Klaus Jank, Kai Gramke, Jochen Spuck

Patentbasierte Analyse der Technologietrends in der Automobilbranche in Bayern und weltweit

Die Studie wurde beauftragt im Rahmen des Projekts:

TRANSFORM.BY

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern:

bayern innovativ Transformation & Wandel

ffw Gesellschaft für Personal- und Organisationsentwicklung

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Impressum

Studie der Econsight AG
In Auftrag gegeben vom Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb)

Herausgegeben von
Susanne Kretschmer und Dr. Iris Pfeiffer
Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH
Rollnerstraße 14
90408 Nürnberg
www.f-bb.de

Das Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) arbeitet seit 2003 an der Weiterentwicklung des Systems der beruflichen Bildung durch Forschung in Deutschland und international. Das Leistungsspektrum umfasst die Durchführung von Modellversuchen, Gestaltungs- und Transferprojekten, die wissenschaftliche Begleitung von Förderprogrammen, die Evaluation von Verordnungen und Maßnahmen sowie die Umsetzung von Fallstudien, empirischen Erhebungen und Analysen.

Autorinnen und Autoren
Klaus Jank, Kai Gramke, Jochen Spuck

Editorin und Ansprechpartnerin am f-bb
Kreider Irina, Dr. Christiane Heimann

Erscheinungsjahr
2023

Diese Publikation ist frei verfügbar zum Download
unter www.f-bb.de/

Zitiervorschlag
Jank, K./Gramke, K./Spuck, J. (2023): Patentbasierte Analyse der Technologietrends in der Automobilbranche in Bayern und weltweit. Studie der Econsight AG im Auftrag vom Forschungsinstitut für betriebliche Bildung (f-bb). 11/23

Diese Publikation ist unter folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:

Inhalt

Inhalt 3
1. Executive Summary 4
2. Einleitung 9
2.1. Technologieliste 10
2.2. Methodik Patentanalyse 11
3. Globale Trends in Autotechnologien 14
3.1. Entwicklung nach Ländern / Regionen 19
3.2. Technologieprofil USA 22
3.3. Technologieprofil Japan 25
3.4. Technologieprofil Deutschland 27
3.5. Technologieprofil China 30
4. Entwicklung der Autotechnologien in Bayern 32
4.1. Technologieprofil Bayern 33
4.2. Vergleich der Auto-Forschungsstandorte Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen 36
4.3. Technologieprofil Baden-Württemberg 37
4.4. Technologieprofil Nordrhein-Westfalen 38
4.5. Technologieprofil Niedersachsen 39
4.6. Regionale Forschungsschwerpunkte in Bayern 40
Literatur 43
Anhang: Kurzbeschreibungen der Autotechnologien 44
Autonomes Fahren 44
Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe 44
Elektrifizierung 44
Industrie 4.0 46
Mensch-Maschine-Interaktion 47
Systeme / Smart City 48
Traditionelle Antriebstechnologien 48
Sonstige traditionelle Autotechnologien 49
Vernetzung / Kommunikation 49

1. Executive Summary

Die Autoindustrie in Bayern steht genau wie die Automobilbranche weltweit vor großen Herausforderungen. Die Branche befindet sich in einem tiefgreifenden Strukturwandel, der vom technologischen Fortschritt, Änderungen des Konsumverhaltens, klimapolitischer Regulierung und branchenfremder Konkurrenz (IT- und Elektrounternehmen) getrieben wird.

Globale Weltklassepatente[1] zeigen die wichtigsten technologischen Trends

Grundlage der Studie ist eine neuartige Patentanalyse. Patente sind ein wichtiger Output-Indikator des Forschungsprozesses. Sie stellen den ersten Schritt zur kommerziellen Verwertung des aufgebauten Wissens dar und zeigen, welche Forschungsaktivitäten in etwa 3-5 Jahren voraussichtlich zu neuen Produkten und Prozessen führen werden. Unser Fokus liegt dabei nicht auf der Quantität, sondern auf der Qualität der Innovation. Konkret messen wir die Entwicklung der Weltklassepatente in für die Automobilbranche relevanten Technologien.

40 Technologien decken das Automobil-Technologieuniversum ab

Für die Analyse wurden rund 40 Technologien in neun Oberkategorien definiert, welche das Technologiespektrum im Automobilsektor möglichst umfassend abbilden. Die Technologien decken sowohl traditionelle Bereiche wie etwa Verbrennungsmotoren als auch alle wichtigen Zukunftssegmente wie autonomes Fahren, Elektromobilität, Vernetzung usw. ab.

Starker Anstieg der Forschungsaktivitäten beim autonomen Fahren sowie vernetzten Autos

Zwischen 2010 und 2022 hat sich der Bestand an globalen Weltklassepatenten in den Autotechnologien von knapp 25 000 auf über 55 000 mehr als verdoppelt. Dabei wurden alle aktiven Patente, also auch ältere noch gültige Patente, zum jeweiligen Stichtag (Jahresende) berücksichtigt.[2] Die globalen Spitzenforschungsaktivitäten haben somit stark zugenommen.

Innerhalb der neun definierten Oberkategorien sind die traditionellen Antriebstechnologien (Verbrennungsmotoren, Ventile, Katalysatoren, Getriebe) noch die in absoluten Patentzahlen gemessen größte Automobil-Oberkategorie mit mehr als 18 000 Weltklassepatenten im Jahr 2022. Der Höhepunkt bei den Weltklassepatenten wurde in dieser Kategorie jedoch 2019 erreicht und seitdem ist der Bestand an Weltklassepatenten rückläufig. Ein rückläufiger Bestand an Weltklassepatenten bedeutet, dass die Zahl der inaktiv gewordenen Weltklassepatente grösser ist als die Zahl neuer Patentanmeldungen.[3] Angesichts der Tatsache, dass Autos mit Verbrennungsmotoren ab 2035 in der EU nur noch zugelassen werden können, wenn sie mit

[1] Als Weltklassepatente werden die 10 Prozent am besten bewerteten Patente pro Technologie bezeichnet (siehe Kapitel 2.2 Methodik Patentanalyse).

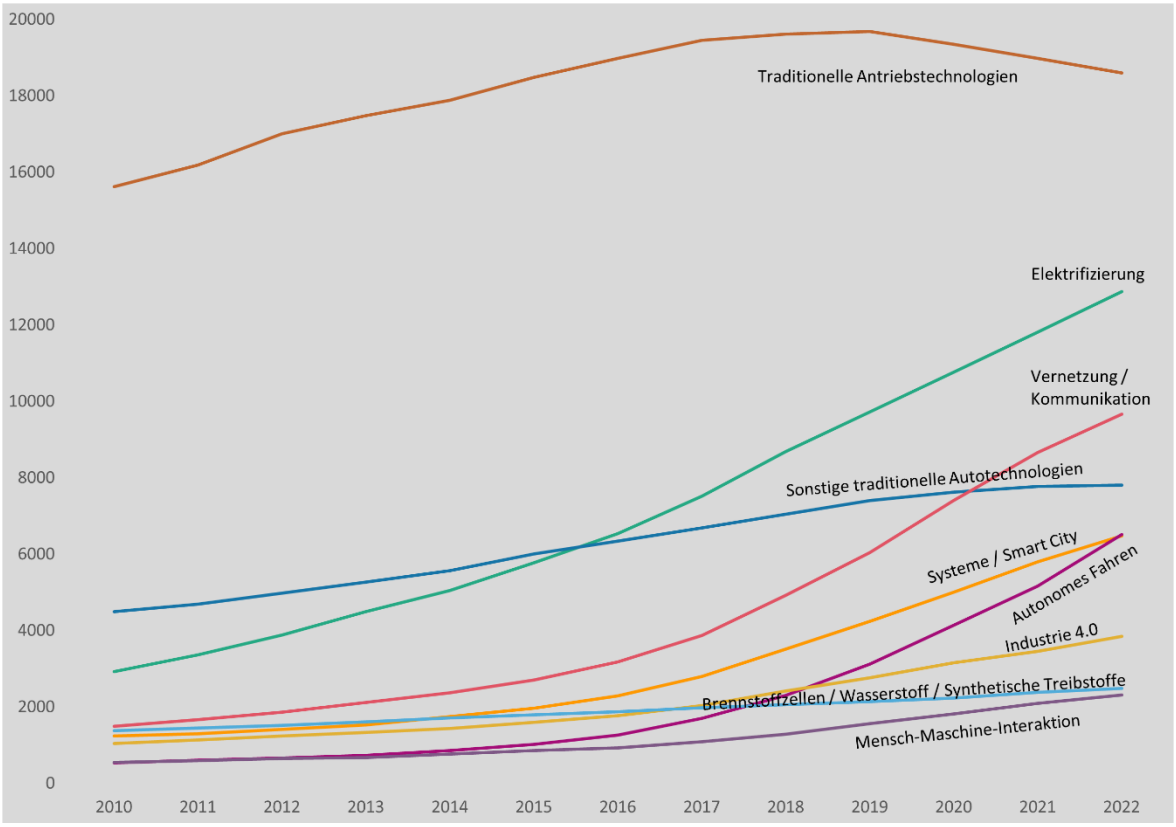
[2] Als aktive Patene gelten alle Patentfamilien, die zum jeweiligen Stichtag zumindest ein rechtsgültiges Patent oder eine hängige Anmeldung aufweisen. Dieses Vorgehen unterscheidet sich von anderen Patentanalysen, bei denen z. B. nur neue Patentanmeldungen pro Jahr gezählt oder alle Patente - auch inaktive - verwendet werden.

