 1 zeigt Abbildung 14 die Ergebnisse für die Suchstrategie 2. Die Position der klassischen Automobilnationen Deutschland und Japan verbessert sich deutlich, wenn die Technologien für Assistenzsysteme hinzugenommen werden. Bis zum Jahr 2015 weist Deutschland die meisten Anmeldungen mit Bezug zum autonomen, automatisierten bzw. assistierten Fahren auf und liegt 2017 kurz hinter Japan und den USA zurück. Es folgen Korea und China mit einer starken Zunahme der Patentanmeldungen von unter 20 jährlich vor 2013 auf knapp 150 (Korea) bzw. über 160 (China) Patentanmeldungen im Jahr 2017. Insgesamt erfasst die Suchstrategie 2 inklusive der Einzeltechnologien zum assistierten Fahren mit etwa 15 000 Anmeldungen deutlich mehr Patente als die Suchstrategie mit Beschränkung auf das autonome Fahren mit etwa 5 000 Anmeldungen. Dabei entfallen im Gesamtzeitraum 29% auf Anmeldungen auf Deutschland und 25% auf Japan. Es folgt die USA mit 16% und Korea mit 5%, sodass die vier Länder, wie auch für die Suchstrategie 1, für 75% der Anmeldungen verantwortlich sind. Es folgen dicht auf Frankreich, China und Schweden mit ebenfalls 5 bzw. 4% der Anmeldungen über den Gesamtzeitraum, wobei die Anmeldungen von Frankreich und Schweden etwas gleichmäßiger über die Jahre verteilt sind und China mit dem steilen Anstieg der Patentanmeldungen ab 2013 eine andere Dynamik aufzeigt. Der Blick auf den aktuellsten drei-Jahres-Zeitraum (rechter Balken auf der rechten Seite) unterstreicht die wachsende Dynamik: Die USA, Korea und China weisen hinsichtlich ihrer Anteile im Vergleich zur Betrachtung des Gesamtzeitraums höhere Werte auf, Deutschlands und Japans Anteile sind geringer.

Abbildung 14: Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Ländern, Suchstrategie 2

Links: Anmeldungen 2005-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 2005-2017 bzw. 2015-2017



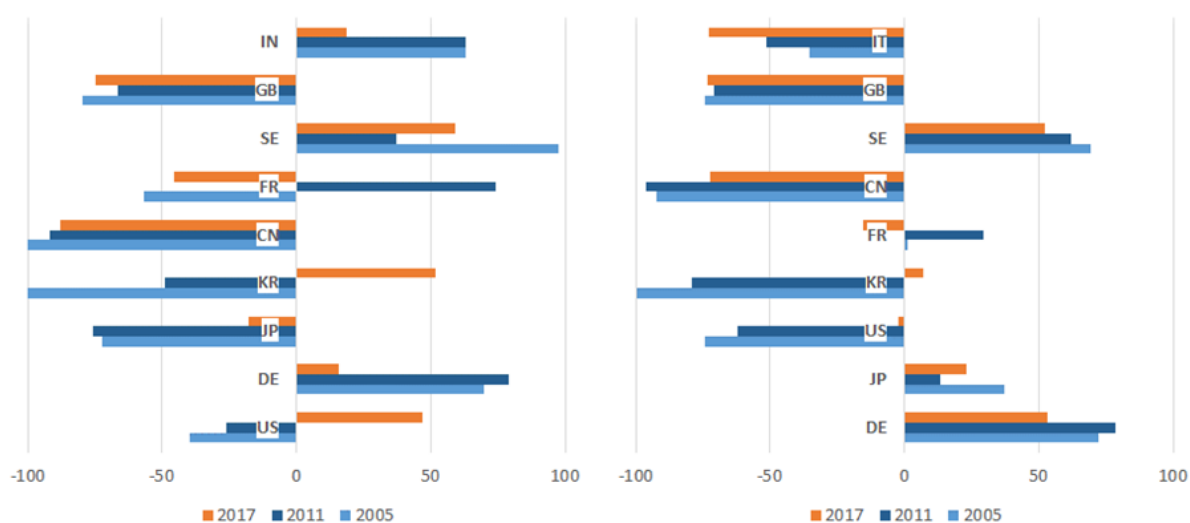
Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

2.3.2.3 Ergebnisse RPA

Auf Basis der absoluten Patentanmeldungen der verschiedenen Länder allgemein und in einem spezifischen Technologiebereich kann der relative Patentanteil (RPA) berechnet werden. Er gibt im vorliegenden Fall an, wie die Länder hinsichtlich ihrer Patentaktivitäten im Bereich assistiertes/automatisiertes Fahren relativ zu ihren sonstigen Patentaktivitäten im globalen Vergleich aufgestellt sind. Abbildung 15 gibt den RPA für die Zeitpunkte 2005, 2011 und 2017 an. Dabei werden die Suchstrategie 1 (links) und Suchstrategie 2 (rechts) gegenübergestellt. Die Reihenfolge der Länder variiert, die jeweils aktivsten Länder im Zeitraum 2005 bis 2017 für die jeweilige Suchstrategie sind von unten (aktivsten) nach oben aufgeführt.

Abbildung 15: Automatisierte Fahrzeuge – RPA nach Ländern, Suchstrategie 1 + 2

Links: Suchstrategie 1, rechts: Suchstrategie 2



Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Die USA, an erster Position für die erste Suchstrategie, an dritter Position für die zweite Suchstrategie, sind sowohl im Jahr 2005 als auch 2011 im Bereich des assistierten/automatisierten Fahrens weniger aktiv als in anderen Technologiefeldern. Im Jahr 2017 befindet sich der RPA für die Suchstrategie 1 deutlich im positiven Bereich, für die zweite Suchstrategie nahe null, also im Durchschnitt der sonstigen Patentaktivitäten der USA im globalen Vergleich. Die Ausprägungen und Veränderungen des RPA korrespondieren mit der starken Rolle der USA im Bereich des Gesamtkonzepts fahrerloses Fahren und dem Anstieg der Patentanmeldungen ab 2013. Für Japan zeigen sich sehr deutliche Unterschiede zwischen den beiden Suchstrategien und heben die Stärke Japans insbesondere im Bereich der Einzeltechnologien des automatisierten Fahrens (Suchstrategie 2) hervor. Dort weist Japan einen positiven RPA für 2005, 2011 und 2017 auf. Der hohe RPA im Jahr 2005 deutet zudem den frühen Einstieg japanischer Patentanmelder:innen in das Technologiefeld an. Für alle Betrachtungszeitpunkte ist der RPA Japans für Patente im Bereich des Gesamtkonzepts fahrerloses Fahren (links) negativ, mit einer Verbesserung im Jahr 2017 im Vergleich zu 2005 und 2011. Auch hier wird die hohe Relevanz des Technologiebereichs insbesondere in der jüngeren Vergangenheit deutlich. Deutschlands große und forschungsintensive Automobilindustrie schlägt sich in den sehr positiven RPA in beiden Suchstrategien nieder. In beiden Fällen zeigt sich ein intensives Engagement in den Jahren 2005 und 2011, also vor dem Wachstum des Technologiebereichs ab 2013. Die relative Anmeldeaktivität Deutschlands fällt im Jahr 2017, wenn auch weiterhin positiv, deutlich hinter den 2005 und 2011 zurück. Eine Vorreiterrolle Deutschlands zeichnet sich bei zunehmender Aktivität in anderen Ländern nicht mehr so deutlich ab.

Wenngleich die prozentualen Anteile von China und Schweden an den absoluten Patentanmeldungen im Bereich des assistierten/automatisierten Fahrens im Betrachtungszeitraum summiert eher klein sind, zeichnet der RPA ein recht homogenes Bild für die Aktivitäten der beiden Länder. China weist für beide Suchstrategien und alle Betrachtungszeitpunkte einen deutlich negativen RPA auf, für die transnationalen Patentanmeldungen spielt China bis zum Jahr 2017 eine untergeordnete Rolle. Gleichzeitig zeigt sich ein Anstieg in den absoluten Anmeldungszahlen, deren Trend sich fortsetzen und damit die Rolle verändern kann. Schwedens RPA hingegen ist trotz der recht kleinen Anteile an den Patentanmeldungen für beide Suchstrategien sehr positiv (meist über 50) und folgt nah Deutschland bzw. übertrifft Deutschlands RPA für 2005 in der Suchstrategie 1 sogar.

2.3.2.4 Ergebnisse nach Firmen

Die Auswertungen der Patentanmeldungen nach Firmen zeigen keine so eindeutige Dominanz von einzelnen Firmen, wie es bei einzelnen Ländern der Fall war. Auch sind die Unterschiede zwischen den Suchstrategie-Varianten bei den Top-Anmelder:innen größer. Dennoch sind in beiden Technologiedefinitionen die Top-10-Anmelder:innen für etwa 40% der angemeldeten Firmenpatente verantwortlich.

Die Ergebnisse für die 11 aktivsten Firmen⁸ zum Gesamtkonzept fahrerloses Fahren (Suchstrategie 1) sind in Abbildung 16 dargestellt. Das Bild ist, wie auch bei der Länderbetrachtung von geringer Aktivität bis 2013 geprägt. Samsung führt das Feld an und zeigt ebenso wie Aptiv (ehem. Delphi⁹) oder BAIDU einen sehr deutlichen Anstieg der Anmeldeaktivitäten in 2013 respektive 2014 bzw. 2015. Auf Samsung entfallen mit den meisten Anmeldungen im Betrachtungszeitraum (8%) und auf Aptiv (5%), es folgen Bosch (4%), der VW Konzern (4%) und ZF (3%). Des Weiteren sind neben Samsung die Firmen BAIDU, LG sowie Waymo als nicht-Automobilkonzerne unter den Top-Anmelder:innen vertreten. Insgesamt machen die 11 aktivsten Firmen knapp 40% aller gezählten Firmenanmeldungen aus. Betrachtet man die Anmeldungen im drei-Jahres-Zeitraum 2015 bis 2017,

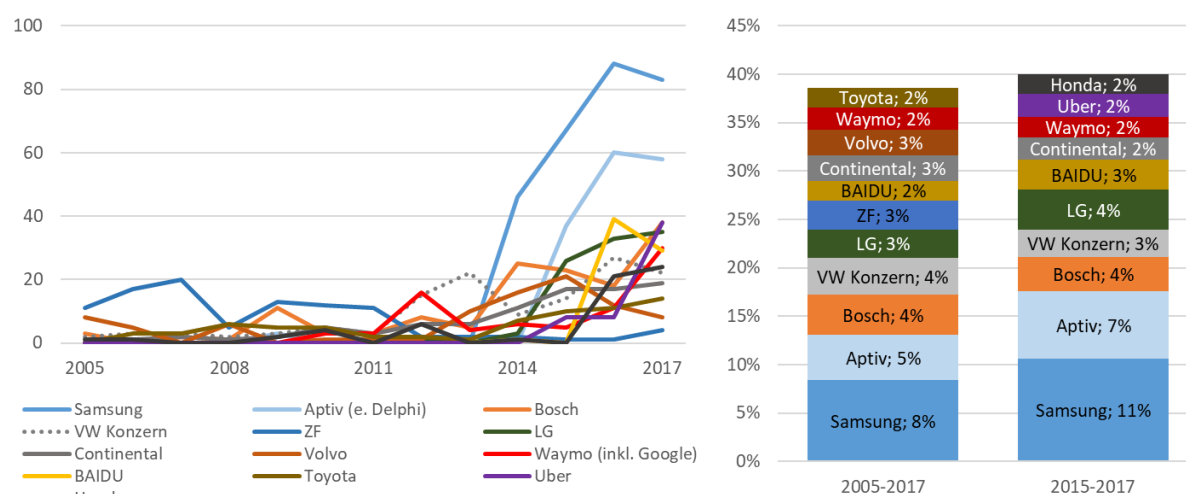
⁸ Aufgrund der Nähe zwischen den Anmeldungszahlen der Positionen 10 und 11 wurden hier beide hinzugenommen

⁹ Aptiv ging aus Delphi hervor, die Patente von Delphi vor der Gründung von Aptiv werden zu Aptiv gezählt.

wird die hohe Aktivität insbesondere von Samsung und Aptiv in der jüngeren Vergangenheit deutlich, die beide anteilig mehr Patente halten als bei der Betrachtung des Gesamtzeitraums. Die übrigen Automobil- und Zuliefererkonzerne sind im Zeitraum 2015 bis 2017 vergleichsweise mit den anderen Firmen weniger aktiv, was durch eher sinkende Anteile deutlich wird. LG und BAIDU weisen bei Betrachtung der Jahre 2015 bis 2017 höhere Anteile aus als für den Gesamtzeitraum, Uber und Honda stoßen neu in die Top 10 vor.

Abbildung 16: Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Firmen, Suchstrategie 1

Links: Anmeldungen 2005-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 2005-2017 bzw. 2015-2017

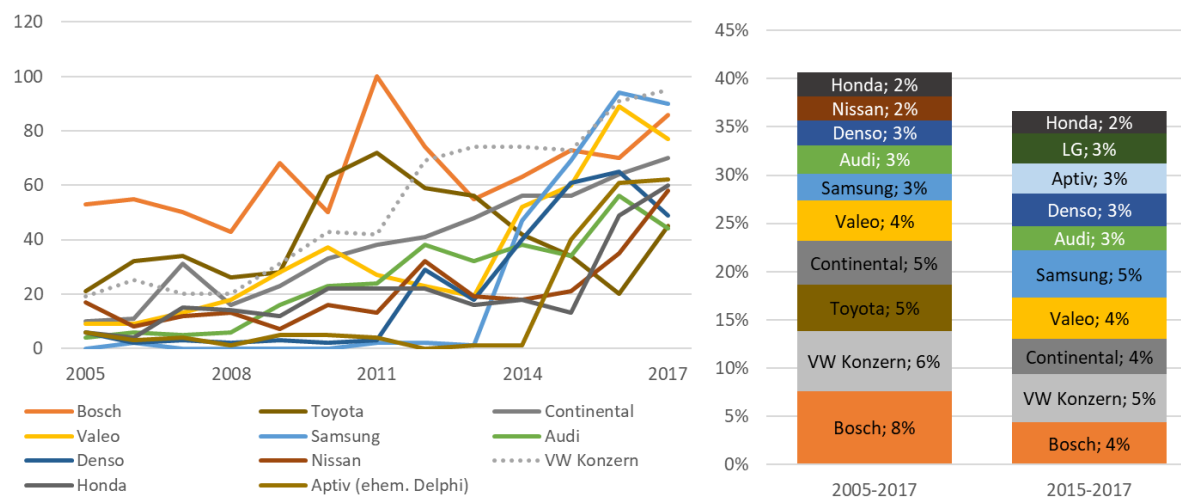


Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Im weiter gefassten Technologiebereich inklusive der Assistenzsysteme und Umfeldsensorik (Suchstrategie 2) dominieren Firmen aus dem Automobilbereich. Diese Beobachtung steht im Einklang zur zunehmenden Relevanz der Automobilnationen in der Auswertung nach Ländern. Die führenden Firmen sind zu großen Teilen in Deutschland bzw. Japan angesiedelt. Entsprechend der Länder-Darstellung zeigt sich auch hier eine höhere Aktivität vor 2013. Bosch zeigt mit 8% der Firmenpatente am meisten Aktivität im Zeitraum von 2005 bis 2017 vor dem VW Konzern (6%). Betrachtet man die Einzelmarken allein, ist kein deutscher OEM unter den Top-5. Unter den Top-Anmelder:innen befinden sich eher die Zulieferer. Auch hier zeigt der Blick auf den drei-Jahres-Zeitraum am jüngsten Rand der Datenreihe, dass die Aktivität verschiedener Firmen im Technologiebereich zugenommen hat. Die Vorreiter aus den früheren 2000er Jahren können ihre Anteile an den gesamten Anmeldungen nicht halten, neue Akteure gewinnen an Relevanz. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Suchstrategie 1, dominieren Firmen aus dem Automobilbereich deutlicher die Top 10, wenngleich auch hier die Anteile abnehmen und wachsende Anteile eher bei Firmen aus IKT / Elektronikbereich sichtbar sind.