[3] Patente werden inaktiv, wenn der im Normalfall zwanzigjährige Patentschutz abläuft oder die jährlichen Patentgebühren nicht mehr bezahlt werden. Auch die erfolgreiche Anfechtung eines Patents oder die Nichterteilung eines Patents nach der Patentprüfung führen zum Inaktivwerden eines Patents.

klimaneutralen Kraftstoffen betrieben werden, dürften die Forschungsaktivitäten im Bereich der traditionellen Antriebstechnologien nach und nach an Bedeutung verlieren.

Der Wandel zur E-Mobilität geht einher mit einem starken Anstieg der Forschungsaktivitäten in der Kategorie Elektrifizierung. Seit 2010 haben sich die Weltklassepatente vervierfacht (von 3000 auf fast 13 000). Damit ist die Elektrifizierung mittlerweile die zweitgrößte Kategorie.

Abbildung 1: Globale Entwicklung der Weltklassepatente in den Auto-Oberkategorien



Quelle: EconSight, 2023.

Noch stärker ist die Zahl der Weltklassepatente in den Kategorien Autonomes Fahren und Vernetzung / Kommunikation gestiegen. Auch wenn der Durchbruch bei vollständig selbstfahrenden Autos auf sich warten lässt, nehmen die Forschungsaktivitäten hier weiter stark zu.

Verhaltener verlief die Entwicklung dagegen im Bereich Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe. Hier steigen die Weltklassepatente zwar auch stetig an, doch der Patentzuwachs ist nicht so hoch wie in den meisten anderen Kategorien. Es gibt zweifellos großes Potenzial für den Einsatz von Wasserstoff im Transportsektor, gerade bei LKWs, Zügen oder Schiffen, welche nicht oder nur unter hohen Kosten elektrifiziert werden können. Doch der Einsatz von Wasserstoff und Brennstoffzellen in Autos konnte sich bislang aus verschiedenen Gründen (höhere Kosten, geringere Energieeffizienz im Vergleich zu Elektroautos) nicht durchsetzen. Die Entwicklung der Weltklassepatente, welche ein Vorlaufindikator für die nächsten Jahre sind, deutet darauf hin, dass Elektroautos ihren Vorsprung gegenüber Wasserstoff-/Brennstoffzellenautos weiter ausbauen können.

USA, Japan und Deutschland weltweit ganz vorne, aber China holt rasant auf

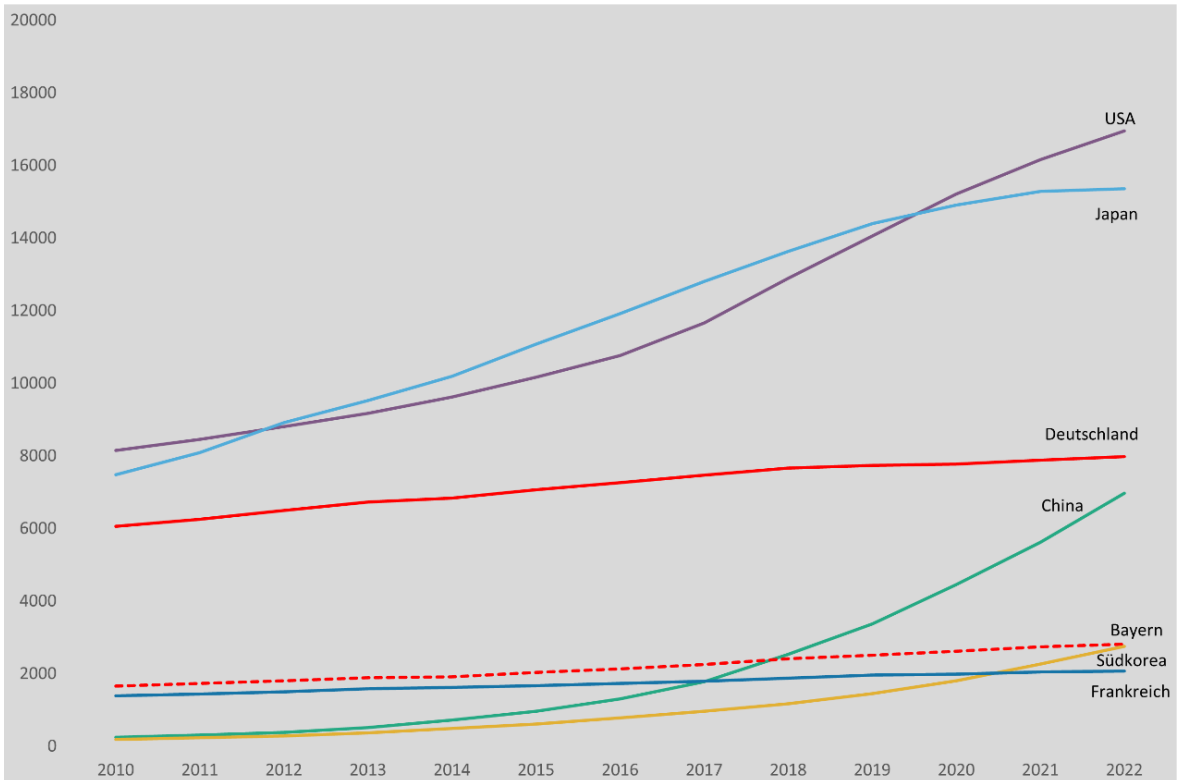
Betrachtet man die Entwicklung der Weltklassepatente in Autotechnologien nach Ort der Erfindung liegen die USA mit 17 000 Stück im Jahr 2022 weltweit ganz vorne. Die USA sind der unangefochtene Technologieführer in den Bereichen Vernetzung / Kommunikation, Autonomes Fahren, Systeme / Smart City und Mensch-Maschine-Interaktion. Neben den großen US-Autoherstellern verfügen insbesondere auch Tech-Unternehmen wie Alphabet, Qualcomm oder Intel über viele Weltklassepatente in diesen Bereichen.

Japan liegt mit über 15 000 Weltklassepatenten auf Platz 2 im globalen Ranking. Das Land ist das weltweit wichtigste Forschungsland im Bereich Elektrifizierung und den traditionellen (Antriebs-)Autotechnologien. In den letzten Jahren ist die Zahl der Weltklassepatente aus Japan jedoch nur noch geringfügig gewachsen.

Deutschland folgt auf dem dritten Rang mit 8000 Weltklassepatenten im Jahr 2022. Bei den traditionellen Antriebstechnologien liegt Deutschland nur knapp hinter Japan auf dem zweiten Rang mit fast 5000 Weltklassepatenten. Bei Themen wie der Elektrifizierung, dem autonomen Fahren oder vernetzten Fahrzeugen ist der Rückstand zur Weltspitze dagegen grösser.

Die gemessen am relativen Anstieg der Weltklassepatente mit Abstand höchste Forschungsdynamik war in den letzten Jahren in China zu verzeichnen. Im Zeitraum 2010 bis 2022 haben sich die Weltklassepatente aus China von 240 auf knapp 7000 vervielfacht. Besonders in den Bereichen Industrie 4.0 im Automobilsektor, Systeme / Smart City und Elektrifizierung ist China bereits einer der wichtigsten Forschungsakteure weltweit.

Abbildung 2: Entwicklung der Auto-Weltklassepatente in den Top 5 Ländern und Bayern



Quelle: EconSight, 2023.

Bayern holt bei der Elektromobilität auf

In Bayern gab es 2022 insgesamt mehr als 2800 Weltklassepatente im Automobilbereich. Wäre Bayern ein Land, würde es im globalen Vergleich damit den fünften Platz knapp vor Südkorea und Frankreich belegen. In Bayern zeigen sich ähnliche Technologietrends wie weltweit. Die Patentbestände bei den traditionellen Antriebstechnologien nehmen seit dem im Jahr 2018 erreichten Höchststand von knapp 1700 Weltklassepatenten auf hohem Niveau allmählich ab. Der Rückgang verläuft bislang jedoch weniger stark als im globalen Durchschnitt, so dass Bayern den Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten in den letzten Jahren sogar leicht steigern konnte. In anderen wichtigen Forschungsstandorten wie z. B. Japan hat sich der Forschungsfokus bereits etwas früher weg von den klassischen Verbrennungsmotoren hin zur Elektromobilität bzw. Brennstoffzellen verschoben.

Abbildung 3: Bayern: Technologieprofil in den Auto-Oberkategorien, 2022

Hinweis: Das Technologieprofil zeigt den Umfang der Spitzenforschungsaktivitäten in den Oberkategorien (Größe der Kugeln entspricht Zahl der Weltklassepatente). Setzt man die Zahl der Weltklassepatente in Relation zur globalen Patentaktivität, ergibt sich der Weltanteil an dieser Technologie (Y-Achse). Die Entwicklung des weltweiten Anteils über zwei Zeitpunkte hinweg zeigt die Zunahme oder Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit einer Region im Laufe der Zeit (X-Achse). Im obigen Beispiel verfügt Bayern in der Kategorie autonomes Fahren über 214 Weltklassepatente im Jahr 2022 (Größe der Kugel). Damit hat Bayern einen Anteil an den globalen Weltklassepatenten von 3.3% (Y-Achse). Dieser Anteil hat seit 2017 um 0.5%-Punkte abgenommen (X-Achse).
Quelle: EconSight 2023

Die bayerischen Patentaktivitäten in den Zukunftstechnologien sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Besonders auffällig ist das hohe Wachstum in den Kategorien Elektrifizierung sowie Systeme / Smart City. Das Technologieprofil zeigt, dass die bayerischen Unternehmen in diesen Bereichen ihre Position im internationalen Forschungswettbewerb in den letzten

Jahren verbessern konnten. In den Bereichen sonstige traditionelle Autotechnologien (insbesondere in den Einzeltechnologien Radlager und Reifen), Industrie 4.0 im Automobilsektor (insbesondere in den Einzeltechnologien Prozessautomatisierung und Smart Factory) und autonomes Fahren konnte die Forschungsaktivität in Bayern dagegen in den letzten Jahren nicht mit der globalen Forschungsdynamik mithalten.

Auffällig ist zudem, dass der bayerische Anteil an den globalen Weltklassepatenten in den Zukunftstechnologien noch deutlich unter den bei den traditionellen Antriebstechnologien erreichten Werten liegt. Dies gilt vor allem für besonders stark von der Digitalisierung geprägte Technologiekategorien wie Systeme / Smart City, Mensch-Maschine-Interaktion, autonomes Fahren und Vernetzung / Kommunikation.[4]

Fazit

Der Forschungsstandort Bayern ist insgesamt gut für den Strukturwandel in der Automobilbranche positioniert. Bayern verfügt in mehreren der immer wichtiger werdenden Zukunftstechnologien über viele Weltklassepatente und in den Bereichen Elektrifizierung, Systeme / Smart City und Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe auch über eine überdurchschnittlich hohe Forschungsdynamik. Allerdings wird es eine große Herausforderung werden, eine ähnlich starke Wettbewerbsposition wie bei den traditionellen Antriebstechnologien zu erreichen. Die Konkurrenz in den Zukunftstechnologiebereichen wie der Elektromobilität oder autonomen Fahrzeugen ist intensiv. Zahlreiche neue asiatische Automobilhersteller drängen auf den Markt, gleichzeitig versuchen auch Batteriehersteller und Tech-Konzerne sich einen Teil der Wertschöpfung zu sichern. Wenn Bayern auch künftig Vorreiter im globalen Technologiewettbewerb bleiben soll, muss konsequent in neue Zukunftstechnologien investiert und die Forschungsdynamik insbesondere in den Feldern Vernetzung / Kommunikation, autonomes Fahren und Industrie 4.0 erhöht werden.

[4] Siehe hierzu auch EconSight (2023): Technologieprofile Bayern – Kurzstudie im Auftrag der vbw

2. Einleitung

Die Automobilindustrie befindet sich in einem tiefgreifenden Strukturwandel, der insbesondere vom technischen Fortschritt, Änderungen des Konsumverhaltens, klimapolitischer Regulierung und branchenfremder Konkurrenz (IT- und Elektrounternehmen) getrieben wird. Zentrale Trends sind autonomes Fahren, Konnektivität, Nachhaltigkeit, Dekarbonisierung, Elektrifizierung und Mobilität als Dienstleistung.[5] Ein wichtiger Treiber ist die Digitalisierung, die einerseits als Querschnittstechnologie in anderen Technologien Veränderungen hervorruft, aber auch komplett neue Geschäftsmodelle eröffnet.

Dadurch ergeben sich gleichzeitig Chancen und Herausforderungen für die Automobilbranche. Sichtbar wird dies anhand der zunehmenden Anzahl neuer (Elektro-)Autohersteller, die auf den Markt drängen, des aufgrund des hohen Investitionsbedarfs für den Wandel zur Elektromobilität resultierenden Konsolidierungsdrucks bei etablierten Autoherstellern (z. B. Zusammenschluss von Fiat Chrysler und des PSA-Konzerns zu Stellantis im Jahr 2021), neuer spezialisierter Zulieferer aus dem Batterieumfeld sowie des Drucks auf klassische Zulieferer aus dem Antriebs- und Getriebebereich.

Aufgrund der Rolle der Automobilbranche als Schlüsselindustrie in Bayern ist es für die regionale Wirtschaftsentwicklung von großer Bedeutung, dass es den bayerischen Autounternehmen und -zulieferern gelingt, den Strukturwandel erfolgreich zu bewältigen. Ein wichtiger Faktor wird hierbei sein, ob es den Unternehmen gelingt, in den immer wichtiger werdenden Zukunftstechnologien im Automobilsektor eine Spitzenposition einnehmen zu können.

Die vorliegende Studie zeigt anhand einer umfangreichen patentbasierten Technologieanalyse, wie die globalen Trends in den wichtigsten Autotechnologien aussehen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Analyse der Positionierung der bayerischen Automobilbranche in den wichtigsten Technologien im nationalen und internationalen Vergleich. Hierdurch können Stärken und Schwächen der bayerischen Unternehmen identifiziert werden.

Für die Analyse wurden mehr als 40 Einzeltechnologien[6] in neun Technologiekategorien analysiert, welche das Technologieuniversum im Automobilsektor möglichst umfassend abbilden. Die Technologien decken sowohl traditionelle Bereiche wie Verbrennungsmotoren, Reifen usw. als auch die wichtigsten Zukunftssegmente wie autonomes Fahren, Elektromobilität oder Vernetzung / Kommunikation im Straßenverkehr ab.

[5] Deloitte (2023): Future of Automotive Mobility Study

[6] Eine kurze inhaltliche Beschreibung der Einzeltechnologien findet sich im Anhang.

2.1. Technologieliste

Die Einzeltechnologien werden den folgenden Kategorien zugeteilt:

1. Traditionelle Antriebstechnologien
2. Sonstige traditionelle Autotechnologien
3. Elektrifizierung
4. Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe
5. Industrie 4.0 im Automobilsektor
6. Systeme / Smart City
7. Autonomes Fahren
8. Vernetzung / Kommunikation
9. Mensch-Maschine-Interaktion

Tabelle 1: Technologieüberblick

Nr.	Name
	Traditionelle Antriebstechnologien
1	Dieselöl, Dieselmotoren
2	Abgaskatalysator in der Automobilindustrie
3	ICE-Verbrennungsmotoren im Automobilbau
4	Ventile
5	Getriebe im Automobilbau
	Sonstige traditionelle Autotechnologien
6	Lager in der Automobilindustrie
7	Effizientes Autodesign, Gewichtskontrolle
8	Reifen, Gummis für Reifen
	Elektrifizierung
9	Batterien in der Mobilität
10	Batterieladegerät für Fahrzeuge
11	Elektromotoren
12	Elektroautos
13	Getriebe in Elektrofahrzeugen
14	Hairpin, U-Pin, I-Pin, X-Pin E-Motoren
15	Hybridfahrzeuge
16	Wellen-, Phasenwicklungen für E-Motoren
17	Doppelschichtkondensatoren in der Mobilität
	Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe
18	Brennstoffzellen in der Mobilität
19	Synthetische Treibstoffe
20	Wasserstofftankstellen

Nr.	Name
	Industrie 4.0 im Automobilsektor
21	Additive Fertigung
22	Co-Roboter
23	Digitaler Zwilling
24	Industrieroboter
25	Prozessautomatisierung
26	Intelligente Fabrik / Vorausschauende Wartung
	Systeme / Smart City
27	Intelligente vernetzte städtische Dienste
28	Urbane Logistik / automatisierte Lagerwirtschaft
29	Smart City
	Autonomes Fahren
30	Autonome Straßenfahrzeuge
	Vernetzung / Kommunikation
31	Fahrzeug- und Verkehrssicht
32	Interaktion im Straßenverkehr
33	Vernetzte Autos, V2V, V2P, V2Cloud, V2Home
	Mensch-Maschine-Interaktion
34	Human Signal Recognition
35	Head-up-Display
36	Erkennung von Gesten
37	Gesichtserkennung
38	Eye Tracking
39	Interaktion mit dem Gehirn
40	Biometrie
41	Spracherkennungssysteme