Abbildung 17: Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Firmen, Suchstrategie 2

Links: Anmeldungen 2005-2017, rechts: Anteile im Zeitraum 2005-2017 bzw. 2015-2017



Quellen: PATSTAT, Fraunhofer ISI

Die deutschen OEM befinden sich alle unter den Top-30-Anmelder:innen der Suchstrategie 2 für den Zeitraum 2005 bis 2017. Eine Übersicht der Rangfolge ist in Tabelle 3 dargestellt. Neben dem Firmen-Namen sind die sektorale Zugehörigkeit zu einem Wirtschaftszweig, für die Automobilfirmen der Typ (Zulieferer oder OEM), das Gründungsjahr sowie die Gesamtzahl der jeweils angemeldeten Patente im Betrachtungszeitraum angegeben. Der VW Konzern ist an Position zwei zum einen als Summer aller Anmeldungen der Einzelmarken aufgeführt, die Marken folgen auch als Einzelanmelder. Die Top-30-Anmelder:innen decken mit etwa 65% die Mehrheit der Firmenanmeldungen ab. Es ist zu erkennen, dass sich zu großen Teilen Automobilfirmen, sowohl Zulieferer als auch OEM, im Technologiefeld engagieren. Neben ihnen zeigen wenige Akteure aus den Bereichen Elektronik, Software, Kommunikation bzw. Internet hohe Patentanmeldungsaktivität. Die 30 Firmen mit den höchsten Anmeldezahlen im Betrachtungszeitraum sind alle etablierte Firmen, Startups sind nicht vertreten. Die wenigen jungen Firmen mit einem Gründungsjahr nach 2000 sind meist Aufspaltungen wie bspw. Aptiv von Delphi oder Zusammenschlüsse wie bspw. Stellantis. Insbesondere in der jüngeren Vergangenheit ist der Technologiebereich von einer hohen Dynamik in den Aktivitäten der vertretenen Anmelder:innen geprägt. Die letzte Spalte in Tabelle 3 enthält den jeweiligen Rang der Firma gemessen an ihrem Anteil an den angemeldeten Patenten im Zeitraum 2015 - 2017. Die Pfeile geben an, ob die Firma im Zeitraum 2015 - 2017 im Vergleich zum Gesamtzeitraum 2005 - 2017 einen schlechteren (roter Pfeil nach unten) oder besseren Rang (grüner Pfeil nach oben) einnimmt. Die gelisteten Firmen aus den Nicht-Automobil-Bereichen haben sich in ihrer Position in der jüngeren Vergangenheit im Vergleich zum Gesamtzeitraum alle verbessert. Für Firmen aus der Automobilindustrie ergibt sich ein gemischtes Bild, hier verschlechtern sich mehr Firmen in Hinblick auf ihre Position als sich verbessern. Sowohl die Zusammensetzung der Liste als auch die Rangfolge der aktivsten Firmen im Bereich des automatisierten Fahrens kann jährlich weiteren Veränderungen unterliegen.

Tabelle 3: Top 30 Patentanmelder:innen für automatisierte Fahrzeuge (Suchstrategie 2)

Rangfolge (erste Spalte) basierend auf transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 2005 bis 2017, Rang basierend auf Anmeldungen im Zeitraum 2015 bis 2017 separat angegeben (Pfeile indizieren die Veränderung des Rangs im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2017)

Nr	Firma	Sektor	Typ	Gründungs- jahr	Anmeldungen 2005 - 2017	Rang 2015 - 2017
1	Bosch	Mischkonzern	Zulieferer	1886	840	3 ↘
2	VW Konzern	Automobil	OEM	1937	676	1 ↗
3	Toyota	Automobil	OEM	1937	532	14 ↘
4	Continental	Automobil	Zulieferer	1871	497	5 -
5	Valeo	Automobil	Zulieferer	1923	461	4 ↘
6	Audi	Automobil	OEM	1909	326	9 ↘
7	Samsung	Elektronik, Telekommunikation		1938	307	2 ↗
8	Denso	Automobil	Zulieferer	1949	283	6 ↗
9	Honda	Automobil	OEM	1948	273	10 ↘
10	Nissan	Automobil	OEM	1933	269	12 ↘
11	BMW	Automobil	OEM	1916	228	11 -
12	VW	Automobil	OEM	1937	227	16 ↘
13	Hitachi	Elektronik, Maschinenbau		1910	212	13 -
14	Aptiv (Delphi)	Automobil	Zulieferer	2017 (1998)	193	7 ↗
15	Volvo	Automobil	OEM	1927	192	18 ↘
16	LG	Elektronik, Haushaltsgeräte		1958	185	8 ↗
17	Aisin	Automobil	Zulieferer	1949	177	20 ↘
18	ZF	Automobil	Zulieferer	1915	170	> 30 ↘
19	Mitsubishi	Mischkonzern		1870	163	15 ↗
20	Daimler20	Automobil	OEM	1926	133	27 ↘
21	Panasonic	Elektronik, Haushaltsgeräte		1918	130	17 ↗
22	Renault	Automobil	OEM	1898	124	28 ↘
23	Stellantis	Automobil	OEM	2021 (PSA 1976)	117	23 -
24	Jtekt	Automobil	Zulieferer	1935	108	28 ↘
25	Waymo (inkl. Google)	Software		2009	95	21 ↗
26	Autoliv	Automobil	Zulieferer	1953	95	24 ↘
27	Siemens	Mischkonzern		1847	94	26 ↗
28	Ford	Automobil	OEM	1903	90	22 ↗
29	NSK	Automobil	Zulieferer	1916	83	30 ↘
30	Scania	Automobil	OEM	1891	81	> 30 ↘
-	Baidu	Internet		2000		19 ↗
-	Qualcomm	Elektronik, Telekommunikation		1985		25 ↗

Quelle: PATSTAT, Fraunhofer ISI, Firmenwebsites

2.3.3 Einordnung

Die Ergebnisse im Themenfeld Digitalisierung mit Fokus auf automatisiertem Fahren zeigen ein starkes Wachstum der Patentanmeldungen zwischen 2005 und 2017, das insbesondere ab dem Jahr 2013 an Dynamik gewinnt. Die Entwicklung der Patentanmeldungen legt nahe, dass auch in Zukunft mit hoher Aktivität im Technologiebereich gerechnet werden kann. Neben der steigenden Aktivität kann -auch mit einer zunehmenden Veränderung der relevanten Akteure und eine Diversifizierung ihrer Produkt- bzw. Entwicklungsportfolios gerechnet werden. Während zu Beginn des Betrachtungszeitraums noch eher die klassischen Automobil-Player mit Technologien für das teilautomatisierte oder assistierte Fahren eine Rolle spielen, treten in der jüngeren Vergangenheit zunehmend auch Akteure aus anderen Wirtschaftsbereichen als Patentanmelder:innen auf.

Neben dem Vergleich der Aktivitäten in der zeitlichen Dimension liefert der Vergleich der Ergebnisse zwischen den beiden Suchstrategien Erkenntnis über den möglichen Fokus der Akteure. Im Rahmen der ersten Suchstrategie werden die Patente gezählt, die einen klaren Bezug zum Gesamtkonzept autonomes oder fahrerloses sowie vernetztes Fahren haben. Zum einen wird deutlich, dass Akteure aus den USA für die meisten Anmeldungen verantwortlich sind, zum anderen zeigt die Betrachtung auf Firmenebene die Relevanz von Firmen, die nicht aus dem Automobilbereich stammen. Patentierte Technologien haben oft weniger mit der Hardware für Fahrzeugkomponenten zu tun, sondern bewegen sich in Bereichen wie beispielsweise der Datenverarbeitung oder Kommunikation. Im Rahmen der zweiten Suchstrategie werden sowohl die eben angesprochenen Patente gezählt, darüber hinaus aber auch Patente, die sich auf die Umfelderkennung oder Technologien zum assistierten Fahren beziehen. Im Betrachtungszeitraum von 2005 bis 2017 wird in diesem Feld deutlich mehr patentiert und die wichtigen Akteure der Analyse anhand der ersten Suchstrategie sind teilweise nicht mehr unter den Top-Anmelder:innen vertreten. Die meisten Patentanmeldungen kommen von Firmen aus der Automobilindustrie, die kontinuierlicher (auch vor 2013) an der Technologieentwicklung gearbeitet haben. Betrachtet man die Anmeldungen in den einzelnen Jahren lässt sich für die jüngere Vergangenheit keine klare Dominanz einzelner Akteure erkennen. Hier spielen jedoch Firmen aus den neuen Bereichen wie den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) oder der Elektronik eine größere Rolle, als die Betrachtung des Gesamtzeitraums nahelegt.

Technologien, die das automatisierte bzw. autonome Fahren ermöglichen können, sind komplex und müssen Kompetenzen aus verschiedenen Feldern vereinen. Zudem herrscht in diesem recht junge Entwicklungsfeld noch teilweise Unsicherheit darüber, wie ein gesamtes „autonomes Mobilitätssystem“ aussehen wird. Das erschwert das Bilden von Schlussfolgerungen aus der Patentanalyse in zwei Dimensionen.

Erstens existieren im Hinblick auf Patentanalysen verschiedene Definitionen davon, wie und ob das autonome Fahren von seinen Vorstufen des assistierten Fahrens abgegrenzt wird bzw. welche Einzeltechnologien relevant sind. Außerdem stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß das Zählen vielseitig nutzbarer, patentierter Grundlagentechnologien bspw. Kommunikationstechnologien zur Messung der Forschungsaktivität für das automatisierte Fahren geeignet ist. Die Ergebnisse des European Patent Office (EPO)¹⁰ beispielsweise zeigen eine deutlichere Dominanz von Akteuren aus dem IKT und Elektronik Bereich. Dabei legen die Autor:innen teilweise andere Patentklassen zugrunde (bspw. Einbezug Y-Klassen zu smartem Laden von Elektro-Fahrzeugen), nutzen andere Stichworteinschränkungen (nicht näher spezifiziert) und betrachten meist einen kürzeren Zeitraum. Die Summe der europäischen Anmeldungen verzeichnet dabei mit knapp 40% den größten Anteil aller Anmeldungen im Bereich von self-driving vehicle. Die USA folgen mit etwa 34% vor Japan

¹⁰ European Patent Office 2018.

(13%), Korea (7%) und China (3%). Deutschland in der Einzelbetrachtung liegt mit etwa 14% mit deutlichem Abstand hinter den USA und etwas vor Japan. Die Studie ermittelt in Summe mehr Patentanmeldungen als die Suchstrategien der vorliegenden Arbeit. Das kann sich teilweise darauf zurückführen lassen, dass die vorliegende Studie nur die Patente zählt, die einen eindeutigen Bezug zum automatisierten Fahren enthalten und damit Grundlagentechnologien oder ergänzende Technologien aus anderen Sektoren ohne eindeutigen Bezug eher ausschließt. Werden grundlegende Technologien bspw. im Bereich der Kommunikationstechnologien mitgezählt, nehmen IKT Akteure eine größere Rolle im Hinblick auf Patentanmeldungen im Bereich automatisiertes Fahren ein. Ein Working Paper, veröffentlicht vom World Intellectual Property Office¹¹ (WIPO), wendet ebenfalls eine in verschiedenen Aspekten abweichende Suchstrategie an. So werden neben Patenten auch Gebrauchsmuster gezählt, die gewählten Stichwortkombinationen und IPC/CPC-Klassen unterscheiden sich und es werden Anmeldungen an nationalen Patentämtern statt rein transnationaler Patente gezählt. Die Ergebnisse hinsichtlich der Firmenrankings unterscheiden sich dadurch teils deutlich von der vorliegenden Arbeit. Für den Zeitraum von 2010 – 2017 meldet Ford die meisten Patente an, gefolgt von Bosch, Toyota, Daimler und General Motors. Ein abschließender Vergleich der Ergebnisse ist aufgrund der vielen unterschiedlichen Parameter der Suchstrategien schwer. Dennoch lässt sich festhalten, dass die grundlegenden Veränderungen in der Automobilindustrie in den Patentanmeldungen sichtbar werden. Relevante Technologien überschreiten zunehmend die Grenzen des klassischen Automobil- oder Maschinenbaus und umfassen in großem Maße digitale Komponenten sowie auch Technologien außerhalb der Fahrzeuge.

Zweitens sind für das autonome Fahren nicht nur neue Technologien relevant, sondern zunehmend auch Konzepte, die über rein technologische und patentierbare Innovationen hinausgehen. Geschäftsmodelle rund um die Nutzung der generierten Daten autonom fahrender Fahrzeuge und Insassen werden an Relevanz gewinnen, damit können bspw. Plattformunternehmen eine zunehmend große Rolle spielen.

¹¹ Zehtabchi 2019.

3 Analyse der Markenmeldungen

3.1 Einführung

Patente können Aufschluss über Forschungsaktivitäten geben, bilden aber nicht unbedingt die aktuelle Aktivität oder Stärke im Markt ab. Daher werden als weiterer Indikator die Markenmeldungen am European Union Intellectual Property Office (EUIPO), also alle Markenmeldungen für das EU Trademark, gezählt. Die Anmeldungen am EUIPO betreffen den europäischen Markt, wodurch eine stärkere Rolle europäischer Länder zu erwarten ist. Europa ist ein großer Mobilitätsmarkt, der auch als international attraktiv und für Innovationen relevant gewertet werden kann. Insbesondere ist Europa auch für die deutschen Hersteller ein sehr wichtiger Absatzmarkt. So wurden 2019 von knapp 3,5 Mio. exportierten Pkw aus Deutschland 2,15 Mio. (ca. 60%) nach Europa geliefert. Hinzu kommt der Absatz von etwa 1,15 Mio. Fahrzeuge aus inländischer Produktion in Deutschland¹².

Marken können Worte, einzelne Buchstaben oder Zahlen, Bilder und Grafiken oder sogar Tonsequenzen sein. Sie zeichnen sich durch ihre größere Marktnähe aus und enthalten gegenüber Patenten neben Technologien insbesondere auch Dienstleistungen. Gleichzeitig stellt sich, stärker als bei Patenten, die Frage, wie aussagekräftig eine Markenmeldung in Hinblick auf die Innovationsfähigkeit und -fähigkeit ist. Etwa 60% der Anmeldungen haben Innovationcharakter¹³.

Tabelle 4: Zuordnung mobilitätsbezogener Level 5 Kategorien der Markenmeldungen am EUIPO zu Themenbereichen

Level 5 Kategorie	Zuordnung Themenbereich
car	Allgemein
electric vehicle	Alternative Antriebe
battery, electric, for vehicle	
motor, electric, for land vehicle	
charge station for electric vehicle	
supercharger	
drive chain for land vehicle	Konventionelle Antriebe
drive motor for land vehicle	
engine for land vehicle	
transmission for land vehicle	
driverless car	Automatisiertes Fahren
traffic information	
provide drive direction for travel purpose	
car rental	Mobilitätsdienstleistungen
car share service	
passenger transport	
taxi transport	

Quelle: Eigene Zuordnung basierend auf Neuhäusler et al. 2021

¹² Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) 2021b, 2021a.

¹³ Neuhäusler et al. 2021.

Die Analysen beruhen auf einer am Fraunhofer ISI aufgebauten Datenbank, die uns erlaubt die Marken nach ihren Anmelde-Kategorien fein aufgegliedert auszuwerten¹⁴. Dazu wurden jeweils möglichst passende Unterkategorien der Markenmeldungen den im Rahmen der Studie untersuchten Bereiche Fahrzeugantriebe und Digitalisierung sowie den Mobilitätskonzepten¹⁵ zugeordnet. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die gewählten Zuordnungen. Für die Auswertungen ist zu beachten, dass eine Marke mehreren Kategorien zugeordnet werden kann. Jedoch erhöht sich bei der Anmeldung für die Wahl jeder zusätzlichen Kategorie auch der formelle sowie finanzielle Aufwand.

3.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Markenanalyse im Ländervergleich für das Jahr 2005 und das Jahr 2018 dargestellt. Abbildung 18 zeigt die Anzahl der Anmeldungen pro Mobilitäts- bzw. Technologiebereich und Land für das Jahr 2005, Abbildung 19 entsprechend für 2018. Neben den Kategorien die den Bereichen „Alternative Antriebe“, „Konventionelle Antriebe“, „Automatisierung“ und „Mobilitätsdienstleistungen“ zugeordnet sind, ist auch die allgemeinere Kategorie „car“ angegeben.

Im Jahr 2005 zeigt sich die größte Aktivität in Kategorien der konventionellen Antriebe und der Mobilitätsdienstleistungen. In letzterem Bereich werden insbesondere Markenmeldungen mit Zuordnung zu „car rental“ und „taxi“ gezählt, die eher zu den klassischen Formen der Mobilitätsdienstleistungen gehören. Im Bereich der alternativen Antriebe oder der Automatisierung sind einige der Kategorien erst ab einem späteren Zeitpunkt vergeben, daher sind hier keine Anmeldungen angegeben. Im Bereich der alternativen Antriebe lassen sich einige Anmeldungen den Kategorien „electric vehicle“ und „supercharger“ zuordnen. Eine Differenzierung in Teilbereiche elektrifizierter Fahrzeuge ist, wie eben angesprochen, im Jahr 2005 nicht erkennbar.