2.2. Methodik Patentanalyse

Die Grundlage der Technologieanalyse ist die Auswertung von Patentdaten. Patente sind ein wichtiger Erfolgsausweis von Forschung und Entwicklung und damit einer der wichtigsten Innovationsoutput-Indikatoren. Das Patentportfolio einer (regionalen) Volkswirtschaft bzw. ihrer Unternehmen und Forschungseinrichtungen bildet eine wichtige Grundlage für ihre Innovations- und damit auch Zukunftsfähigkeit. Vor allem Neuerungen im hochtechnologischen Bereich sind elementar, um wettbewerbsfähig zu bleiben und drängende gesellschaftliche Herausforderungen zu lösen. Patentanalysen tragen dazu bei, die Stärken und Schwächen einer Region aufzudecken. Der Fokus von Patentanalysen liegt dabei naturgemäß ausschließlich auf den Innovationsaktivitäten von Unternehmen und Forschungsinstitutionen. Stärken oder Schwächen in Bereichen der Wertschöpfungskette, welche nicht oder weniger von Innovationsaktivitäten der Unternehmen geprägt sind (wie z. B. Vertrieb, Marketing usw.) können durch Patentanalysen nicht erfasst werden. Das gleiche gilt für Stärken oder Schwächen hinsichtlich Standortfaktoren (z. B. Energiekosten, Fachkräfteverfügbarkeit, Steuerbelastung usw.).

In dieser Studie werden die Begriffe Patente und Patentfamilien synonym verwendet. Technisch gesehen ist der Begriff „einfache Patentfamilie“ oder „simple family“ korrekt. Häufig melden Unternehmen eine Erfindung in mehreren Ländern zum Patent an. Dies resultiert in mehreren Patentanmeldungen (bzw. bei erfolgreicher Erteilung in mehreren Patenten) für die gleiche Erfindung. Derart verbundene Patente und Anmeldungen nennt man zusammen eine „Patentfamilie“.

In der vorliegenden Analyse liegt der Fokus auf der Entwicklung der Patente im Bereich der Automobiltechnologien. Hierfür wurden Einzeltechnologien auf Grundlage von Patentklassen und Stichwörtern definiert, welche die relevanten Technologietrends im Automobilsektor bestmöglich abdecken (siehe Tabelle 1: Technologieüberblick). Anschließend wurden alle weltweit gültigen Patente mit inhaltlichem Bezug zu den definierten Auto-Technologien identifiziert und den jeweiligen Einzeltechnologien, Technologiekategorien, Regionen/Ländern und Unternehmen/Forschungseinrichtungen zugeordnet. Aufgrund gewisser inhaltlicher Überschneidungen zwischen den verschiedenen Technologien gibt es einige Patente, die mehr als einer Technologie bzw. mehr als einer Technologiekategorie zugerechnet sind.

Anhand der Entwicklung der Patente pro Jahr kann die Stärke der Patentportfolios der ausgewählten Länder bzw. Regionen analysiert und verglichen sowie die technologische Entwicklung aufgezeigt werden. Dabei werden sämtliche aktive Patente, also auch ältere noch gültige Patente, zum jeweiligen Stichtag (Jahresende) berücksichtigt. Die Laufzeit eines Patents beträgt im Normalfall 20 Jahre ab dem Zeitpunkt der Anmeldung unter der Voraussetzung, dass die jährlichen Patentgebühren gezahlt werden. Zahlreiche Patente verfallen jedoch frühzeitig aufgrund der Nichtzahlung der Jahresgebühren, falls sich für den Patentbesitzer keine ausreichend lukrative Verwertungsmöglichkeit ergibt. Auch die erfolgreiche Anfechtung eines Patents oder die Nichterteilung eines Patents nach der Patentprüfung führen zum Inaktivwerden

eines Patents. Die Analyse auf Grundlage der aktiven Patente unterscheidet sich von anderen Patentanalysen, bei denen häufig nur neue Patentanmeldungen pro Jahr gezählt werden. Der Vorteil des in dieser Studie verwendeten Ansatzes besteht darin, dass sowohl die Dynamik der Entwicklung des Patentbestandes im Zeitverlauf als auch die absolute Größe und Stärke eines Patentportfolios zum jeweils aktuellen Zeitpunkt gemessen werden kann. Bei Auswertungen auf Grundlage von Patentanmeldungen werden dagegen nur die neuesten Entwicklungen erfasst, während bereits bestehendes technologisches Know-how aus älteren Patenten nicht berücksichtigt wird.

Ein weiteres wichtiges Element der Analyse ist der Fokus auf die Patentqualität. Grundlage für die Bewertung der Qualität ist eine Kombination aus Zitierungen des Patents sowie der Länderabdeckung des Patentes.

Die Zitierhäufigkeit des Patents ergibt sich daraus, wie oft die Prüfer der verschiedenen Patentämter darauf Bezug nehmen und es zitieren. Die Patentämter prüfen nach recht ähnlichen Methoden, ob eine Patentanmeldung neu und erfinderisch ist, und ziehen dazu andere, publizierte Patente heran. Daraus wird ersichtlich, wie wichtig eine Erfindung im Vergleich zu anderen Patenten in derselben Technologie ist. EconSight legt hier besonderen Wert auf die Relevanz der gemessenen Werte. Während andere Bewertungssysteme Zitierungen einfach zählen oder bestenfalls jüngere Zitierungen höher gewichten als ältere Zitierungen, fokussiert EconSight auf business-relevante Zitierungen. So ist beispielsweise die Zitierung eines Patents durch einen einzelnen Forschenden weniger wert als die Zitierung durch ein großes Unternehmen wie Alphabet.

Die Länderabdeckung berechnet die weltweite gesetzliche Abdeckung des Patentschutzes. Sie zeigt, wie Unternehmen die Bedeutung ihrer eigenen Erfindung bewerten. Je grösser die Zahl der Länder, in denen das Patent angemeldet wird, desto teurer wird der Patentschutz. Eine breitere internationale Länderabdeckung signalisiert also, dass der Patentanmelder sein Patent für vielversprechend hält. Gemessen wird insbesondere, ob ein Patent die "kritische Masse" der wichtigsten Märkte erreicht hat (mehrere große Länder wie die USA, China, Japan, aber auch zentrale mittelgroße Länder wie Großbritannien, Deutschland, Südkorea).

Die individuelle Patentstärke als Kombination aus Länderabdeckung und Zitierhäufigkeit lässt darauf schließen, welche Auswirkung eine Patentfamilie auf den Wettbewerb hat und erlaubt eine Einteilung in wichtige Patente und weniger wichtige Patente. Bei unseren Auswertungen liegt der Fokus auf dem Bestand und der Entwicklung der besten zehn Prozent der Patente pro Technologie – die sogenannten Weltklassepatente.

Der Fokus auf Weltklassepatente ist sinnvoll, um verzerrende Effekte durch länderspezifische Unterschiede in den Patentierungssystemen zu reduzieren. So werden beispielsweise in China Forschende u. a. mit Steuererleichterungen dazu angehalten, so viel wie möglich zu patentieren, um die Relevanz des Forschungsstandorts China zu erhöhen.

Ein Patent ist das Ergebnis von Forschungsarbeiten, die in der Regel von mehreren Forschenden, teilweise von mehr als einer Einrichtung und manchmal von mehr als einem Land,

durchgeführt werden. Es stellt sich die Frage, wie diese Patente gezählt werden sollen und welcher Region bzw. welchem Land sie zugeschrieben werden sollen. In Patentanalysen gibt es üblicherweise zwei Möglichkeiten zur geographischen Zuordnung der Patente. Die erste Möglichkeit ist die Zuordnung der Patente nach der Adresse des Patentanmelders (meistens ein Unternehmen). Ein Nachteil bei diesem Ansatz ist, dass teilweise die Adresse des anmeldenden Unternehmens nicht mit dem Ort der Erfindung übereinstimmt. Beispielsweise kann es sein, dass ein Großunternehmen das Patent unter der Adresse des Hauptsitzes anmeldet, auch wenn die Forschungsarbeit tatsächlich an einer anderen Niederlassung des Unternehmens stattgefunden hat. Um dieses Problem zu vermeiden, erfolgt häufig stattdessen die geografische Zuordnung der Patente anhand der Wohnsitze der beteiligten Erfinder und Erfinderinnen. Dieser Ansatz wurde auch in der vorliegenden Studie verwendet.[7]

Sind beispielsweise auf einem Patent Forschende mit einer Adresse in Bayern genannt, wird dieses Patent Bayern zugeordnet. Sofern es sich um eine Forschungskooperation mit zusätzlichen Forschenden aus anderen Ländern handelt, so wird das Patent auch diesen Ländern zugeordnet – es wird davon ausgegangen, dass die technologische Kompetenz in jedem beteiligten Land vorhanden ist. Der Sitz des anmeldenden Unternehmens ist für diese Analyse nicht relevant. Es ist beispielsweise möglich, dass an einem Patent eines Unternehmens mit Sitz in Deutschland nur Forschende mit Wohnort in den USA beteiligt waren, da das Unternehmen einen Forschungsstandort in den USA unterhält. In diesem Fall würde das Patent den USA zugeordnet werden, da die Forschungsleistung ausschließlich dort erbracht worden ist.

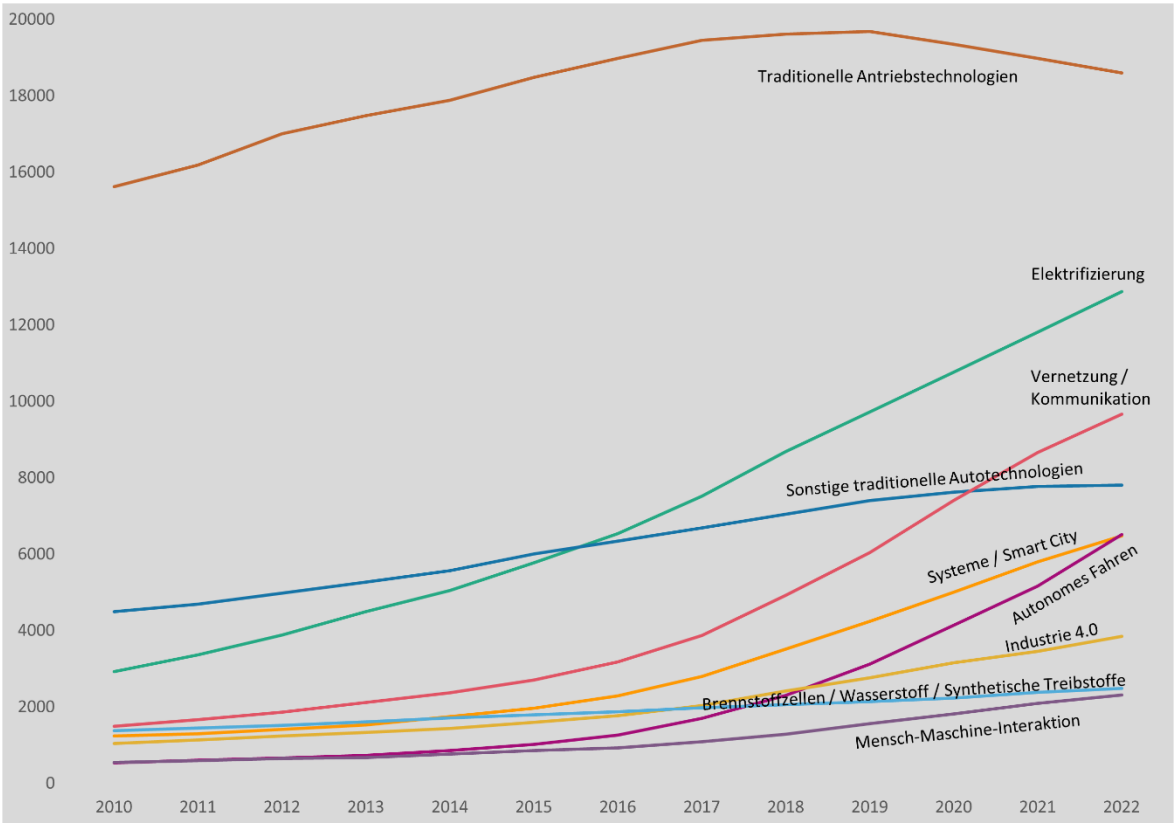
Ein Nachteil der Zuordnung nach Wohnsitzadressen der Forschenden besteht darin, dass es aufgrund von Pendlerbewegungen gelegentlich zu Fehlern in der regionalen Zuteilung kommen kann. Falls beispielsweise ein Erfinder oder eine Erfinderin bei BMW in München ein Patent entwickelt, aber in Augsburg wohnt, wird dieses Patent dem Regierungsbezirk Schwaben statt dem Regierungsbezirk Oberbayern zugerechnet, falls nicht auch weitere Forschende mit Wohnsitz in Oberbayern an der Patententwicklung beteiligt sind.

[7] In der Kurzstudie EconSight (2023): Technologieprofile Bayern wurde dagegen ein kombinierter Ansatz aus Anmelder-Adresse und Adressen der Forschenden gewählt, um den Maximalwert der regionalen Innovationsaktivitäten zu ermitteln. Dadurch sind die Patentzahlen in einigen Technologien etwas höher als in der vorliegenden Studie.

3. Globale Trends in Autotechnologien

Zwischen 2010 und 2022 hat sich der Bestand an globalen Weltklassepatenten in den definierten Autotechnologien von knapp 25 000 auf über 55 000 mehr als verdoppelt. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Anstieg von knapp 7%. Die globalen Spitzenforschungsaktivitäten haben somit insgesamt stark zugenommen. In allen neun Oberkategorien ist der Bestand an Weltklassepatenten in diesem Zeitraum gestiegen.

Abbildung 4: Globale Entwicklung der Weltklassepatente in den Auto-Oberkategorien



Quelle: EconSight, 2023.

- Innerhalb der Oberkategorien sind die traditionellen Antriebstechnologien (Verbrennungsmotoren, Ventile, Katalysatoren, Getriebe) noch die in Patentzahlen gemessen größte Kategorie mit über 18 000 Weltklassepatenten. Der Höhepunkt bei den Weltklassepatenten wurde in dieser Kategorie jedoch bereits 2019 erreicht und seitdem ist der Bestand an Weltklassepatenten rückläufig. Angesichts der Tatsache, dass Autos mit Verbrennungsmotoren ab 2035 in der EU nur noch zugelassen werden können, wenn sie mit klimaneutralen Kraftstoffen betrieben werden, dürften die Forschungsaktivitäten im Bereich der traditionellen Antriebstechnologien nach und nach an Bedeutung verlieren.

- Der Wandel zur Elektromobilität geht einher mit einem starken Anstieg der Forschungsaktivitäten in der Kategorie Elektrifizierung. Seit 2010 haben sich die Weltklassepatente vervierfacht (von 3000 auf 13 000). Damit ist die Elektrifizierung mittlerweile

die zweitgrößte Kategorie. Die wichtigsten Einzeltechnologien in dieser Kategorie sind Batterien, Elektroautos und -motoren. Die Forschungsdynamik war auch in den letzten Jahren ungebrochen hoch, so dass in den kommenden Jahren weitere signifikante technologische Fortschritte bei der Elektromobilität zu erwarten sind.

- Auch in der Kategorie Vernetzung / Kommunikation sind die Weltklassepatente stark gestiegen (von 1500 auf 9700 zwischen 2010 und 2022). Die Kategorie umfasst Technologien, welche die Kommunikation zwischen Fahrzeugen abbilden, sowie auch die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Fahrräder usw.), Verkehrsinfrastrukturen (Ampeln, Funkbaken usw.) und dem eigenen Heim (z. B. zur Abgabe von elektrischer Energie von Elektro- und Hybridautos zurück in ein Hausnetz). Ein wichtiger Teilbereich dabei ist die Technologie Fahrzeug- und Verkehrssicht, also das maschinelle Sehen von Fahrzeugen mittels Kameras und anderen visuellen Sensoren. Der Einsatz dieser Technologien soll zukünftig dazu beitragen, die Verkehrsströme zu optimieren und die Zahl der Unfälle zu verringern.