Akteure aus den Ländern Frankreich, Deutschland und Großbritannien sowie Japan melden im Jahr 2005 die meisten Marken in den betrachteten Kategorien an. Innerhalb der Bereiche sowie über sie hinweg ergibt sich ein recht heterogenes Bild, kein Land dominiert alle Kategorien eines Bereichs. Die Anmeldungen pro Land liegen im Jahr 2005 meist unter 100 oder sogar 50.

Im Jahr 2018 (Abbildung 19) lässt sich eine deutlich höhere Zahl an Markenmeldungen erkennen. Während in Abbildung 18 die Anmeldungen pro Land in fast allen Fällen unter 100 lagen, werden im Jahr 2018 für eine Vielzahl der betrachteten Kategorien mehr als 100 Markenmeldungen pro Land und Jahr gezählt. Obwohl im Vergleich zu den anderen Anmeldekategorien der Bereich „konventionelle Antriebe“ eher weniger Aktivität zeigt, ist die absolute Zahl der Markenmeldungen auch hier im Vergleich zu 2005 leicht gewachsen. Nichtsdestotrotz können die Anmeldungen im Bereich „konventionelle Antriebe“ als deutlich weniger dynamisch und wachsend beschrieben werden als die übrigen Bereiche, insbesondere im direkten Vergleich mit Markenmeldungen im Bereich „alternative Antriebe“. Dort werden insbesondere für die Kategorien „electric vehicle“ sowie „charge station für electric vehicle“ eine Vielzahl von Marken angemeldet. Der Bereich „supercharger“, der 2005 noch eine vergleichsweise hohe Aktivität verzeichnete, fällt hinter den allgemeineren „charge station“ zurück. Auffallend wenige Anmeldungen werden im Bereich „motor, electric for land vehicle“ gezählt. Im Bereich „Automatisierung“ werden die meisten Marken unter der Kategorie „traffic information“ angemeldet, darauf folgen Anmeldungen in der Kategorie „driverless car“. Während die Marken in letzterer Kategorie sehr eindeutig Aktivitäten im Bereich des automatisier-

¹⁴ Neuhäusler et al. 2021.

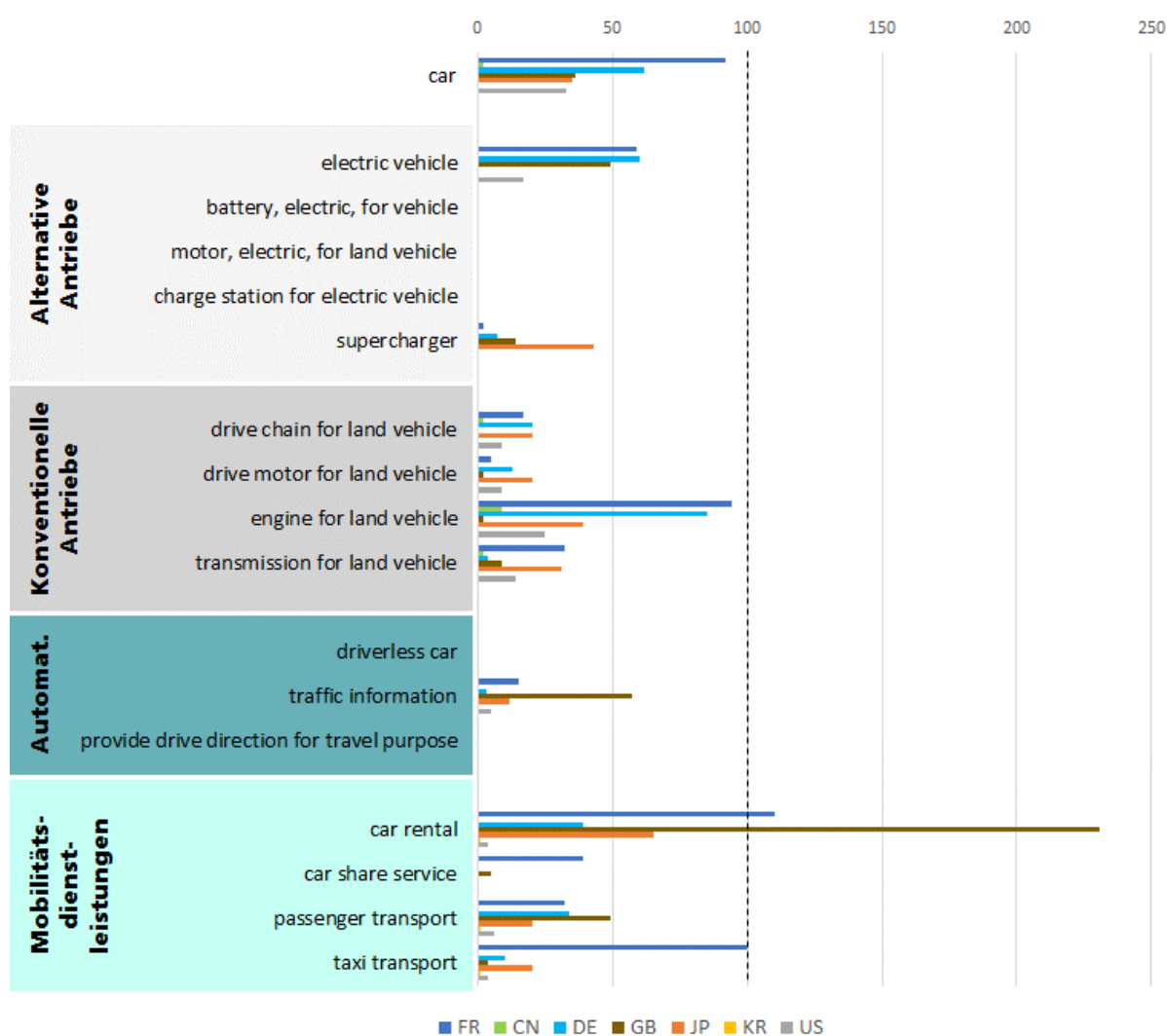
¹⁵ Doll und Krauss 2021.

ten Fahren zugeordnet werden können, sind in der Kategorie „traffic information“ auch Anmeldungen bspw. der Routenplanung denkbar, die einen eher indirekten Bezug zum automatisierten Fahren haben. Im Bereich „Mobilitätsdienstleistungen“ legen die Anmelde-Aktivitäten in allen Kategorien zu, im Vergleich zu 2005 ist die Zahl der Anmeldungen insbesondere im Bereich „car share services“ sowie „passenger transport“ gestiegen.

Frankreich und Deutschland sind weiterhin Herkunft vieler Anmelder:innen. Insbesondere Deutschland zeigt eine hohe Aktivität und dominiert in den Bereichen „Alternative Antriebe“ sowie „Automatisierung“ alle zugeordneten Kategorien. Im Vergleich zu 2005 hat die relative Aktivität japanischer zu den anderen Akteuren deutlich abgenommen. Hingegen können viele Markenmeldungen aus China gezählt werden, die im Jahr 2005 kaum existent waren. Insbesondere in der Kategorie „electric vehicle“ ist China für fast genauso viele Markenmeldungen am EUIPO verantwortlich wie Deutschland.

Abbildung 18: Markenmeldungen EUIPO 2005

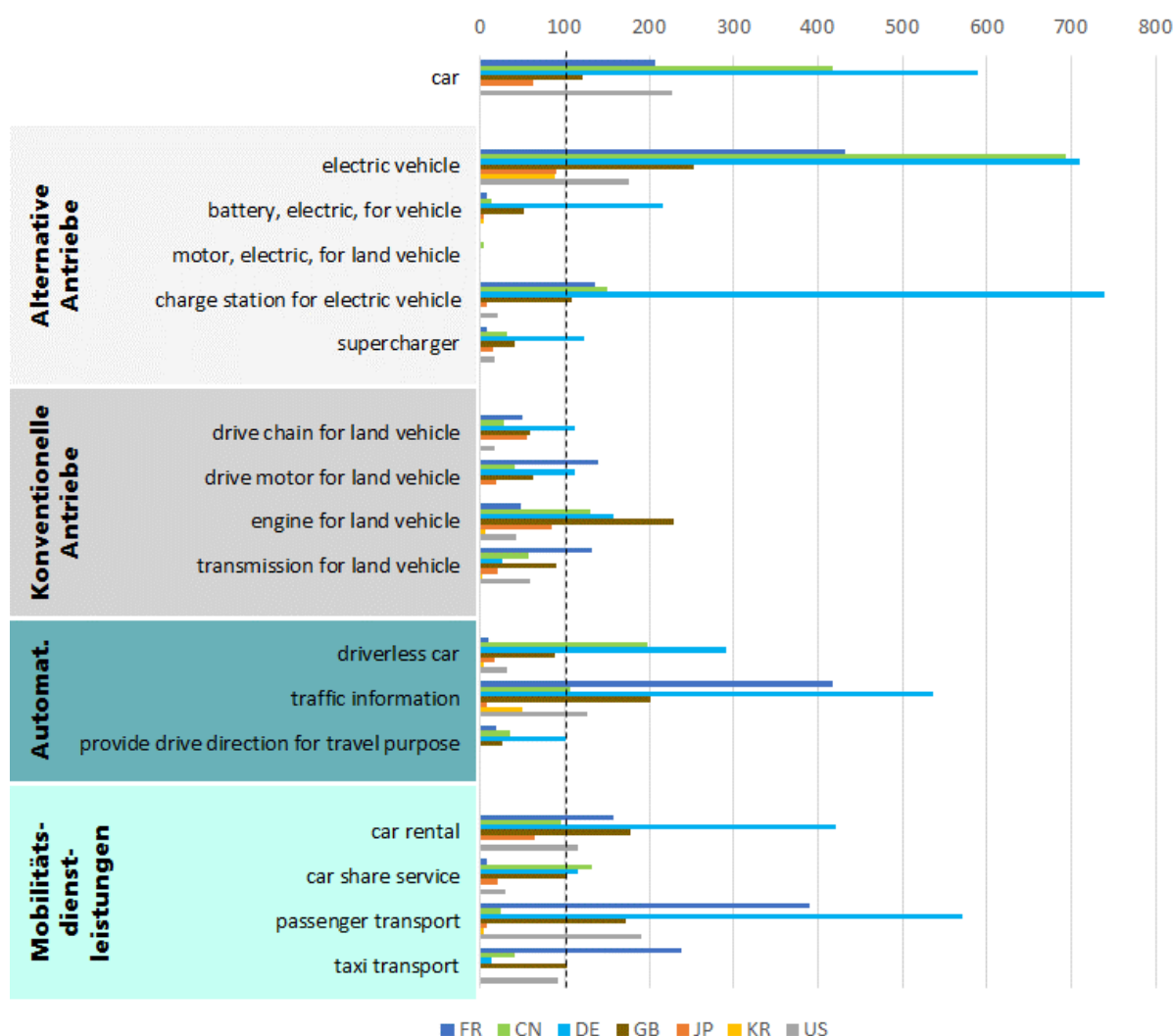
ausgewählte Kategorien, Herkunft der Anmelder



Quelle: EUIPO, Fraunhofer ISI

Abbildung 19: Markenmeldungen EUIPO 2018

ausgewählte Kategorien, Herkunft der Anmeldungen



Quelle: EUIPO, Fraunhofer ISI

3.2.1 Einordnung

Die Markenmeldungen im Bereich der Mobilität bzw. des Automobils zeigen einen deutlichen Zuwachs in den Trendbereichen Elektrifizierung und Digitalisierung zwischen 2005 und 2018. Auch in anderen Bereichen gewinnen Markenmeldungen an Bedeutung: Die Zahl der gesamten Markenmeldungen pro Jahr am EUIPO hat sich zwischen 2005 und 2018 etwas mehr als verdoppelt. Der Vergleich mit der Entwicklung in den ausgewählten Kategorien zeigt, dass im Mobilitäts-/Automobilbereichen eine überdurchschnittlich zunehmende Anmeldeaktivität verzeichnet wird und es sich demnach um ein sehr dynamisches Feld mit hohem Wachstum handelt.

Die Auswahl der relevanten Kategorien umfasst nicht nur technologische Innovationsbereiche, sondern auch Anmeldungen im Bereich von bspw. Dienstleistungen, die ebenfalls eine starke Zunahme verzeichnen. Die geringsten Zuwächse zeigen sich im Bereich der konventionellen Antriebe, trotzdem steigen auch hier die Anmeldungszahlen leicht. Im Jahr 2018 sind insbesondere Deutschland und Frankreich aktiv, als internationaler Akteur tritt China vermehrt über Markenmeldungen in den europäischen Markt ein, während Japans Präsenz im Vergleich zu 2005 abnimmt.

4 Analyse der Absatzzahlen

4.1 Einführung

Neben Patenten und Markenmeldungen werden zur Beurteilung der Innovationstätigkeit des deutschen Automobilsektors im internationalen Vergleich Analysen der Absatzzahlen herangezogen. Dabei wird nach verschiedenen Absatzmärkten, Fahrzeugherstellern und Antriebsarten differenziert. Während das International Council on Clean Transportation (ICCT) europäische Zahlen in den genannten Kategorien in seiner Marktstatistik veröffentlicht¹⁶, existiert keine frei zugängliche Datenbank, die dasselbe auf globaler Ebene leistet.

Hierzu wird die eigene Datenbank des Fraunhofer ISI genutzt. Die Datenbank wurde 2014 vom Fraunhofer ISI entwickelt und wird seitdem jährlich aktualisiert. Die letzte Aktualisierung erfolgte im April 2021. Sie erfasst die Produktion und Absätze von elektrifizierten Fahrzeugen xEV (HEV, PHEV und BEV) nach Fahrzeugmodell, Produktionsstandort, Nachfrage-/ Absatzmarkt, etc. Die Daten sind seit Beginn ab 2004 für HEV, seit 2010 für PHEV / BEV erfasst. Sie werden der kostenpflichtigen Datenbank Marklines¹⁷ entnommen und jeweils mit weiteren Datenbanken, den Veröffentlichungen lokaler Ämter (wie Kraftfahrtbundesamt in Deutschland) und Studien abgeglichen und plausibilisiert, insbesondere mit dem Europäischen Verband der Automobilhersteller¹⁸, dem EV-sales blog¹⁹ und anderen Online-Quellen (z.B. Websites von Automobil-OEMs). Die xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI wurde mit dem European Alternative Fuels Observatory²⁰ abgeglichen und ist in guter Übereinstimmung. Die Datenbank wurde über die Jahre stetig um weitere Faktoren/ Schnittstellen erweitert (z.B. xEV Preise, Reichweite, Verbrauch, Batteriezulieferer, Batteriegröße, etc.).

Die Absatzzahlen elektrifizierter Fahrzeuge (HEV, PHEV, BEV) sowie verbrennungsmotorische Fahrzeuge (ICEV) werden ab dem Jahr 2010 analysiert und in Zeitreihen dargestellt. Auf diese Weise kann sowohl die Relevanz des Verbrennungsmotors als auch neuer Antriebe auf unterschiedlichen Märkten und für unterschiedliche Hersteller nachgezeichnet werden.