- Die zweite Kategorie der traditionellen Autotechnologien umfasst Technologien in den Bereichen effizientes Autodesign, Gewichtskontrolle, Radlager sowie Reifen. In dieser Kategorie sind die Weltklassepatente weltweit zwischen 2010 und 2022 von 4500 auf knapp 8000 Stück gewachsen. Allerdings hat sich hier die Dynamik in den letzten Jahren abgeschwächt. Grundsätzlich ist der Ausblick für diese Kategorie aber besser als für die traditionellen Antriebstechnologien, da Bereiche wie effizientes Autodesign oder Reifen auch bei Elektroautos eine wichtige Rolle spielen werden. Allerdings benötigen Elektroautos weniger Wälzlager, welche zudem andere Eigenschaften aufweisen müssen, während etwa die Nachfrage nach Hybridlagern in elektrischen Antriebssträngen steigen wird. Der Wandel zur Elektromobilität stellt somit nicht nur Autohersteller, sondern auch die Zulieferer vor große Herausforderungen.[8]

- Die höchste relative Wachstumsdynamik war beim autonomen Fahren zu beobachten. Die Weltklassepatente sind zwischen 2010 und 2022 von rund 500 auf über 6 500 Stück gestiegen. Damit Fahrzeuge ihre Umgebung in Echtzeit erfassen können, sind verschiedene Sensoren und Wahrnehmungssysteme zentral, darunter Lidar, Radar, Kameras und Ultraschallsensoren. Es gibt daher einige Patente, die sowohl der Technologie autonome Straßenfahrzeuge als auch der Technologie Fahrzeug- und Verkehrssicht aus der Kategorie Vernetzung / Kommunikation zugeordnet sind. Für die Verarbeitung der erfassten Daten ist (KI-)-Software zentral, die es den Fahrzeugen ermöglicht, Muster zu erkennen, Entscheidungen zu treffen und sich an unterschiedliche

[8] Siehe hierzu auch IW Consult und Fraunhofer IAO (2021): Wirtschaftliche Bedeutung regionaler Automobilnetzwerke in Deutschland und IW Consult und Fraunhofer IAO (2021): Auto-Cluster Bayern Entwicklung und Zukunftsperspektiven

Verkehrssituationen anzupassen. Bislang fahren auf den Straßen nur sehr wenige Fahrzeuge, die die Fähigkeit zum hochautomatisierten Fahren haben (sogenannte Level 3-Entwicklungsstufe). Bei Level 3-Fahrzeugen können Fahrerinnen und Fahrer die Augen von der Straße abwenden, müssen aber das Fahrzeug in Gefahrensituationen kurzfristig übernehmen können. Der Durchbruch von vollständig selbstfahrenden Autos (Level 4 und Level 5-Fahrzeuge) lässt dagegen wegen noch nicht gelöster technologischer und regulatorischer Hürden auf sich warten. Die Forschungsdynamik im Bereich autonomes Fahren ist aber ungebrochen hoch.

- Die gemessen an den globalen Weltklassepatenten sechstgrößte Kategorie ist die Kategorie Systeme / Smart City. In diesem Bereich haben sich die Weltklassepatente zwischen 2010 und 2022 mehr als verfünffacht (von 1 200 auf fast 6 500). Der Begriff Systeme / Smart City umfasst im Rahmen dieser Studie Technologien zur intelligenten Steuerung städtischer Mobilitätsprozesse. Beispiele hierfür sind etwa moderne Mobilitätskonzepte wie Carsharing / Ridesharing, intelligente Verkehrsleitsysteme (z. B. digital gesteuerte Verkehrshinweise, dynamische Fahrspuren) oder der Einsatz von Drohnen, Robotern und autonomen Fahrzeugen in der urbanen Logistik. Anzumerken ist, dass im Bereich Systeme / Smart City inhaltliche Überschneidungen mit der Kategorie Vernetzung / Kommunikation bestehen, da die Vernetzung zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen auch für Smart City-Anwendungen wichtig ist. Einige Patente werden daher beiden Kategorien zugerechnet.

- Auch das Thema Industrie 4.0 spielt im Automobilsektor eine immer wichtigere Rolle. Die Zahl der Weltklassepatente hat sich seit 2010 von rund 1000 Stück auf mehr als 3 800 Stück fast vervierfacht. Ein wesentlicher Wachstumstreiber dabei ist die zunehmende Vernetzung der Produktionsprozesse. Beispielsweise sollen vorausschauende Wartungssysteme dazu beitragen, dass die Produktion ressourceneffizienter wird.

- Etwas verhaltener verlief die Entwicklung im Bereich Brennstoffzellen / Wasserstoff / synthetische Treibstoffe. Hier steigen die Weltklassepatente zwar auch seit 2010 stetig an, doch die Dynamik kann nicht mit den meisten anderen Kategorien mithalten. Es ist unumstritten, dass es großes Potenzial für den Einsatz von Wasserstoff im Transportsektor gibt, gerade bei LKWs, Zügen oder Schiffen, welche nicht oder nur unter hohen Kosten elektrifiziert werden können.[9] Doch der Einsatz von Wasserstoff bzw. Brennstoffzellen in Autos konnte sich bislang aus verschiedenen Gründen (hohe Kosten, fehlende Infrastruktur, geringere Energieeffizienz im Vergleich zu Elektroautos) nicht durchsetzen. Die Entwicklung der Weltklassepatente, welche ein Vorlaufindikator für die nächsten Jahre sind, deutet darauf hin, dass Elektroautos ihren Vorsprung gegenüber Wasserstoff-/Brennstoffzellenautos weiter ausbauen können.

[9] IEA (2023): Hydrogen patents for a clean energy future

- Ebenfalls stark gewachsen sind die Weltklassepatente im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion im Automobilbereich, auch bekannt als Human-Machine-Interface (HMI). Diese Kategorie umfasst verschiedene Technologien wie z. B. Gesten- oder Spracherkennung, die darauf abzielen, die Interaktion zwischen Fahrern und Fahrzeugen zu erleichtern, die Sicherheit zu verbessern und ein besseres Fahrerlebnis zu bieten. Trotz des hohen Patentwachstums ist diese Kategorie noch die kleinste der neun Kategorien. Die Zahl der Weltklassepatente im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion ist zwischen 2010 und 2022 von rund 500 auf etwa 2300 gestiegen.

Verbrennungsmotoren sind noch die größte Einzeltechnologie

Betrachtet man die Weltklassepatente auf Ebene der Einzeltechnologien zeigen sich beträchtliche Größenunterschiede. In einigen Technologien wie Verbrennungsmotoren, Batterien, Elektroautos oder autonome Fahrzeuge überschreiten die Weltklassepatente die Schwelle von 5000 oder gar 10 000 Stück. In anderen Technologien (z. B. kollaborative Roboter in Autofabriken, sog. Cobots) liegen die globalen Weltklassepatente noch unter 50 Stück.

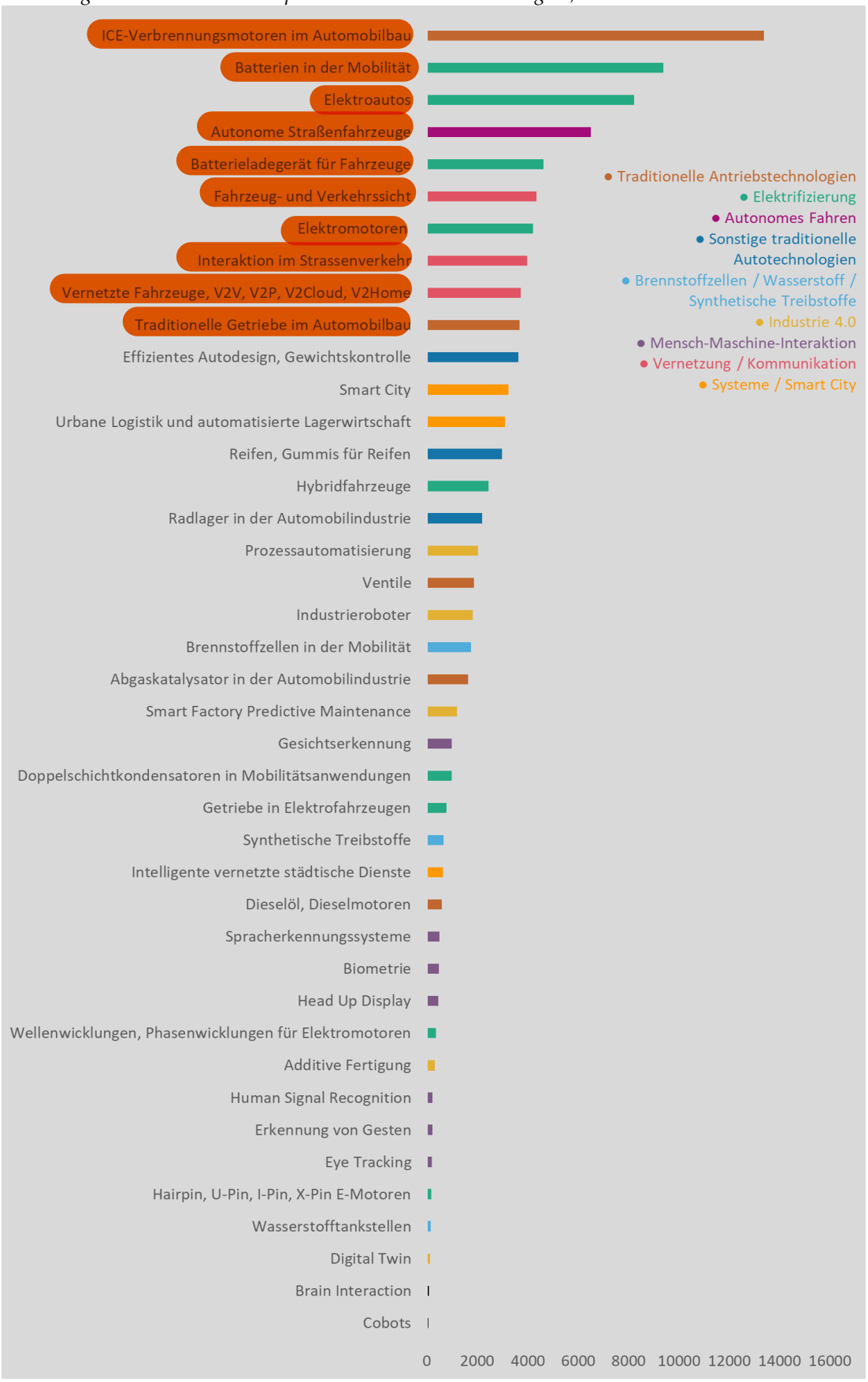
- Die Einzeltechnologie mit der höchsten Forschungsdynamik seit 2017 ist Digital Twin. Ein Digital Twin in der Autoproduktion ist die virtuelle Modellierung von Autos oder Produktionsprozessen. Hierfür werden Echtzeitdaten aus Sensoren und anderen Quellen erfasst, um eine genaue Darstellung des realen Fahrzeugs oder der Produktionslinie zu erstellen. Somit können laufend die Daten des digitalen Zwillings mit den Daten des physischen Gegenstücks verglichen werden, um Abweichungen oder Probleme zu erkennen. Zudem kann der digitale Zwilling für virtuelle Tests und für die Erstellung von Prototypen verwendet werden.[10] Ziel ist es, die Qualität in der Autoproduktion zu verbessern, Ausfallzeiten zu minimieren und die Effizienz zu steigern. Allerdings steht der Einsatz von Digital Twins noch immer am Beginn seiner Entwicklung. Dies zeigt sich auch an dem trotz des hohen Wachstums immer noch geringen globalen Bestand an Weltklassepatenten (124 Weltklassepatente im Jahr 2022).