Die Auswahl der Absatzmärkte hat zum Ziel zum einen große Märkte und Herstellerländer, aber auch kleinere Länder mit konsequenter Förderung elektrifizierter Antriebe abzubilden. Neben der globalen Entwicklung werden daher folgende Regionen und Länder analysiert:

- EU, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Norwegen
- USA, NAFTA, Restliches Amerika
- Asien, China, Korea, Japan

Für die Analyse der Absatzzahlen nach Fahrzeugherstellern wurden wichtige deutsche, europäische, US-amerikanische, chinesische und japanische Hersteller ausgewählt. So können die Position und Marktanteile deutscher Hersteller im direkten Vergleich zu anderen, internationalen Herstellern aufgezeigt werden. Neben etablierten Herstellern im Bereich der konventionellen Antriebstechnologien wurden explizit auch Hersteller mit einbezogen, die vermehrt auf elektrifizierte Fahrzeuge setzen:

- Deutschland: BMW, Daimler, VW
- Europa: PSA, Renault

¹⁶ https://theicct.org/sites/default/files/publications/European_vehicle_market_statistics_20192020_20191216.pdf

¹⁷ Marklines Co L Automotive Industry Portal <http://www.marklines.com>

¹⁸ European Automobile Manufacturers Association Registration Statistics

¹⁹ EV Sales Blog www.ev-sales.blogspot.com/

²⁰ European Alternative Fuels Observatory www.eafo.eu/

- USA: Ford, Tesla
- Asien: Toyota, SAIC, BYD

Fahrzeuge mit Brennstoffzellen Antrieb wurden nicht explizit untersucht. Die größten Märkte sind hier USA, Japan und zunehmend China. Die größten Hersteller sind Toyota und Hyundai, aber auch Honda.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Anteil der Antriebstypen am Pkw-Absatz nach Herstellern

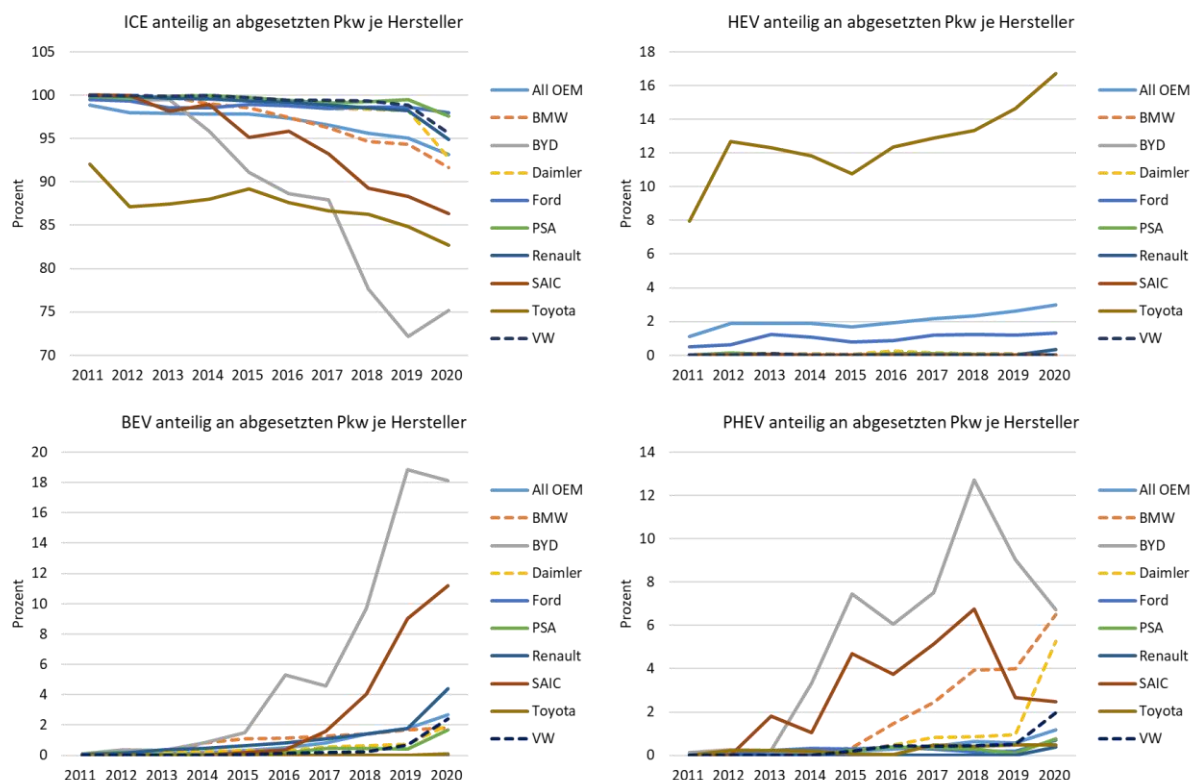
In Abbildung 20 ist für ausgewählte Hersteller der jeweilige Anteil der einzelnen Antriebstypen an ihrem gesamten Pkw Absatz im Zeitraum 2011 bis 2020 dargestellt.

Die Ergebnisse für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICEV, oben links) zeigen, dass deren Bedeutung bei allen Herstellern stark abnimmt. Bei den europäischen Herstellern insbesondere in 2020, bei den betrachteten asiatischen Herstellern bereits früher und deutlicher. Insgesamt dominieren dennoch die verbrennungsmotorischen Antriebe weiterhin den Absatz an Pkw und liegen in 2020 in Summe immer noch bei 93% (Linie all OEM).

Die Darstellung für hybridelektrischen Antrieben (HEV, oben rechts) zeigt insbesondere die herausragende Rolle von Toyota: der Anteil von HEV an den abgesetzten Pkw lag schon in 2011 mit 8% deutlich höher als bei anderen Herstellern und erreichte in 2020 17%. Über alle Hersteller hinweg betrachtet spielen HEV zwar eine zunehmende, aber vergleichsweise geringe (3% an allen abgesetzten Pkw in 2020) Rolle. Zur Interpretation dieser Zahlen sei angemerkt, dass mit dem zunehmenden Aufkommen von „mild-hybrid“ Fahrzeugen die Abgrenzung zu reinen ICEV schwieriger wird. Nicht immer ist durch den Modellnamen erkennbar, ob z.B. 48 V Hybridantriebe verbaut sind oder es sich um reine Verbrenner handelt, weshalb der tatsächliche Anteil verkaufter Hybridfahrzeuge in den diskutierten Zahlen unterschätzt sein könnte.

Der Anteil der batterieelektrischen Fahrzeuge (BEV, unten links) am Fahrzeugabsatz ist insbesondere bei den betrachteten chinesischen Herstellern sehr hoch, mit einem sehr starken Anstieg ab 2016/2017. So lag der Anteil von BEV an den abgesetzten Pkw von SAIC in 2020 bei 11% und von BYD bei 18%. Bei den europäischen Herstellern zeigen die Daten zunächst ein langsames und erst in 2020 ein deutliches Wachstum der Anteile batterieelektrischer Fahrzeuge am Absatz. Dennoch liegen die Anteile in 2020 nur um etwa 2% und lediglich Renault als Hersteller des Zoe erreicht Werte über 4%. Nicht dargestellt ist der vollständig auf batterieelektrische Antriebe setzende US-amerikanische Hersteller Tesla. Für Ford und Toyota spielen BEV hingegen nahezu keine Rolle. In Summe (alle Hersteller) steigt der Anteil von BEV nur langsam und liegt in 2020 bei knapp 3%.

PHEV (unten rechts) verzeichnen insbesondere bei deutschen (BMW, Daimler) und chinesischen (BYD, SAIC) Herstellern nennenswerte Anteile am Fahrzeugabsatz von bis zu 7% in 2020. Bei allen anderen Herstellern sowie in Summe liegen sie bei unter 1%. Bei den chinesischen Herstellern gewann die Technologie bereits früher (ab 2013/2014) an Bedeutung als bei BMW (ab 2016). Daimler verzeichnete erst aktuell eine deutliche Zunahme des Anteils von PHEV an den abgesetzten Pkw von 1% (2019) auf über 5% (2020).

Abbildung 20: Anteil der Antriebstypen am Absatz ausgewählter Hersteller

Quelle: xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI

4.2.2 Marktanteile der Hersteller nach Antriebstypen

Die Marktanteile ausgewählter Hersteller sind in Abbildung 22 differenziert nach Antriebstypen dargestellt für den Zeitraum 2011 bis 2020 dargestellt. Die ersten Jahre der Zeitreihe sollten bei alternativen Antrieben aufgrund der noch geringen Absatzzahlen mit Vorsicht interpretiert werden.

Bei den ICEV (oben links) hat VW unter den dargestellten Herstellern mit 11% bis 12% den größten Marktanteil. BMW und Daimler haben deutlich geringere Marktanteile (2% bis 3%). Insgesamt gibt es relativ wenig Dynamik in den letzten zehn Jahren. Alle Hersteller (bis auf Ford) konnten ihren Marktanteil halten oder leicht steigern.

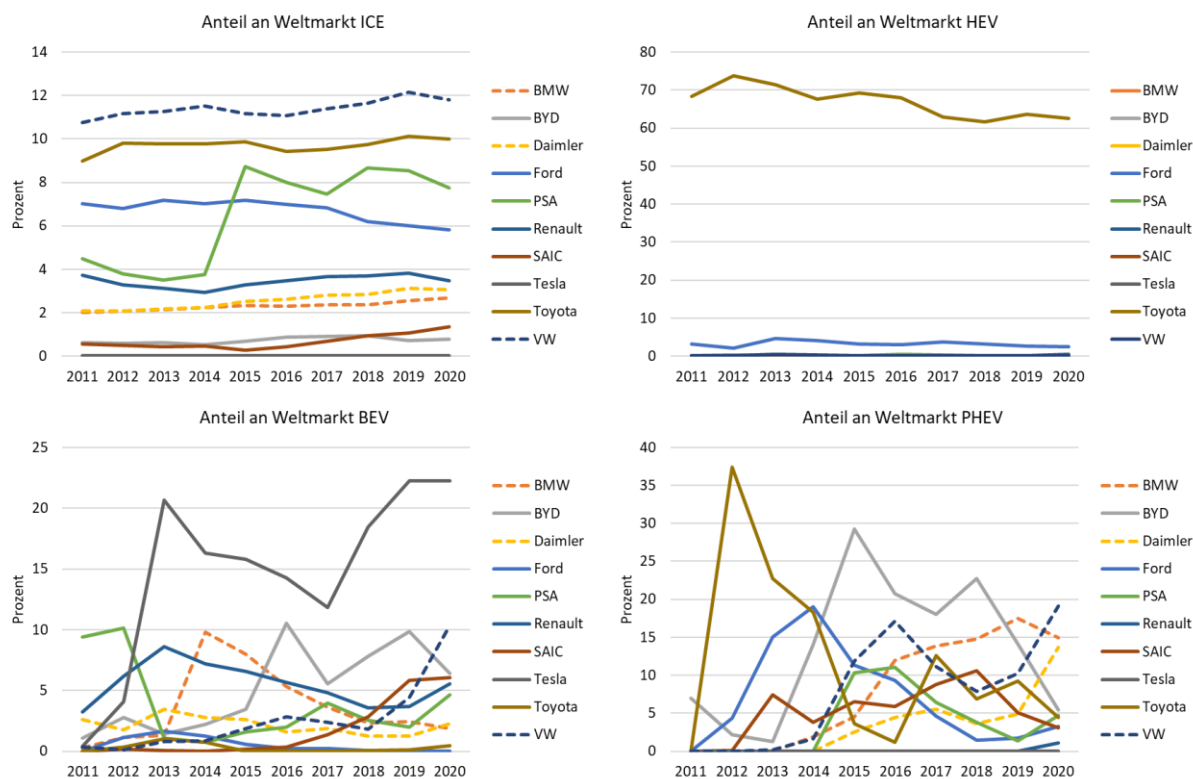
Der Markt für HEV (oben rechts) wird von Toyota dominiert, mit Marktanteilen von zeitweise über 70%, jedoch mit abnehmender Tendenz. Neben Toyota ist noch Ford als Hersteller mit nennenswerten Marktanteilen zwischen 3% und 5% zu nennen. Allerdings sollten die Zahlen wie in Abschnitt 4.2.1 bereits angemerkt mit Vorsicht interpretiert werden.

Tesla ist mit einem Anteil von 22% klarer Marktführer bei den BEV (unten links). VW konnte in den letzten beiden Jahren seinen Marktanteil stark steigern und liegt in 2020 mit 10% nur noch leicht unter seinem Marktanteil bei ICEV. BMW und Renault profitierten möglicherweise zu Beginn von First Mover Effekten (BMW i3, Renault Zoe), konnten ihre Anteile im stark wachsenden Markt jedoch nicht halten. In 2020 lagen die Marktanteile der deutschen Hersteller BMW und Daimler mit 2% für BEV leicht unter denen für ICEV. Die ausgewählten chinesischen Hersteller (BYD, SAIC) haben deutliche Marktanteile von 6% in 2020. SAIC steigt etwas später als die anderen dargestellten Hersteller in den Markt ein und verzeichnet erst ab 2017 nennenswerte und schnell wachsende Anteile.

Bei den PHEV (unten rechts) entfällt in 2020 fast die Hälfte des Weltmarkts auf deutsche Hersteller (VW 19%, Daimler 14%, BMW 15%). Alle deutschen Hersteller verzeichnen bei diesem Antriebstyp somit deutlich höhere Marktanteile als bei ICEV. VW und Daimler konnten sie vor allem zwischen

2019 und 2020 stark steigern. Im Vergleich dazu hat insbesondere der chinesische Hersteller BYD deutliche Marktanteile verloren von 29% in 2015 auf 5% in 2020.

Abbildung 21: Marktanteil der Hersteller nach Antriebstypen



Quelle: xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI

4.2.3 Absatzzahlen verschiedener Antriebstypen nach Regionen

Abbildung 22 zeigt für ausgewählte Länder und Regionen den jeweiligen Anteil der einzelnen Antriebstypen am gesamten Pkw Absatz im Zeitraum 2011 bis 2020. Die gestrichelten Linien beziehen sich jeweils auf die Sekundärachse.

Hierbei wird die abnehmende Bedeutung verbrennungsmotorischer Antriebe (ICEV, oben links) deutlich. Stark ausgeprägt ist dies für Japan mit 80% und insbesondere Norwegen mit nur noch 35% der abgesetzten Pkw in 2020 (jeweils auf Sekundärachse). Die Daten zeigen eine deutlich stärkere Abnahme als zuvor auf den europäischen Märkten (Deutschland, Frankreich, Großbritannien und EU27) in 2020. Dennoch beträgt der Anteil von ICEV am Pkw Absatz in Deutschland auch in 2020 noch 85%.

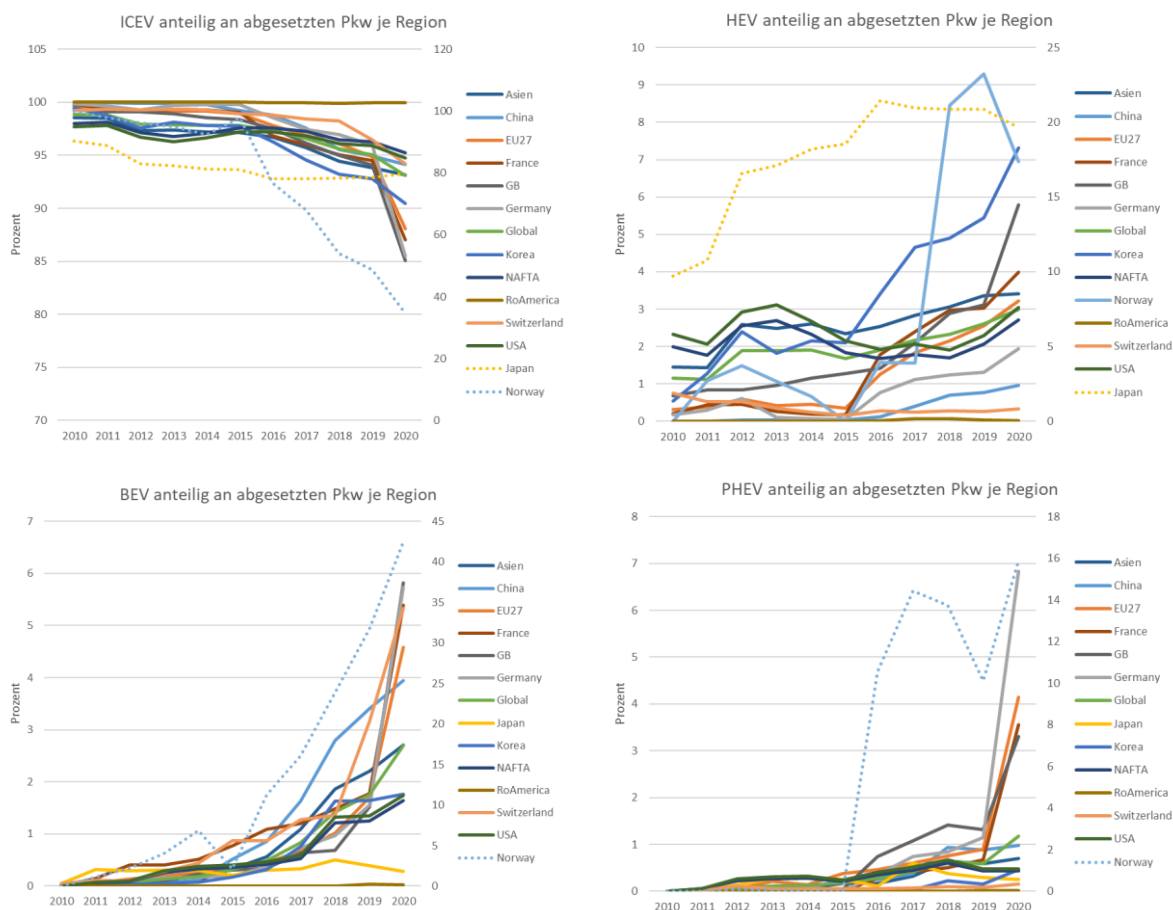
Bei den HEV (oben rechts) sticht Japan mit 20% der abgesetzten Pkw in 2020 (Sekundärachse) deutlich heraus. In größerem Abstand folgen Norwegen und Korea mit jeweils 7% der dort abgesetzten Pkw, sowie Großbritannien mit 6%.