- Eine deutlich größere Technologie mit hoher Dynamik ist die Technologie vernetzte Fahrzeuge, V2V, V2P, V2Cloud, V2Home. Diese umfasst Patente, die in erster Linie auf die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern gerichtet sind. Dazu gehört die Kommunikation zwischen Fahrzeugen, aber auch die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Fußgängern oder der Infrastruktur. In dieser Technologie hat sich die Zahl der Weltklassepatente seit 2017 von rund 860 auf über 3700 Stück erhöht.

Grundsätzlich war die Forschungsdynamik in der überwiegenden Mehrheit der Einzeltechnologien hoch. Nur bei Verbrennungsmotoren, Katalysatoren, traditionellen Getrieben und Dieselöl / Dieselmotoren sind die Weltklassepatente in den letzten fünf Jahren leicht gesunken.

[10] Vgl. Prognos / Zukunftsrat der bayerischen Wirtschaft (2017): Neue Wertschöpfung durch Digitalisierung

Abbildung 5: Zahl der Weltklassepatente in den Einzeltechnologien, 2022



Quelle: EconSight, 2023

3.1. Entwicklung nach Ländern / Regionen

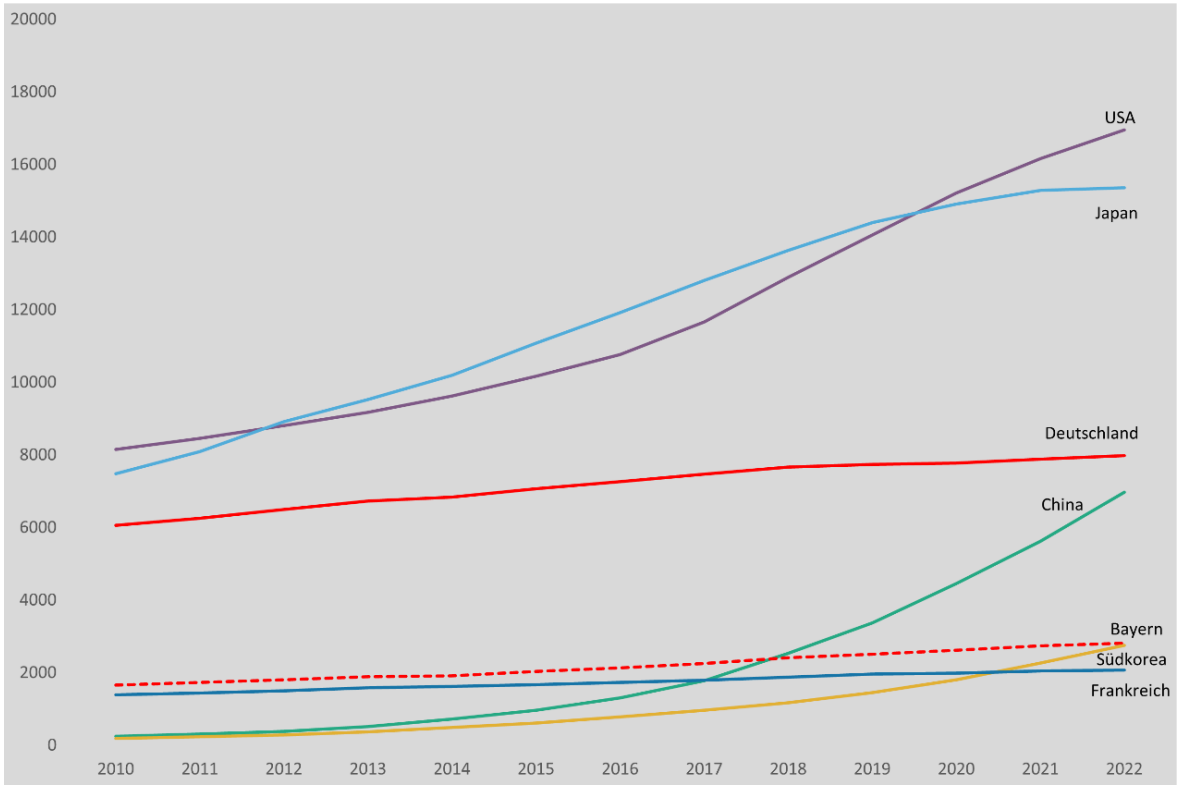
Die USA sind in den Autotechnologien gemessen an der Zahl der Weltklassepatente der weltweit führende Forschungsstandort. Im Jahr 2022 verfügten die USA über einen Bestand an Weltklassepatenten von fast 17 000 Stück.

Japan liegt im globalen Vergleich knapp hinter den USA auf Platz 2 mit über 15 000 Weltklassepatenten. Das Land ist der wichtigste Forschungsstandort im Bereich Elektrifizierung und den traditionellen (Antriebs-)Autotechnologien. Vor allem der japanische Autokonzern Toyota verfügt über zahlreiche Weltklassepatente in vielen verschiedenen Technologiebereichen.

Deutschland folgt mit einigem Abstand auf dem dritten Rang mit rund 8000 Weltklassepatenten. Am stärksten schneidet Deutschland bei den traditionellen Antriebstechnologien ab, bei denen es knapp hinter Japan auf dem zweiten Rang liegt mit fast 5000 Weltklassepatenten. In anderen Kategorien wie etwa Elektrifizierung, Vernetzung / Kommunikation oder autonomes Fahren besteht dagegen ein gewisser Rückstand zur Weltspitze.

Die mit Abstand höchste Forschungsdynamik war in den letzten Jahren in China zu verzeichnen. Im Zeitraum 2010 bis 2022 haben sich die Weltklassepatente aus China von 240 auf knapp 7 000 vervielfacht. Besonders in den Bereichen Industrie 4.0, Systeme / Smart City und Elektrifizierung ist China bereits einer der wichtigsten Forschungsakteure weltweit.