Den größten Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV, unten links) am Pkw-Absatz verzeichnet mit 42% in 2020 Norwegen (Sekundärachse) und damit ein extrem starkes Wachstum in nur 10 Jahren. Die europäischen Länder verzeichnen erst in 2020 einen sehr deutlichen Zuwachs: der Anteil der BEV an allen in EU27 abgesetzten Pkw ist in 2020 mit knapp 5% mehr als dreimal so hoch wie noch in 2019. Damit liegt er erstmals höher als in China, wo BEV nur einen Anteil von etwa 4% der abgesetzten Pkw ausmachen.

Auch bei den PHEV (unten rechts) steht Norwegen (Sekundärachse) an erster Stelle, etwa 16% der dort abgesetzten Pkw haben diese Antriebsform. Deutschland verzeichnet 2020 eine sehr deutliche Dynamik, und steht mit knapp 7% an zweiter Stelle, gefolgt von weiteren europäischen Ländern.

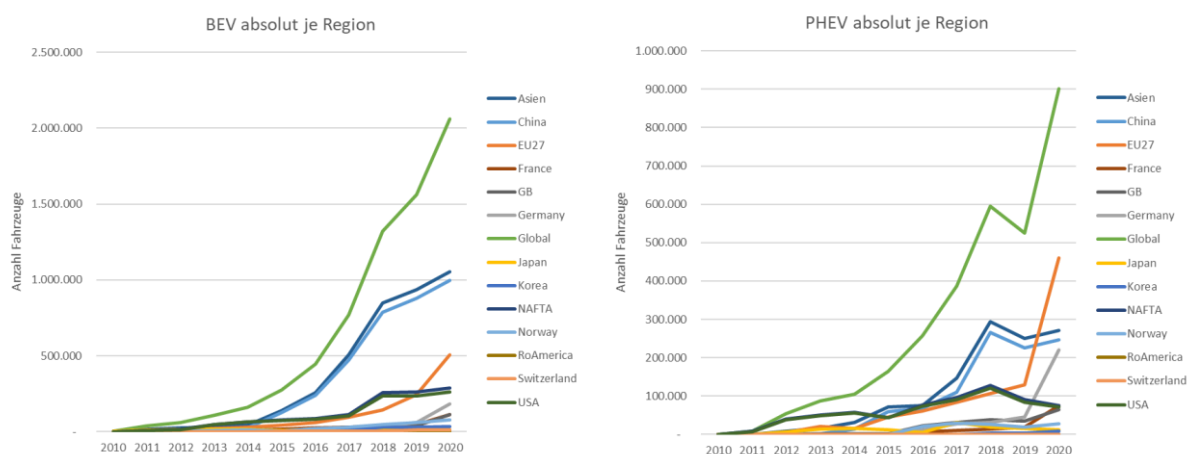
Abbildung 22: Anteil der Antriebstypen am Absatz in ausgewählten Regionen

gestrichelte Linie: Sekundärachse



Quelle: xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI

Abbildung 23: Absatz von BEV und PHEV in ausgewählten Regionen



Quelle: xEV-Datenbank des Fraunhofer ISI

Abbildung 23 zeigt für ausgewählte Länder und Regionen die abgesetzten Fahrzeuge differenziert nach Antriebstechnologien. Da es sich um absolute Zahlen handelt, spielt hier die Marktgröße eine entscheidende Rolle. Sowohl der Absatz von BEV (links) als auch von PHEV (rechts) haben global (grüne Linie) in den letzten zehn Jahren ein extrem starkes Wachstum verzeichnet, insgesamt wurden in 2020 fast 3 Millionen dieser Fahrzeuge verkauft.

Bei den batterieelektrischen Fahrzeugen ist China mit Abstand der größte Markt mit 1 Million abgesetzten Fahrzeugen in 2020 und dies trotz eines nur leicht überdurchschnittlichen Anteils von etwa 4% an den dort abgesetzten Fahrzeugen. An zweiter Stelle folgt die EU mit 510 Tausend abgesetzten BEV in 2020. Das Wachstum dort war zunächst schwächer als in China, in 2020 jedoch stärker. In Deutschland wurden in 2020 etwa 180 Tausend BEV abgesetzt und damit dreimal so viel wie noch in 2019.

Bei den PHEV ist ab 2020 erstmals die EU der größte Markt mit 460 Tausend abgesetzten Fahrzeugen. In 2019 waren es erst 130 Tausend, das Wachstum fiel also noch deutlicher aus als für BEV. In den Jahren vor 2020 war der größte Markt China, wo jedoch in 2020 nur knapp 250 Tausend PHEV abgesetzt wurden.

4.3 Einordnung

Vergleicht man die analysierten Absatzzahlen mit dem Global EV Outlook 2021 der International Energy Agency²¹, so bestätigen sich die getroffenen Einschätzungen.

Die Mehrheit der größten OEMs plant, das Angebot an elektrisch angetriebenen Pkws sowie deren Verkaufszahlen weiter auszubauen. Viele haben bereits angekündigt, bis 2030 den Hauptanteil ihrer Fahrzeugproduktion auf elektrifizierte Antriebe umzustellen (VW), oder streben sogar die vollständige Flottenumstellung an (Volvo, Ford für Europa).

Betrachtet man das Jahr 2020, so sind die Neuzulassungen an EV weltweit gegenüber 2019 um über 40% angestiegen. Diese Marktdynamik im Bereich alternativer Antriebe ist umso bedeutender, da der globale Automobilabsatz einen durch die Pandemie verstärkten Negativtrend aufweist. Dies lässt auf eine zukünftige Fortsetzung des positiven EV Verkaufstrends der letzten Jahre schließen.

Die ersten Daten für 2021 bestätigen dies bereits. So wurde im Juli 2021 in Deutschland mit geringem Verzug das politische Ziel von einer Million E-Autos erreicht. Die BEV Neuzulassungen in Deutschland für die ersten zwei Quartale in 2021 haben sich laut KBA, bezogen auf das Vorjahr, mit Rekordwert verdreifacht und unterstreichen den Wachstumstrend. Zusammengefasst kommen BEV und PHEV von Januar bis Juni 2021 auf etwa 312 Tausend Neuzulassungen auf dem deutschen Markt, was den positiven Absatztrend verdeutlicht. Laut KBA betrug der Gesamtanteil elektrifizierter Antriebe an Neuzulassungen in Deutschland im ersten Halbjahr knapp 23%, und damit fast doppelt so viel wie in 2020²². Und dies trotz langer Lieferzeiten, die den Trend abbremsen.

In 2020 hat Europa basierend auf dem Global EV Outlook erstmals den chinesischen Markt überholt und stellt somit den weltweit größten Markt für EV. Auch basierend auf der Datenbank des Fraunhofer ISI, fallen die Absatzzahlen für EU27, Norwegen und Großbritannien in 2020 in Summe höher aus als in China. Sowohl in Europa als auch in den USA und China stellen BEV den größten Anteil

²¹ IEA 2021

²² https://www.kba.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/pm_31_2021_alternative_Antriebe_07_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=3 Stand 23.07.21.

an EV Neuzulassungen dar, gefolgt von PHEV. Vor allem bei den PHEV geht der Trend hin zu größeren Fahrzeugen²³. Bei einer genaueren Analyse der regionalen Absatzzahlen nach Fahrzeugsegmenten zeigt sich auf dem europäischen Markt ein größeres Wachstum bei elektrisch angetriebenen SUV-Fahrzeugen als auf dem chinesischen Markt. Beide Märkte weisen jedoch die Gemeinsamkeit auf, dass Elektro-SUV den am stärksten wachsenden Marktanteil repräsentieren. Dieser Trend erklärt den Anstieg des globalen EV Durchschnittspreises²⁴. Durch die erwarteten Fortschritte in der Batterietechnologie und der Massenproduktion von EV werden die Verkaufspreise jedoch weiter sinken.

Das Wachstum der Elektromobilität wird in Deutschland durch die angestrebte Verkehrswende und damit einhergehenden neuen Mobilitätsformen unterstützt. Ein aktuelles Beispiel ist hier der städtische Ridepooling Testbetrieb der MOIA GmbH, einer VW-Tochterfirma, mit etwa 500 BEV in Hamburg²⁵. Der Markt für Flottenfahrzeuge hat bisher zwar nur eine geringe Größe, weist aber hohe Wachstumsraten auf.

²³ IEA 2021 S. 23

²⁴ IEA 2021 S. 21

²⁵ https://www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1041.php, Stand 23.07.2021

5 Synthese und Handlungsempfehlungen

5.1 Synthese

5.1.1 Patente

Die Auswertung der transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum 1990 bzw. 2005 bis 2017 zeigt sowohl für Deutschland als auch global eine Stagnation bei konventionellen Antrieben, ein starkes Wachstum bei alternativen Antrieben (Steigerung der weltweiten transnationalen Patentanmeldungen von unter 100 in 1990 auf mehr als 3000 in 2017) und eine deutliche Dynamik im Bereich des automatisierten Fahrens ab 2013 (Steigerung um das 3- bis 7-fache je nach Suchstrategie).

Die klassischen Automobilnationen Japan, Deutschland und USA sind bei allen Antriebstechnologien und bei der Digitalisierung führend. Sie werden gefolgt von Frankreich, Korea und China bei den neueren Feldern alternative Antriebe und Digitalisierung. Im Bereich der konventionellen Antriebe folgen hingegen Frankreich, Italien und Großbritannien. Japan ist bei einer Betrachtung über den gesamten Zeitraum 1990 bis 2017 insbesondere bei den alternativen Antrieben führend, Deutschland holt jedoch auf. Die USA verzeichnen beim Gesamtkonzept autonomen Fahrens mit Fokus auf Konnektivität / Kommunikation die meisten Patentanmeldungen. Bei einer etwas breiteren Betrachtung des automatisierten Fahrens inklusive Assistenzsystemen und Umfelderkennung steht hingegen Deutschland an erster Stelle.

Auch die Top-10 der anmeldestärksten Firmen stammen weitestgehend aus Japan, Deutschland und den USA. Zum größten Teil sind sie dem Automobilbereich (OEM + Zulieferer) zuzuordnen, aber auch die Bereiche Elektronik und Software spielen eine wichtige Rolle. In jüngster Vergangenheit ist insbesondere im Bereich des automatisierten Fahrens eine steigende Aktivität von IKT-Akteuren zu beobachten.

5.1.2 Markenanalyse

Die Zunahme der Markenmeldungen am EUIPO mit Auto/Mobilitäts-Bezug im Zeitraum 2005 bis 2018 ist überdurchschnittlich hoch. Lediglich die Markenmeldungen im Bereich der konventionellen Antriebstechnologien stagnieren in diesem Zeitraum. China, in 2005 noch kaum vertreten, ist in 2018 in manchen Kategorien bereits weit vorne z.B. electric vehicle oder driverless car. Deutschland steht in allen Kategorien von nachhaltiger Antriebstechnologie und von Digitalisierung an erster Stelle. Allerdings ist zu beachten, dass die Anmeldungen am EUIPO ausgewertet werden und daher eine Verzerrung in Richtung auf dem europäischen Markt tätiger Firmen besteht.

5.1.3 Absatzzahlen

Die Analyse der Absatzzahlen nach Antriebstechnologien zeigt für alle Hersteller und Märkte eine abnehmende Bedeutung der verbrennungsmotorischen Antriebe und analog eine zunehmende Bedeutung alternativer Antriebstechnologien.

Der Anteil von BEV am Pkw-Absatz ist (neben Tesla) insbesondere bei chinesischen Herstellern sehr hoch (BYD, SAIC). Die Daten zeigen eine deutlich zunehmende Bedeutung von PHEV bei deutschen Herstellern (BMW, Daimler) und generell ein starkes Wachstum des Anteils alternativer Antriebe am Pkw-Absatz europäischer Hersteller in 2020.

Die Marktanteile der einzelnen Hersteller am internationalen Pkw-Markt bleiben zwischen 2011 und 2020 recht konstant für Pkw mit Verbrennungsantrieb. Im Gegensatz dazu sind die stark wachsenden Märkte für BEV und PHEV noch durch eine hohe Dynamik bei den Marktanteilen der Hersteller

geprägt. Die Marktanteile der deutschen Hersteller für BEV liegen in 2020 nur noch leicht unter denen für ICEV. Insbesondere VW hat hier in den letzten zwei Jahren deutlich Marktanteile hinzugewonnen, wohingegen die Marktanteile von Daimler stagnieren und von BMW rückläufig sind. Bei den PHEV liegen die Marktanteile der deutschen Hersteller mit insgesamt fast 50% deutlich über denen für Verbrenner.

Die größten relativen Marktanteile haben alternative Antriebstechnologien in Norwegen. In 2020 liegen die Marktanteile von alternativen Antrieben in Europa erstmals höher als in China. Für BEV ist China absolut gesehen der größte Markt, gefolgt von Europa. Für PHEV gilt die umgekehrte Reihenfolge.

5.1.4 Gesamtbild

Die Bedeutung konventioneller Antriebe nimmt ab, die von alternativen Antrieben und automatisiertem Fahren nimmt zu. Alle Indikatoren zeigen diese Dynamik, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Sie trifft somit sowohl für die Technologieentwicklung als auch für das Geschehen am Markt zu.

Japan, Deutschland und USA als klassische Automobilnationen sind, gemessen an ihren transnationalen Patentanmeldungen, führend in der Technologieentwicklung. Die Bedeutung von China (und in geringerem Maße Korea) nimmt für die alternativen Antriebstechnologien und die Digitalisierung jedoch zu.

Noch deutlicher wird das bei einer Betrachtung der marktnäheren Indikatoren. Die Analyse der Markenmeldungen am EUIPO zeigt (neben Deutschland, Frankreich und Großbritannien als europäische Länder) eine besondere Aktivität von China als nicht europäisches Land, wohingegen Japan und USA weniger stark vertreten sind. Auch beim Absatz alternativer Antriebe war China als größter Markt lange Zeit führend und wurde erst in 2020 von der EU abgelöst. In Japan und den USA spielen PHEV und BEV als alternative Antriebe nur eine geringe Rolle. BYD und SAIC aus China zählen zu den Herstellern mit den höchsten Anteilen alternativer Antriebe gemessen an ihrem Absatz. Die Rangfolge und Anteile der einzelnen Hersteller an den schnell wachsenden Märkten für BEV und PHEV ist noch durch eine hohe Dynamik geprägt. Eine Ausnahme bildet Tesla als klarer Marktführer bei BEV.

5.1.5 Blick auf Deutschland

Deutschland spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung alternativer Antriebstechnologien. So steigen die Patentanmeldungen aus Deutschland zunächst bis 2011 und dann wieder ab 2016 deutlich an. Im aktuellsten betrachteten Jahr, 2017, steht Deutschland sogar an erster Stelle bei den absoluten Patentanmeldungen und weist im Ländervergleich den höchsten RPA aus. Auf Herstellererebene sind sowohl Zulieferer (insbesondere Bosch) als auch OEM (insbesondere VW) bedeutend.

Die Markenmeldungen aus Deutschland im Bereich alternativer Antriebstechnologien nahmen zwischen 2005 und 2018 deutlich zu. Der Absatz von BEV und PHEV in Deutschland ist im Jahr 2020 stark angestiegen und erste Daten aus 2021 zeigen, dass sich dieser Trend nochmals deutlich verstärkt hat. PHEV machten dabei mehr als die Hälfte des Absatzes aus und verzeichnen besonders hohe Wachstumsraten. Der Anteil von BEV am gesamten Absatz in Deutschland betrug im Jahr 2020 unter 8% und war damit deutlich geringer als z.B. in Norwegen oder den Niederlanden.

Die durch die Patentanalyse nahegelegte Technologieführerschaft Deutschlands ist bei Betrachtung der Anteile von BEV am Absatz deutscher Hersteller nicht sichtbar. Hier bewegen sich VW, Daimler und BMW im unterdurchschnittlichen Bereich. Die PHEV spielen für die deutschen Hersteller BMW und Daimler hingegen eine wichtige Rolle für ihren Pkw-Absatz. Die Marktanteile der deutschen

Hersteller liegen für BEV noch leicht unter denen für ICEV, für PHEV sogar deutlich darüber. VW konnte seine Anteile im Jahr 2020 sowohl für BEV als auch für PHEV stark steigern und überholte die chinesischen Hersteller BYD und SAIC. BMW und Daimler nehmen hingegen nur im Bereich der PHEV eine führende Rolle ein, bei den BEV verzeichnen sie stagnierende (Daimler) bzw. rückläufige (BMW) Marktanteile.

Im Bereich des assistierten und automatisierten Fahrens weist Deutschland im Zeitraum 2005 bis 2017 die meisten Patentanmeldungen auf und auch bzgl. Spezialisierung (RPA im Ländervergleich) steht es an erster Stelle. Bei einem Fokus auf die aktuelleren Jahre fällt Deutschland jedoch hinter Japan und die USA zurück und auch der über die Zeit abnehmende RPA zeigt, dass hier andere Länder zunehmend wichtiger werden. Bei Betrachtung der Patentanmeldungen mit Fokus auf das Gesamtkonzept autonomes Fahren sowie Konnektivität / Kommunikation, ist der Rückstand sowohl für den Gesamtzeitraum wie auch die jüngere Vergangenheit noch deutlicher. Die Aktivität deutscher Akteure verteilt sich sowohl auf OEM als auch Zulieferer. Bosch, der VW Konzern sowie Continental sind für beide Technologiebetrachtungen sowie beide Zeiträume in den Top-10 vertreten. Bei den Markenmeldungen am EUIPO im Bereich des automatisierten Fahrens ist D führend.

Tabelle 5: Zusammenfassung der analysierten Indikatoren für Deutschland

Indikator	Alternative Antriebstechnologien	Digitalisierung
Patente	deutliche Dynamik bis 2011 und ab 2016, führend in 2017 in 2017 höchster RPA im Ländervergleich und höher als bei konventionellen Antrieben Zulieferer + OEM bedeutend	im Bereich erweiterten Bereich assistiertes und automatisiertes Fahren steht Deutschland an erster Stelle bei den Anmeldungen (Gesamtzeitraum, in den letzten Jahren von Japan, USA überholt) im Teilbereich Gesamtkonzept und Konnektivität / Kommunikation Deutschland im deutlichen Rückstand zu USA höchster RPA im Ländervergleich, jedoch abnehmend
Marken	große Dynamik zwischen 2005 und 2018	Deutschland führend
Absatz	Markt in Deutschland: hohes Wachstum in 2020 und 2021, Marktanteile von BEV und PHEV in 2020 mit 5% bzw. 7% überdurchschnittlich im internationalen Vergleich Anteil BEV an Pkw-Absatz deutscher Hersteller unterdurchschnittlich, PHEV überdurchschnittlich Marktanteile deutscher Hersteller bei BEV ähnlich hoch wie bei ICEV, bei PHEV deutlich höher (führend)	Nicht untersucht

Quelle: Fraunhofer ISI

5.2 Handlungsfelder

Fokus der vorliegenden Studie ist die Bewertung der Innovationstätigkeit der deutschen Automobilindustrie in den Bereichen nachhaltige Antriebstechnologien und Digitalisierung. Hierbei steht die Analyse der technologischen Entwicklung anhand der Indikatoren Patentanmeldungen, Markenmeldungen sowie der Märkte auf Basis von Absatzzahlen im Vordergrund. Es werden sowohl Vergleiche über die Zeit als auch über Länder bzw. Hersteller angestellt. Im Folgenden werden Bedarfe in unterschiedlichen Handlungsfeldern aufgezeigt, auf denen Empfehlungen für Politik und Unternehmen aufbauen.

Alternative Antriebstechnologien

Insgesamt ist die deutsche Automobilindustrie im Bereich alternative Antriebstechnologien im internationalen Vergleich gut aufgestellt. Insbesondere im Bereich der Technologieentwicklung, gemessen an den Patentanmeldungen, nimmt Deutschland zunehmend eine führende Rolle ein. Am aktuellen Rand der Patentanalyse, 2017, kann Deutschland sogar die meisten Anmeldungen auf Länder- und Herstellerebene (VW) vorweisen. Allerdings handelt es sich um ein dynamisches Feld, die Bedeutung neuer Akteure sowohl auf der Herstellerebene wie auch auf Länderebene nimmt zu. Es bedarf somit seitens der deutschen Automobilindustrie **einer Verstärkung der Anstrengungen** unterstützt durch Förderprogramme, Kooperation mit der Wissenschaft, Netzwerke etc., um die führende Rolle zu behalten.

Bei den konventionellen Antrieben hat die deutsche Automobilindustrie von einem starken Netzwerk zwischen spezialisierten Zulieferern und OEM profitiert. Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, sollten deutsche Unternehmen möglichst an **allen zentralen Wertschöpfungsstufen der alternativen Antriebe aktiv beteiligt sein**. Dies umfasst insbesondere Batterien, Elektromotoren und Leistungselektronik. Wichtige Handlungsfelder sind daher die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Batterien sowie die Ansiedlung einer Batteriezellproduktion. Es sollten zudem Strategien entwickelt werden, um zukünftig Lieferengpässe im Bereich der Chips und Halbleiter zu vermeiden, da sie in der Wertschöpfungskette alternativer Antriebstechnologien und automatisierter Fahrzeuge eine zentrale Rolle spielen. Dies betrifft kurz- und mittelfristig das Supply-Chain-Management der Unternehmen. Längerfristig tragen die Stärkung und der Ausbau europäischer Kompetenzen im Bereich der Mikroelektronik zur Diversifizierung der Lieferketten bei. Existierende politische Förderprogramme auf nationaler²⁶ und europäischer Ebene²⁷ sollten daher weitergeführt werden.

Als positives Beispiel ist in Bezug auf die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Batterieentwicklung das 2018 vom BMBF aufgesetzte "Dachkonzept Forschungsfabrik Batterien" zu nennen. Der Austausch von Unternehmen untereinander, sowie der Wissenstransfer und die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft wirken sich positiv auf die Innovationskraft aus. Die Inhalte sind dabei anwendungsorientiert aber durchaus breit angelegt und umfassen beispielsweise auch Circular Economy Ansätze.

Diese eher forschungsintensiven Aktivitäten sind eng verzahnt mit öffentlich (u.a. vom BMWi) geförderten Projekten zur Etablierung einer Massenproduktion von Batteriezellen in Europa und Deutschland²⁸. Ein zügiger Aufbau einer europäischen Batteriezellproduktion trägt dazu bei, den schnell und starksteigenden Bedarf an Batterien zu decken, welche für die Dekarbonisierung (nicht

²⁶ BMBF Mikroelektronik. Vertrauenswürdig und nachhaltig. Für Deutschland und Europa. Rahmenprogramm der Bundesregierung für Forschung und Innovation 2021-2024, Bonn, 2020.

²⁷ IPCEI on Microelectronics <https://www.ipcei-me.eu/what-is/>

²⁸ <https://www.ipcei-batteries.eu/>

nur des Verkehrs) eine zentrale Rolle spielen. Neben bestehenden Strategien wie Diversifikation der Lieferanten und strategischen Partnerschaften, können die Risiken in der Lieferkette reduziert werden. Eine europäische Batteriezellproduktion schafft Möglichkeiten für die Diversifizierung der Produkte und ist mit der Batterie als einem zentralen Element des elektrischen Antriebsstrangs von großer Bedeutung für den Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilhersteller im Bereich der alternativen Antriebe. Die Ansiedlung einer Batteriezellproduktion schafft Wertschöpfung und Arbeitsplätze und wirkt sich auch positiv auf vorgelagerte und angrenzende Bereiche der Wertschöpfungskette aus.²⁹

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld ergibt sich aus dem ökologischen Ziel der Dekarbonisierung. Bei der Frage, welche Antriebstechnologien hierfür geeignet sind, muss das gesamte Energiesystem betrachtet werden. In anderen Nachfragebereichen, etwa bestimmten Prozessen in der Industrie oder auch andere Bereiche im Verkehr wie dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr, gibt es kaum Alternativen zu Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen. Vor diesem Hintergrund sollte im Pkw-Verkehr weitestgehend auf direkte Elektrifizierung gesetzt werden, begleitet von einer zügigen Dekarbonisierung der Energiebereitstellung³⁰. Die **Etablierung von BEV am Markt** ist nicht nur aus dieser ökologischen Perspektive, sondern auch aus der ökonomischen Perspektive der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Hersteller heraus wichtig. Dekarbonisierung ist ein internationales Ziel und die Absatzzahlen alternativer Antriebe steigen weltweit.

Der starke Anstieg des Absatzes von BEV und PHEV in Deutschland, der zeitgleich mit der Erhöhung der Kaufprämien im Jahr 2020 erfolgte, legt nahe, dass die **Förderpolitik** greift. Sie sollte zunächst fortgesetzt, zukünftig allerdings immer wieder bezüglich ihrer Notwendigkeit kritisch reflektiert werden, da BEV und PHEV in wenigen Jahren auch ohne Förderung konkurrenzfähig sein werden. Die Transformation zur Elektromobilität erfordert den zügigen **Aufbau von öffentlicher, halböffentlicher und privater Ladeinfrastruktur**. Der vom Bund gemeinsam mit Autoindustrie, Energiewirtschaft, Ländern und Kommunen entwickelte "Masterplan Ladeinfrastruktur" (BMVI, 2019), dessen Breitenwirkung sich erst noch entfalten muss, enthält zahlreiche Maßnahmen zur Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen sowie zur Finanzierung und Koordinierung des Aufbaus, deren Umsetzung fortgesetzt werden sollte.

Problematisch ist der Schwerpunkt bei PHEV sowohl bei der Nachfrage in Deutschland als auch beim weltweiten Absatz der deutschen Hersteller. PHEV erlauben den Herstellern, weiterhin auch den verbrennungsmotorischen Antriebsstrang in den Fahrzeugen zu verbauen und somit traditionelle Wertschöpfungsketten zu erhalten. Letztlich handelt es sich jedoch um eine Übergangstechnologie. Für den begrenzten Zeitraum eines sinnvollen Einsatzes von **PHEV als Übergangstechnologie** sind aus einer ökologischen Perspektive heraus die Anreize für den Anteil elektrischen Fahrens schnell zu erhöhen.³¹ Gleichzeitig muss mittelfristig die **Schwerpunktsetzung in Richtung BEV** verlagert werden.

Es ist nicht untypisch, dass neue Technologien häufig zunächst im oberen Preissegment zum Einsatz kommen. Große Fahrzeuge und große Batterien sind jedoch ökologisch wenig sinnvoll und die generierten Reichweiten übersteigen oftmals die tatsächlich notwendigen Bedürfnisse von Nutzern. Marktdurchdringung und Kostensenkung sollten daher auch für die Elektrifizierung anderer Fahrzeugsegmente genutzt werden und die deutschen Hersteller sollten zumindest aus einer ökologischen Zielsetzung heraus ihr Produktportfolio auch nach "unten" ausweiten. Die Politik sollte Instrumente entwickeln, mit denen insbesondere die Nutzung **kleiner und effizienter Fahrzeuge**

²⁹ Thielmann et al. 2020; Hettesheimer et al. 2018.

³⁰ vgl. auch Wietschel et al. 2021.

³¹ PHEV werden häufig als Dienstwagen beschafft und profitieren hier sowohl von vergünstigten Anschaffungskosten als auch von vergünstigter Besteuerung. Es fehlt jedoch an einer Anreizsetzung für das elektrische Fahren.

sowie von Sharingansätzen gefördert wird, um einen Beitrag zur Erreichung der Emissionsziele zu leisten. Um den Konsumenten die "Reichweitenangst" zu nehmen, sollten **Innovationen im Bereich der Ladetechnologie** von den Unternehmen vorangetrieben und bestehende politische Förderinstrumente beibehalten werden. Schnelles Laden in Verbindung mit einer gut ausgebauten Infrastruktur könnte den Bedarf nach großen Batterien senken. Über die Antriebstechnologien hinaus gibt es angrenzende Bereiche, die die Nachhaltigkeit der Fahrzeuge erhöhen und die gefördert werden sollte, beispielsweise Konzepte und Innovationen im Leichtbau.

Ein wichtiger Treiber für die Etablierung von BEV am Markt sind **Mobilitätsdienstleistungen**.³² Zum einen stellen Flottenfahrzeuge für Mobilitätsdienstleistungen einen eigenen Markt dar, der derzeit zwar absolut gesehen noch klein ist, aber dynamisch wächst. Automobilhersteller steigen teilweise selbst in diesen Markt ein und bauen sich so neue Geschäftsmodelle auf. Zum anderen bieten diese Dienstleistungen die Möglichkeit neue Technologien kennenzulernen und zu erproben und erhöhen so ähnlich wie Demonstrationsprojekte deren **Akzeptanz**. Außerdem sind sie ein wichtiger Baustein eines nachhaltigen Mobilitätssystems, das weit über die reine Elektrifizierung des Individualverkehrs hinausgeht.

Assistiertes und automatisiertes Fahren

Im stark wachsenden Bereich des assistierten und automatisierten Fahrens ist Deutschland in guter Position. Bei der Summe der Patente im Gesamtzeitraum steht es gar an erster Stelle, auch getrieben durch den frühen Einstieg in Assistenzsysteme. Andere Akteure holen jedoch auf und Deutschland ist im internationalen Vergleich zuletzt zurückgefallen.

Im Gegensatz zu Elektromobilität ist beim autonomen Fahren das Gesamtkonzept der Ausgestaltung und dem Zusammenspiel von Fahrzeugen und Infrastruktur noch unklar. Die vielschichtigen Veränderungen auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette sowie im Grundprinzip automobiler Geschäftsmodelle erschweren die zielgerichtete Implementierung von Fördermaßnahmen. Auch die Einbettung des autonomen Fahrens ins Gesamtmobilitätssystem und die sich ergebenden Chancen und Risiken hinsichtlich ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit sind offene Fragen. **Strategiebildung** ist daher von zentraler Bedeutung. Das BMVI legte 2015 die "Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren" vor, die Maßnahmen in den Handlungsfeldern Infrastruktur, Recht, Innovation, Vernetzung und IT-Sicherheit und Datenschutz enthält, um Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt von automatisierten und vernetzten Fahren zu machen. Einen **gemeinsamen Rahmen für die Forschung** bietet der Aktionsplan "Forschung für autonomes Fahren" von BMBF, BMVI und BMWi. Eine zentrale Rolle spielt dabei der **Austausch zwischen Stakeholdern** aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft beispielsweise im Rahmen des "Dialogforums Forschung für das automatisierte und vernetzte Fahren" oder des "Runden Tisches Automatisiertes Fahren". Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum autonomen Fahren im Juli 2021³³ werden erste rechtliche Grundlagen zur Einführung autonomer Fahrzeuge in Deutschland gesetzt. Die vorgesehene Evaluation des Gesetzes im Jahr 2023 ist vor dem Hintergrund der hohen technologischen sowie konzeptionellen Dynamik wichtig und erfordert die ehrliche Reflexion und Offenheit für Anpassung. Die hohe Patentaktivität im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien deutet auf die steigende Relevanz datenbezogener Konzepte hin, deren rechtliche Grundlage eines Ausbaus bedarf.

Staatliche Programme (sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene) zur Förderung der Weiterentwicklung des autonomen Fahrens sollten verstärkt auch auf den Bereich der Digitalisierung fokussiert werden, um die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands zu erhöhen und mit der

³² vgl. Doll und Krauss 2021.

³³ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2021.

internationalen Entwicklung Schritt halten zu können. Begünstigte können neben Akteuren der Automobilindustrie und entsprechenden Forschungsfeldern, auch Akteure aus angrenzenden Sektoren, wie der IKT-Industrie sein. Stärken in Technologien zur Automatisierung im Fahrzeug sollten mit der Entwicklung von **Informations- und Kommunikationstechnologien** verbunden werden. So zeigt die Patentanalyse, dass Deutschland bei einer Fokussierung der Suchstrategie auf Technologien im Fahrzeug besser abschneidet als bei einer stärker systemischen Betrachtung von autonomem Fahren. Bei letzterer sind die USA klar führend und ein wachsender Anteil der Patente wird von Firmen aus dem IKT-Bereich angemeldet. Mit zunehmender Elektrifizierung und Digitalisierung nehmen Kompetenzen und Akteure aus der Elektronik und IKT-Industrie eine größere Rolle im Markt und in den Wertschöpfungsketten ein, Firmen müssen in ihren Produkten dabei zunehmend Komponenten aus den verschiedenen Welten integrieren. Die Innovationsfähigkeit verteilt sich dabei auf unterschiedliche Akteure und Wertschöpfungsstufen. Ein großer Treiber der Digitalisierung in Deutschland ist die **Elektronikbranche**.³⁴ Insbesondere hier, aber auch mit Akteuren aus anderen Branchen gilt es, **Wissen verstärkt zu vernetzen**. Strategische Kooperationen zwischen Automobilherstellern und Unternehmen aus dem IKT Bereich bieten Potenziale für Wissenstransfer und Kompetenzaufbau, beispielsweise die Kooperation von VW, Ford und Microsoft. Das Schaffen entsprechender Räume und Plattformen zum Austausch sowie öffentlich geförderte Verbundprojekte, gemeinsam mit öffentlichen Forschungseinrichtungen, bieten hier Möglichkeiten zur Vernetzung von Wissen

Grundlagenforschung und entsprechende institutionelle Förderung sind wichtig, weil dadurch die Digitalisierung insgesamt, nicht nur im Automobilsektor im Speziellen, vorangetrieben werden kann. Aber auch der anwendungsorientierten Forschung, etwa durch die Förderung von Modellprojekten, kommt eine besondere Bedeutung zu. Generell sollte der Fokus der Forschungs- und Innovationspolitik auf **Systeminnovationen** mehr als auf Einzeltechnologien liegen.

Neue Technologien stellen sowohl in der Entwicklung als auch in der Produktion neue Bedarfe an die **Qualifikation** der Beschäftigten in Industrie und Wissenschaft. Wie genau diese aussehen sollen, ist jedoch eine teilweise noch offene Frage, gerade im sich dynamisch entwickelnden Feld der Digitalisierung. Es ist davon auszugehen, dass Ingenieurwissenschaften aber auch IKT eine wichtige Rolle spielen. Staat, Bildungsinstitutionen und Industrie kommt die Aufgabe zu, zukünftige Bedarfe zu identifizieren und entsprechende Angebote bei Erstausbildung und Weiterbildung zu schaffen sowie gezielt Fachkräfte anzuwerben. Die neuen Technologien selbst, aber auch ihre Einbindung in das Mobilitätssystem erfordern zudem inter- und transdisziplinäre Kompetenzen. Diese sollte von früher Kindheit an, aber auch in den Betrieben gefördert werden.

Im Bereich Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen sollte neben der technologischen Entwicklung verstärkt auf die Entwicklung von **begleitenden Geschäftsmodellen** gesetzt werden. Neben Geschäftsmodellen zur gemeinschaftlichen Nutzung wird insbesondere die Nutzung der generierten Daten autonom fahrender Fahrzeuge und Insassen an Relevanz gewinnen. Plattformunternehmen, derzeit eher nicht aus Deutschland, können eine zunehmend große Rolle spielen. Die Möglichkeiten und Entwicklungen sind dabei eng mit der Anpassung bzw. dem Aufsetzen von **Regulierungen hinsichtlich der Datennutzung** verwoben, was auch die Bildung diverser Geschäftsmodelle für die verschiedenen nationalen Märkte bedeuten kann.

Generell sollten sich Politik und Regulierungsinstanzen sowie Fahrzeughersteller, Mobilitätsdienstleister und Infrastrukturbetreiber zunehmend mit relevanten Fragestellungen um das Gesamtkonzept „fahrerloses Fahren“ auseinandersetzen und ihre Zusammenarbeit dahingehend verstärken.

³⁴ vgl. Frietsch et al. 2016.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Trends und Treiber in der Automobilindustrie	10
Abbildung 2:	Suchstrategien zu konventionellen und alternativen Antrieben.....	13
Abbildung 3:	Konventionelle und alternative Antriebe - Patentanmeldungen.....	14
Abbildung 4:	Konventionelle Antriebe - Patentanmeldungen nach Ländern	15
Abbildung 5:	Alternative Antriebe - Patentanmeldungen nach Ländern	15
Abbildung 6:	Antrieb mit Brennstoffzelle - Patentanmeldungen nach Ländern.....	16
Abbildung 7:	Antrieb mit Batterie - Patentanmeldungen nach Ländern	16
Abbildung 8:	Relative Patentanteile für konventionelle und alternative Antriebe	17
Abbildung 9:	Konventionelle Antriebe - Patentanmeldungen nach Firmen.....	18
Abbildung 10:	Alternative Antriebe - Patentanmeldungen nach Firmen.....	19
Abbildung 11:	Antrieb mit Brennstoffzelle - Patentanmeldungen nach Firmen	20
Abbildung 12:	Antrieb mit Batterie - Patentanmeldungen nach Firmen.....	20
Abbildung 13:	Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Ländern, Suchstrategie 1	26
Abbildung 14:	Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Ländern, Suchstrategie 2.....	27
Abbildung 15:	Automatisierte Fahrzeuge – RPA nach Ländern, Suchstrategie 1 + 2	27
Abbildung 16:	Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Firmen, Suchstrategie 1	29
Abbildung 17:	Automatisierte Fahrzeuge – Patentanmeldungen nach Firmen, Suchstrategie 2.....	30
Abbildung 18:	Markenanmeldungen EUIPO 2005	36
Abbildung 19:	Markenanmeldungen EUIPO 2018	37
Abbildung 20:	Anteil der Antriebstypen am Absatz ausgewählter Hersteller	40
Abbildung 21:	Marktanteil der Hersteller nach Antriebstypen.....	41
Abbildung 22:	Anteil der Antriebstypen am Absatz in ausgewählten Regionen	42
Abbildung 23:	Absatz von BEV und PHEV in ausgewählten Regionen	42

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Top 30 Patentanmelder:innen für konventionelle und alternative Antriebe.....	21
Tabelle 2:	Top 30 Patentanmelder:innen für Brennstoffzelle und Batterie.....	22
Tabelle 3:	Top 30 Patentanmelder:innen für automatisierte Fahrzeuge (Suchstrategie 2)	31
Tabelle 4:	Zuordnung mobilitätsbezogener Level 5 Kategorien der Markenmeldungen am EUIPO zu Themenbereichen	34
Tabelle 5:	Zusammenfassung der analysierten Indikatoren für Deutschland.....	47
Tabelle 6:	Suchstrategie konventionelle Antriebe	56
Tabelle 7:	Suchstrategie alternative Antriebe	57
Tabelle 8:	Suchstrategie Digitalisierung (I/III)	58
Tabelle 9:	Suchstrategie Digitalisierung (II/III)	59
Tabelle 10:	Suchstrategie Digitalisierung (III/III).....	60

8 Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021): Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>.

Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA) (2019): Erfinderaktivitäten 2018/2019.

Doll, Claus; Krauss, Konstantin (2022): Nachhaltige Mobilität und innovative Geschäftsmodelle. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 10-2022. Hg. v. EFI. Berlin.

EPO; OECD / IEA (Hg.) (2020): Innovation in batteries and electricity storage. A global analysis based on patent data.

European Patent Office (2018): Patents and self-driving vehicles.

Frietsch, Rainer; Beckert, Bernd; Daimer, Stephanie; Lerch, Christian; Meyer, Niclas; Neuhäusler, Peter et al. (2016): Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung: Innovationschancen nutzen, Innovationshemmnisse abbauen. Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie.

Hettesheimer, Tim; Thielmann, Axel; Neef, Christoph (2018): VDMA Kurzgutachten: Beschäftigungsauswirkungen einer Batteriezellproduktion in Europa.

IEA (2021): Global EV Outlook 2021. Paris. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.

Iizuka, Michiko (2015): Diverse and uneven pathways towards transition to low carbon development: the case of solar PV technology in China. In: *Innovation and Development* 5 (2), S. 241–261.

Neuhäusler, Peter; Feidenheimer, Alexander; Frietsch, Rainer; Kroll, Henning (2021): Generating a classification for EUIPO trademark filings: A string matching approach. Discussion Papers "Innovation Systems and Policy Analysis" 69. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.

Peters, Anja; Doll, Claus; Kley, Fabian; Möckel, Michael; Plötz, Patrick; Sauer, Andreas et al. (2012): Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. In: *Innovationsreport für das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht* 153.

Schade, Wolfgang; Zanker, Christoph; Kühn, André; Kinkel, Steffen; Jäger, Angela; Hettesheimer, Tim; Schmall, Thomas (2012): Zukunft der Automobilindustrie. In: *Innovationsreport für das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht* 152.

Staab, Philipp (2019): Digitaler Kapitalismus: Markt und Herrschaft in der Ökonomie der Unknappheit: Suhrkamp Verlag.

Thielmann, Axel; Neef, Christoph; Fenske, Chiara; Wietschel, Martin (2018): Energiespeicher-Monitoring 2018. Leitmarkt- und Leitanbieterstudie: Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe.

Thielmann, Axel; Wietschel, Martin; Funke, Simon; Grimm, Anna; Hettesheimer, Tim; Langkau, Sabine et al. (2020): Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf. Sind Batterien für Elektroautos der Schlüssel für eine nachhaltige Mobilität der Zukunft? Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe.

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2021a): Automobilproduktion. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/automobilproduktion.html>.

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (2021b): Exporte. Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/jahreszahlen/export.html>.

Wietschel, Martin; Biemann, Kirsten; Link, Steffen; Helms, Hinrich (2022): Langfristige Umweltbilanz und Zukunftspotenzial alternativer Antriebstechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2022. Hg. v. Efi. Berlin.

Zehtabchi, Maryam (2019): Measuring Innovation in the Autonomous Vehicle Technology. Economic Research Working Paper No. 60: WIPO.

A.1 Suchstrategien

A.1.1 Antriebstechnologien

Tabelle 6: Suchstrategie konventionelle Antriebe

IPC/CPC	Typ	Beschreibung
B60S		Warten, Reinigen, Instandsetzen, Unterstützen, Anheben oder Rangieren von Fahrzeugen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B60S 5/02	IPC	Warten, Versorgen, Instandsetzen oder Ausbessern von Fahrzeuge
B67D		Öffnen oder Verschließen von Flaschen, Krügen oder ähnlichen Behältern; Handhaben von Flüssigkeiten; Ausschütten, Abgeben oder Überleiten von Flüssigkeiten, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B67D 7/%	IPC	Geräte oder Vorrichtungen zum Überleiten von Flüssigkeiten von Großlagerbehältern oder Tanks in Fahrzeuge oder tragbare Behälter, z.B. für die Zwecke des Einzelhandels
F02		Brennkraftmaschinen; mit Heißgas oder Abgasen betriebene Kraftmaschinenanlagen
F02B%	IPC	Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung mit Verdrängerwirkung; Brennkraftmaschinen allgemein
F02D%	IPC	Steuern oder Regeln von Brennkraftmaschinen
F02F%	IPC	Zylinder, Kolben oder Gehäuse für Brennkraftmaschinen; Dichtungsanordnungen in Brennkraftmaschinen
F02M%	IPC	Zuführen von Brennstoff-Luft-Gemischen oder deren Bestandteilen bei Brennkraftmaschinen allgemein
F02P%	IPC	Zündung von Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung, ausgenommen Kompressionszündung; Prüfen des Zündzeitpunkts bei Brennkraftmaschinen mit Kompressionszündung
F02N		Anlassen von Brennkraftmaschinen; Anlasshilfen für Brennkraftmaschinen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
F02N 11/%	IPC	Anlassen mit elektrischem Anlassmotor

Quelle: Fraunhofer ISI

Tabelle 7: Suchstrategie alternative Antriebe

IPC/CPC	Typ	Beschreibung
B60K		Anordnung oder Einbau von Antriebseinheiten oder von Kraftübertragungen bzw. Drehmomentübertragungen in Fahrzeugen; Anordnung oder Einbau mehrerer unterschiedlicher Antriebsmaschinen in Fahrzeugen; Zusatzantriebe für Fahrzeuge; Instrumentenausrüstung oder Armaturenbretter für Fahrzeuge; Anordnungen in Verbindung mit Kühlung, Ansaugleitung, Auspuffleitung oder Brennstoffzufuhr für die Antriebseinheiten in Fahrzeugen
B60K 1/%	IPC	Anordnung oder Einbau von elektrischen Antriebseinheiten
B60K 16/%	IPC	Anordnungen in Verbindung mit Zufuhr von natürlicher Energie von Antriebseinheiten in Fahrzeugen, z.B. von Sonne oder Wind
B60K 6/%	IPC	Anordnung oder Einbau mehrerer unterschiedlicher Antriebsmaschinen zum wechselweisen oder gemeinsamen Antrieb, z.B. Hybrid-Antriebssysteme mit Elektromotoren und Brennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung
B60K 7/00	IPC	Anordnung oder Einbau der Antriebseinheit im oder angrenzend an das Antriebsrad
B60K 17/356	IPC	Anordnung oder Einbau von Kraft- bzw. Drehmomentübertragungen in Fahrzeuge
B60L		Elektrische Ausrüstung oder Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen; magnetisches Tragen oder Schweben bei Fahrzeugen; elektrodynamische Fahrzeugbremsysteme allgemein
B60L 3/%	IPC	Elektrische Vorrichtungen an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen für Sicherheitszwecke; Überwachung von verschiedenen Betriebszuständen, z.B. Geschwindigkeit, Verzögerung, Stromverbrauch
B60L 8/%	IPC	Elektrischer Antrieb mit Energiezufuhr von Naturkräften, z.B. Sonne, Wind
B60L 11/18	IPC	(überführt nach B60L 50/50-B60L 58/40)
B60L 15/%	IPC	Verfahren, Schaltungsanordnungen oder Vorrichtungen zum Steuern oder Regeln des Antriebs von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, z. B. ihrer Antriebsmotordrehzahl, um eine gewünschte Betriebsgröße zu erreichen; Ausbildung der Steuervorrichtung an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen für die Fernbetätigung von einem ortsfesten Platz, von wechselnden Teilen des Fahrzeugs aus oder von wechselnden Fahrzeugen desselben Zugverbandes aus
B60L 50/50	IPC	Elektrischer Antrieb mit auf dem Fahrzeug bereitgestellter Energie
B60L 50/51	IPC	
B60L 50/52	IPC	
B60L 50/53	IPC	
B60L 50/60	IPC	
B60L 50/61	IPC	
B60L 50/62	IPC	
B60L 50/64	IPC	
B60L 50/70	IPC	
B60L 50/71	IPC	
B60L 50/72	IPC	
B60L 50/75	IPC	
B60L 50/90	IPC	
B60L 53/%	IPC	Verfahren zum Laden von Batterien für Elektrofahrzeuge; Ladestationen oder an Bord befindliche Ladegeräte dafür; Austausch von Energiespeicherelementen in Elektrofahrzeugen
B60L 55/%	IPC	Anordnungen zur Einspeisung von in einem Fahrzeug gespeicherter Energie in ein Stromnetz, d.h. Vehicle-to-Grid [V2G]-Anordnungen
B60L 58/%	IPC	Verfahren oder Schaltungsanordnungen zum Überwachen oder zum Steuern bzw. Regeln von Batterien oder Brennstoffzellen, mit spezifischer Anpassung für Elektrofahrzeuge
B60W		Gemeinsame Steuerung oder Regelung von Fahrzeug-Unteraggregaten verschiedenen Typs oder verschiedener Funktion; Steuerungs- oder Regelungssysteme besonders ausgebildet für Hybrid-Fahrzeuge; Antriebs-Steuerungssysteme von Straßenfahrzeugen für Verwendungszwecke, die nicht die Steuerung oder Regelung eines bestimmten Unteraggregats betreffen
B60W 10/04	IPC	Gemeinsame Steuerung oder Regelung von Fahrzeug-Unteraggregaten verschiedenen Typs oder verschiedener Funktion
B60W 10/06	IPC	
B60W 10/08	IPC	
B60W 10/26	IPC	
B60W 10/28	IPC	
H02J		Schaltungsanordnungen oder Systeme für die Abgabe oder Verteilung elektrischer Leistung; Systeme zum Speichern elektrischer Energie
H02J 7/14	IPC	Schaltungsanordnungen zum Laden oder Depolarisieren von Batterien oder zum Speisen von Stromverbrauchern durch Batterie
H02J 7/16	IPC	
H02J 7/18	IPC	
H02J 7/20	IPC	
H02J 7/22	IPC	
H02J 7/24	IPC	
H02J 7/26	IPC	
H02J 7/28	IPC	
H02J 7/30	IPC	
Y02T 10		Climate change mitigation technologies related to transportation: road transport of goods or passengers
Y02T 10/62%	CPC	Hybrid vehicles
Y02T 10/64%	CPC	Electric machine technologies for applications in electromobility
Y02T 10/70%	CPC	Energy storage for electromobility
Y02T 10/72%	CPC	Electric energy management in electromobility
Y02T 90		Climate change mitigation technologies related to transportation: enabling technologies or technologies with a potential or indirect contribution to GHG emissions mitigation
Y02T 90/1%	CPC	Technologies related to electric vehicle charging
Y02T 90/40	CPC	Application of hydrogen technology to transportation, e.g. using fuel cells
Y02T 90/30	CPC	überführt nach Y02T 90/40
Y02T 90/32	CPC	
Y02T 90/34	CPC	
Y02T 90/42	CPC	

Quelle: Fraunhofer ISI

A.1.2 Digitalisierung

Tabelle 8: Suchstrategie Digitalisierung (I/III)

IPC/CPC	Typ	Beschreibung
B60C		Fahrzeugreifen; Aufpumpen von Reifen; Wechseln von Reifen; Verbinden von Ventilen mit aufblasbaren, elastischen Körpern allgemein oder Anbringen von Ventilen daran; Einrichtungen oder Anordnungen in Bezug auf Reifen
B60C 23/04	IPC	Anzeigevorrichtungen betätigt durch den Reifendruck angebracht an den Rädern oder Reifen
B60G		Radaufhängungen und Federungen für Fahrzeuge
B60G 17%	IPC	Bedernde Radaufhängungen mit Einrichtungen zum Beeinflussen oder Regeln von Feder- oder Schwingungsdämpfer-Kennlinien oder des Abstandes zwischen Fahrbahn und gefedertem Fahrzeugteil oder zum Blockieren der Radaufhängung im Betrieb in Anpassung an sich ändernde Fahrzeug- oder Fahrbahnbedingungen, z.B. aufgrund von Geschwindigkeit oder Beladung
B60G 21%	IPC	Verbindungssysteme für zwei oder mehr federnd aufgehängte Räder, z.B. zum Stabilisieren der Lage des Fahrzeugs im Hinblick auf Beschleunigung, Verzögerung oder Fliehkraft
B60G2600/042	CPC	Indexing codes relating to particular elements, systems or processes used on suspension systems or suspension control systems
B60G2600/08	CPC	
B60G2600/1876	CPC	
B60G2600/1877	CPC	
B60G2600/1878	CPC	
B60G2600/1879	CPC	
B60G2800%	CPC	Indexing codes relating to the type of movement or to the condition of the vehicle and to the end result to be achieved by the control action
B60J		Fenster, Windschutzscheiben und bewegbare Dächer, Türen oder Ähnliches für Fahrzeuge; entfernbare externe Schutzabdeckungen besonders ausgebildet für Fahrzeuge
B60J 1%	IPC	Fenster; Windschutzscheiben; Zubehör hierfür
		Windows; Windscreens; Accessories thereof
B60J 1/002	CPC	with means for clear vision, e.g. anti-frost or defog panes, rain shields
B60K		Anordnung oder Einbau von Antriebseinheiten oder von Kraftübertragungen bzw. Drehmomentübertragungen in Fahrzeugen; Anordnung oder Einbau mehrerer unterschiedlicher Antriebsmaschinen in Fahrzeugen; Zusatzantriebe für Fahrzeuge; Instrumentenausstattung oder Armaturenbretter für Fahrzeuge; Anordnungen in Verbindung mit Kühlung, Ansaugleitung, Auspuffleitung oder Brennstoffzufuhr für die Antriebseinheiten in Fahrzeugen
B60K%	IPC	
B60L		Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen; Lieferung von elektrischem Strom zu Hilfsvorrichtungen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen; elektrodynamische Fahrzeugbremssysteme allgemein; magnetisches Tragen oder Schweben bei Fahrzeugen; Überwachung verschiedener Betriebszustände von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen; elektrische Sicherheitsvorrichtungen für elektrisch angetriebene Fahrzeuge
B60L%	IPC	
B60N		Sitze besonders für Fahrzeuge ausgebildet; Unterbringung der Reisenden im Fahrzeug, soweit nicht anderweitig vorgesehen
		Seats specially adapted for vehicles; Arrangement or mounting of seats in vehicles
B60N 2/002	CPC	Passenger detection system
B60Q		Anordnung von Signal- oder Beleuchtungsvorrichtungen, deren Einbau oder Halterung oder deren Schaltkreise bei Fahrzeugen allgemein
B60Q 1%	IPC	Anordnung von optischen Signal- oder Beleuchtungsvorrichtungen, deren Einbau oder Halterung sowie Schaltkreise hierzu
B60Q 5%	IPC	Anordnung oder besondere Ausbildung von akustischen Signalvorrichtungen
B60Q 9/004	CPC	Arrangements or adaptations of signal devices not provided for in one of the preceding main groups, e.g. haptic signalling
B60Q 9/005	CPC	
B60Q 9/006	CPC	
B60Q 9/007	CPC	
B60Q 9/008	CPC	
B60Q2300%	CPC	Indexing codes for automatically adjustable headlamps or automatically dimmable headlamps
B60R		Fahrzeuge, Fahrzeugausstattung oder Fahrzeugteile, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B60R 1%	IPC	Anordnungen von optischen Beobachtungsvorrichtungen
		Elektrische oder Fluid-Schaltkreise, besonders für Fahrzeuge ausgebildet und nicht anderweitig vorgesehen; Anordnung von elektrischen oder Fluid-Schaltkreiselementen, besonders für Fahrzeuge ausgebildet und nicht anderweitig vorgesehen
B60R 16%	IPC	
B60R 19%	IPC	Radschutz; Kühlerschutz; Bahnräumer; Ausrüstungsteile zum Dämpfen der Aufprallwirkung bei Zusammenstößen
B60R 21%	IPC	Anordnungen oder Ausrüstungen bei Fahrzeugen zum Schutz vor oder zur Verhütung von Verletzungen bei Fahrzeuginsassen oder Fußgängern im Falle von Unfällen oder anderen Gefahren im Verkehr
B60R 22%	IPC	Sicherheitsgurte oder Sicherheitsgeschirre in Fahrzeuge
B60R 25%	IPC	Ausstattungen oder Systeme zum Verhindern oder Anzeigen von unbefugter Inbetriebnahme oder Diebstahl von Fahrzeugen
B60S		Warten, Reinigen, Instandsetzen, Unterstützen, Anheben oder Rangieren von Fahrzeugen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B60S 1/56	IPC	Reinigen von Windschutzscheiben, Fenstern oder optischen Einrichtungen besonders ausgebildet zum Reinigen anderer Teile oder Einrichtungen als Vorderfenster oder Windschutzscheiben
B60T		Bremsanlagen für Fahrzeuge oder Teile davon; Bremsbetätigungssysteme oder Teile davon allgemein; Anordnungen von Bremsen in Fahrzeugen allgemein; Tragbare Vorrichtungen um ein unerwünschtes Bewegen von Fahrzeugen zu verhindern; Ausbildung am Fahrzeug zum Kühlen der Bremsen
B60T%	IPC	
B60W		Gemeinsame Steuerung oder Regelung von Fahrzeug-Unteraggregaten verschiedenen Typs oder verschiedener Funktion; Steuerungs- oder Regelungssysteme besonders ausgebildet für Hybrid-Fahrzeuge; Antriebs-Steuerungssysteme von Straßenfahrzeugen für Verwendungszwecke, die nicht die Steuerung oder Regelung eines bestimmten Unteraggregats betreffen
B60W%	IPC	
B60Y		Indexing scheme relating to aspects cross-cutting vehicle technology
B60Y2200/90	CPC	Type of vehicle
B60Y2200/92	CPC	
B60Y2300%	CPC	Purposes or special features of road vehicle drive control systems
B60Y2400/3015	CPC	Special features of vehicle units
B60Y2400/3017	CPC	
B60Y2400/433	CPC	
B60Y2400/434	CPC	

Quelle: Fraunhofer ISI

Tabelle 9: Suchstrategie Digitalisierung (II/III)

IPC/CPC	Typ	Beschreibung
B62D		Motorfahrzeuge; Anhänger
B62D 1%	IPC	Lenkbetätigungen, d.h. Einrichtungen zum Einleiten eines Wechsels der Fahrzeugrichtung
B62D 3%	IPC	Lenkgetriebe
B62D 5%	IPC	Hilfskraftverstärkte oder hilfskraftbetriebene Lenkung
B62D 6%	IPC	Einrichtungen, die selbsttätig die Lenkung in Abhängigkeit von erfassten und dementsprechend berücksichtigten Fahrbedingungen beeinflussen, z.B. Steuerschaltungen
B62D 7%	IPC	Lenkgestänge; Achsschenkel oder ihre Befestigungen
B62D 9%	IPC	Lenkung von schwenkbaren Rädern, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B62D 11%	IPC	Lenkung von nichtschwenkbaren Rädern; Lenkung von Raupenketten oder dgl.
B62D 12%	IPC	Lenkung, besonders ausgebildet für Fahrzeuge, die in Tandemanordnung gekoppelt sind oder gelenkig verbundene Rahmen aufweisen
B62D 13%	IPC	Lenkung, besonders ausgebildet für Anhänger
B62D 15%	IPC	Lenkung, soweit nicht anderweitig vorgesehen
B62D 17%	IPC	Einrichtungen am Fahrzeug zum Einstellen von Radsturz, Nachlauf oder Vorspur
B62D 19%	IPC	Lenker, d.h. Distanzstangen
B81B		Microstructural technology, nanotechnology, microstructural technology, microstructural devices or systems
B81B2201/02	CPC	Specific applications of microelectromechanical systems
B82Y		Bestimmter Gebrauch oder bestimmte Anwendung von Nanostrukturen; Messung oder Analyse von Nanostrukturen; Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen
B82Y 10%	IPC	Nanotechnologie für die Datenverarbeitung, Datenspeicherung oder Datenversendung, z.B. Quantencomputertechnik oder Einzelelektronen-Logik
E01F		Zusätzliche Baumaßnahmen, wie die Ausstattung von Straßen oder die bauliche Ausbildung von Bahnsteigen, Landeplätzen für Hubschrauber, Wegweisern, Schneezäunen oder dgl.
E01F%	IPC	
F01L		Periodisch betriebene Ventile für Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen
F01L%	IPC	
F01B		Engines or pump, combustion engines, hot-gas or combustion-product engine plants, internal-combustion piston engines combustion engines in general
F02B2043/103	CPC	Engines characterised by operating on gaseous fuels; Plants including such engines
F02B2043/106	CPC	
F02D		Steuern oder Regeln von Brennkraftmaschinen
F02D%	IPC	
F16D		Nicht schaltbare Kupplungen zum Übertragen einer Drehbewegung; ein- und ausrückbare Wellenkupplungen; Bremsen
F16D%	IPC	
F16D2500/31	CPC	External control of clutches by electric or electronic means
F16D2500/508	CPC	
F16H		Getriebe
F16H%	IPC	
G01C		Messen von Entfernungen, Höhen, Neigungen oder Richtungen; Geodäsie; Navigation; Kreiselgeräte; Fotogrammetrie oder Videogrammetrie
G01C 21%	IPC	Navigation; Navigationsinstrumente
G01S		Funkpeilung; Funknavigationssysteme; Bestimmen der Entfernung oder der Geschwindigkeit mittels Funkwellen; Orten oder Ermitteln der Anwesenheit mittels Reflexion oder Wiederausstrahlung von Funkwellen; vergleichbare Anordnungen mit anderen Wellen
G01S 7%	IPC	Einzelheiten der Systeme gemäß den Gruppen G01S 13/00, G01S 15/00 und G01S 17/00
G01S 13%	IPC	Systeme, die die Reflexion oder Wiederausstrahlung von Funkwellen anwenden, z.B. Radarsysteme; vergleichbare Systeme, die die Reflexion oder Wiederausstrahlung von Wellen, deren Art oder Wellenlänge unerheblich oder unspezifiziert ist, anwenden
G01S 15%	IPC	Systeme, die die Reflexion oder Wiederausstrahlung von akustischen Wellen verwenden, z.B. Sonar-Systeme
G01S 17%	IPC	Systeme, bei denen die Reflexion oder Wiederausstrahlung elektromagnetischer Wellen außer Funkwellen verwendet werden, z.B. Lidarsysteme
G02B		Optische Elemente, Systeme oder Geräte
G02B 27/01	IPC	Head-up Displays
G05B		Steuer- oder Regelsysteme allgemein; funktionelle Elemente solcher Systeme; Überwachungs- oder Prüfanordnungen für solche Systeme oder Elemente
G05B 13%	IPC	Selbstanpassende Steuerungs- oder Regelungssysteme, d.h. Systeme, die sich automatisch entsprechend einem vorgegebenen Kriterium auf eine optimale Arbeitsweise einstellen
G05B 23%	IPC	Prüfen oder Überwachen von Steuer- oder Regelsystemen oder ihrer Teile

Quelle: Fraunhofer ISI

Tabelle 10: Suchstrategie Digitalisierung (III/III)

IPC/CPC	Typ	Beschreibung
G05D		Systeme zum Steuern oder Regeln nichtelektrischer veränderlicher Größen
G05D 1%	IPC	Steuerung oder Regelung des Standortes, des Kurses, der Höhe oder der Lage von Landfahrzeugen, Wasserfahrzeugen, Luftfahrzeugen oder Raumfahrzeugen, z.B. Autopilot
G05D2201/0212	CPC	Control of position of land vehicles Driverless passenger transport vehicle
G06F		Elektrische digitale Datenverarbeitung
G06F 8/314	CPC	Arrangements for software engineering
G06F 9/3885	CPC	Arrangements for program control, e.g. control units
G06F 17%	IPC	Digitale Rechen- oder Datenverarbeitungsanlagen oder -verfahren, besonders ausgebildet für spezielle Funktionen
G06F 21%	IPC	Sicherheitseinrichtungen zum Schutz von Rechnern, deren Bestandteilen, von Programmen oder Daten gegen unberechtigten Zugriff
G06K		Erkennen von Daten; Darstellen von Daten; Aufzeichnungsträger; Handhabung von Aufzeichnungsträgern
G06K 9%	IPC	Verfahren oder Anordnungen zum Lesen oder Erkennen gedruckter oder geschriebener Zeichen oder zum Erkennen von Mustern, z.B. Fingerabdrücken
G06N		Rechnersysteme, basierend auf spezifischen Rechenmodellen
G06N%	IPC	
G06Q		Datenverarbeitungssysteme oder -verfahren, besonders angepasst an verwaltungstechnische, geschäftliche, finanzielle oder betriebswirtschaftliche Zwecke, sowie an geschäftsbezogene Überwachungs- oder Voraussagezwecke; Systeme oder Verfahren, besonders angepasst an verwaltungstechnische Zwecke, sowie an geschäftsbezogene Überwachungs- oder Voraussagezwecke, soweit nicht anderweitig vorgesehen
G06Q 10/02	IPC	Verwaltung; Management
G06Q 10/04	IPC	Reservierungen, z.B. für Tickets, Dienstleistungen oder Veranstaltungen
G06T		Bilddatenverarbeitung oder Bilddatenerzeugung allgemein
G06T 1%	IPC	Universelle Bilddatenverarbeitung
G06T 1/0007	CPC	General purpose image data processing
G06T 1/0014	CPC	
G07B		Checking-devices, ticket-issuing apparatus, fare-registering apparatus, franking apparatus
G07B 15/063	CPC	Arrangements or apparatus for collecting fares, tolls or entrance fees at one or more control points Zeitkontrollgeräte oder Anwesenheitskontrollgeräte; Registrieren oder Anzeigen des Arbeitens von Maschinen; Erzeugen von Zufallszahlen; Wahlmaschinen oder Lotteriegeräte; Anordnungen, Systeme oder Vorrichtungen zum Kontrollieren, soweit nicht anderweitig vorgesehen
G07C		Registrieren oder Anzeigen des Arbeitens von Fahrzeugen
G07C 5%	IPC	
G08B		Signalisierungssysteme oder Rufsysteme; Befehlsstelegrafen; Alarmsysteme
G08B 21/06	IPC	Alarmer, die auf einen einzigen angegebenen, unerwünschten oder anomalen Zustand ansprechen und anderweitig nicht vorgesehen sind
G08G		Anlagen zur Steuerung, Regelung oder Überwachung des Verkehrs
G08G 1%	IPC	Anlagen zur Verkehrs-Regelung oder -Überwachung für Straßenfahrzeuge
H01Q		Antennen, z.B. Funkantennen
H01Q 21%	IPC	Strahlergruppen oder Antennensysteme
H04B		Übertragung
H04B 7%	IPC	Funkübertragungssysteme, d.h. solche, die mit einem Strahlungsfeld arbeiten
H04B 10%	IPC	Übertragungssysteme, die elektromagnetische Wellen außer Radiowellen verwenden, z.B. Infrarot-, sichtbares oder ultraviolettes Licht, oder die Korpuskularstrahlung verwenden, z. B. Quantenkommunikation
H04J		Multiplex-Verkehr
H04J 3/06	IPC	Zeitmultiplexsysteme
H04J 14%	IPC	Optische Multiplexsysteme
H04L		Übertragung digitaler Information, z.B. Telegrafieverkehr
H04L 12/40	IPC	Datenvermittlungsnetze
H04L 12/56	CPC	
H04L 25%	IPC	Basisbandsysteme
H04L 27%	IPC	Systeme mit modulierten Trägern
H04L 29%	IPC	Anordnungen, Apparate, Schaltkreise oder Systeme
H04L 63%	CPC	Network architectures or network communication protocols for network security
H04W		Drahtlose Kommunikationsnetze
H04W 4%	IPC	Dienste, besonders ausgebildet für drahtlose Kommunikationsnetze; Einrichtungen dafür
H04W 12%	IPC	Sicherheitsanordnungen; Authentifizierung; Schutz der Privatsphäre oder Anonymität
H04W 36%	IPC	Anordnungen für die Verbindungsübergabe
H04W 36/0077	CPC	
H04W 76/50	IPC	Verbindungsverwaltung für Notfallverbindungen

Quelle: Fraunhofer ISI