Abbildung 6: Entwicklung der Auto-Weltklassepatente in den Top 5 Ländern und Bayern

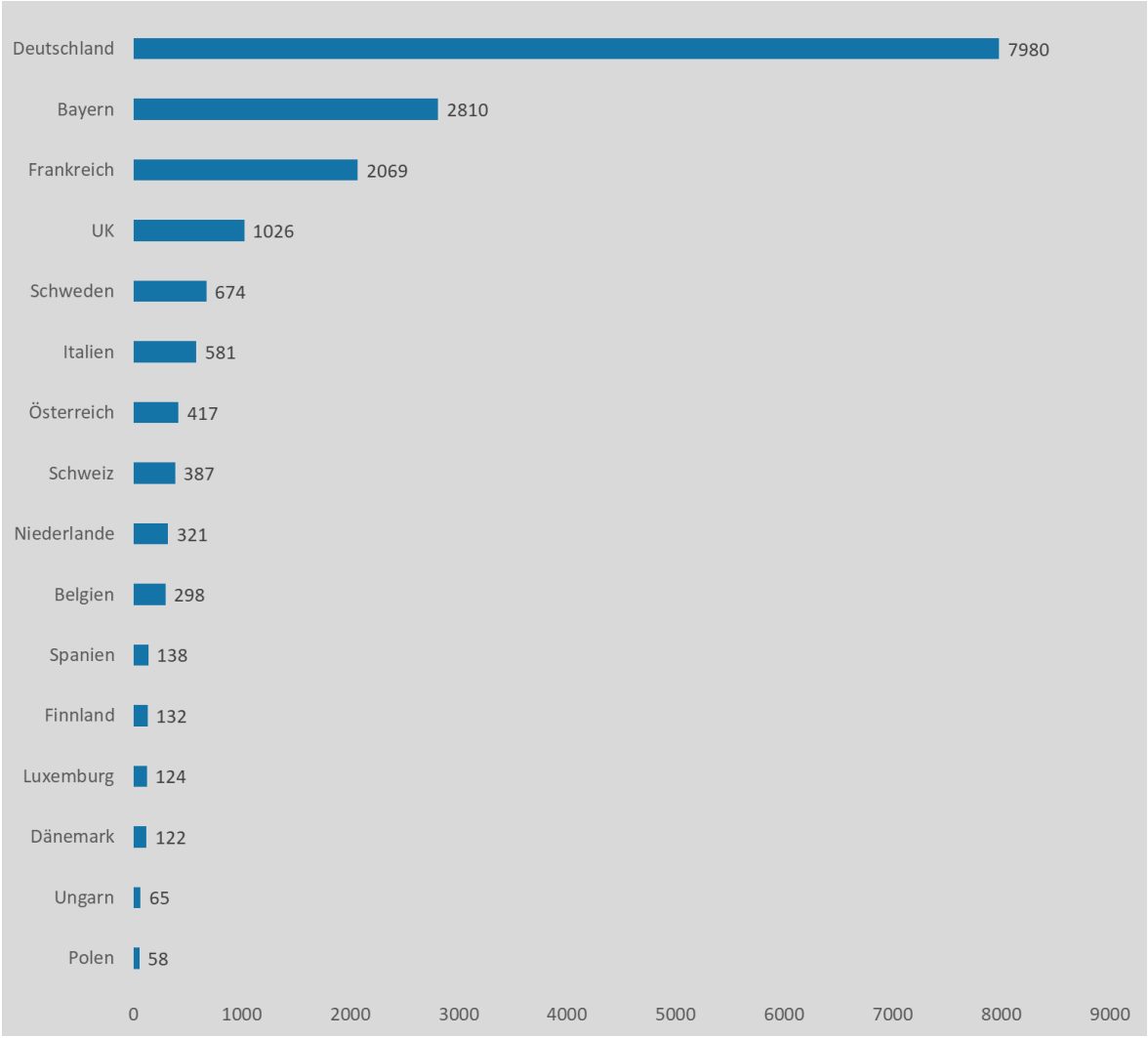


Quelle: EconSight, 2023.

Deutschland in Europa klar vorne, aber Forschungsdynamik unterdurchschnittlich

In Europa ist Deutschland mit Abstand der wichtigste Forschungsstandort in Autotechnologien. Im Jahr 2022 kamen mehr Weltklassepatente aus Deutschland (7980 Weltklassepatente) als aus allen anderen europäischen Ländern zusammen. Frankreich (2069) und Großbritannien (1026) folgen im europäischen Ländervergleich auf den Plätzen zwei und drei.

Abbildung 7: Aktiver Bestand an Weltklassepatenten in Autotechnologien im Jahr 2022



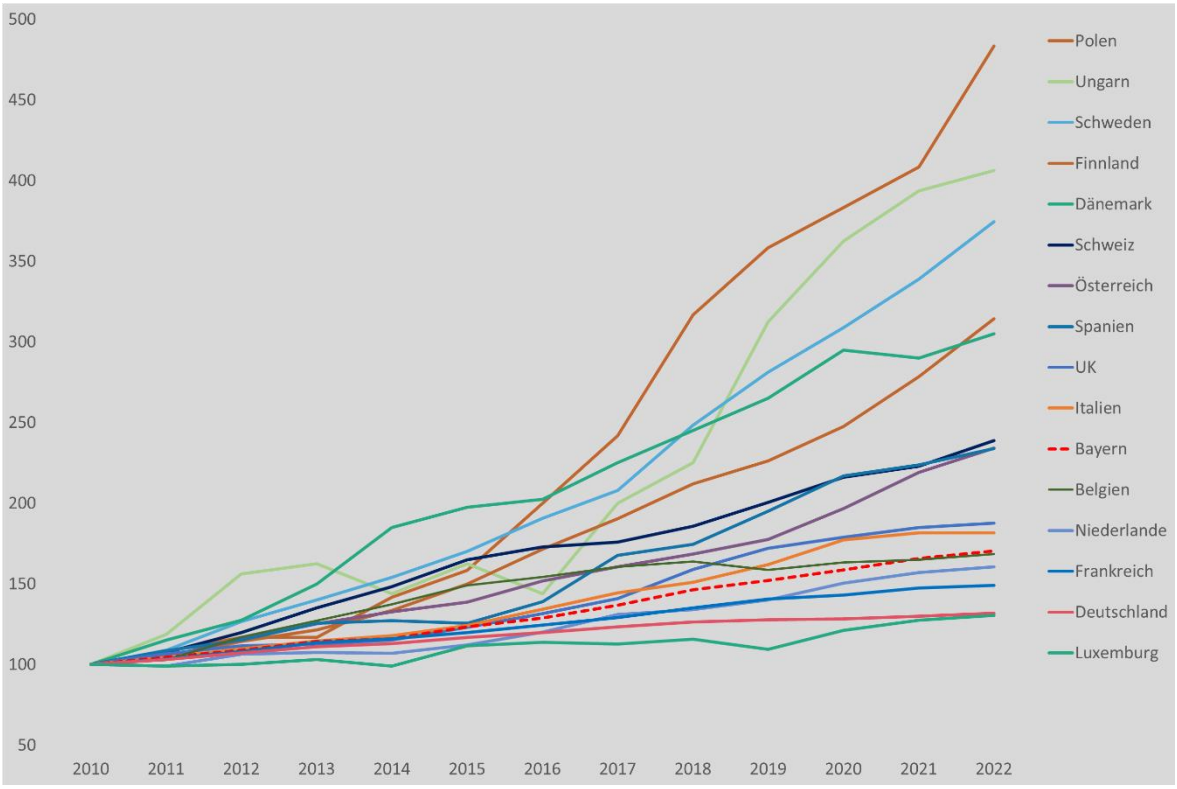
Quelle: EconSight, 2023.

Betrachtet man das Wachstum der Weltklassepatente seit 2010 stellt Deutschland im Vergleich der fünfzehn wichtigsten Forschungsländer in Europa allerdings das Schlusslicht zusammen mit Luxemburg dar. Seit 2010 ist der Bestand an in Deutschland entwickelten Weltklassepatenten um lediglich rund 30% gestiegen. In Bayern lag das Wachstum der Weltklassepatente im gleichen Zeitraum mit knapp 70% höher als im deutschen Schnitt, mit den dynamischsten Ländern konnte aber auch Bayern nicht mithalten.

Ganz vorne liegen im Dynamik-Ranking zwei osteuropäische Länder (Polen und Ungarn) sowie drei skandinavische Länder (Schweden, Finnland und Dänemark). In diesen Ländern hat sich der Bestand an Weltklassepatenten seit 2010 verdreifacht bis verfünffacht. Polen und

Ungarn konnten in den letzten Jahren insbesondere in den Bereichen Vernetzung / Kommunikation, Elektrifizierung und autonomes Fahren ein hohes Wachstum bei den Weltklassepatenten erreichen. Zahlreiche Autounternehmen und -zulieferer haben Forschungsaktivitäten in Polen bzw. Ungarn (z. B. Stellantis (aiMotive) und Knorr Bremse in Ungarn, TomTom, Aptiv und Intel in Polen). Trotz des hohen Wachstums ist die Gesamtzahl an Weltklassepatenten aber in den osteuropäischen Ländern noch überschaubar (Polen: 58 Weltklassepatente im Jahr 2022, Ungarn: 65). In Schweden hat der Bestand an Weltklassepatenten dagegen mit rund 674 Stück bereits ein hohes Niveau erreicht. Schweden liegt damit im europäischen Vergleich auf dem vierten Rang in Bezug auf den Bestand an Weltklassepatenten.

Abbildung 8: Indexierte Entwicklung der Weltklassepatente in den Top Forschungsländern in Europa und Bayern



2010 = 100

Quelle: EconSight, 2023.

3.2. Technologieprofil USA

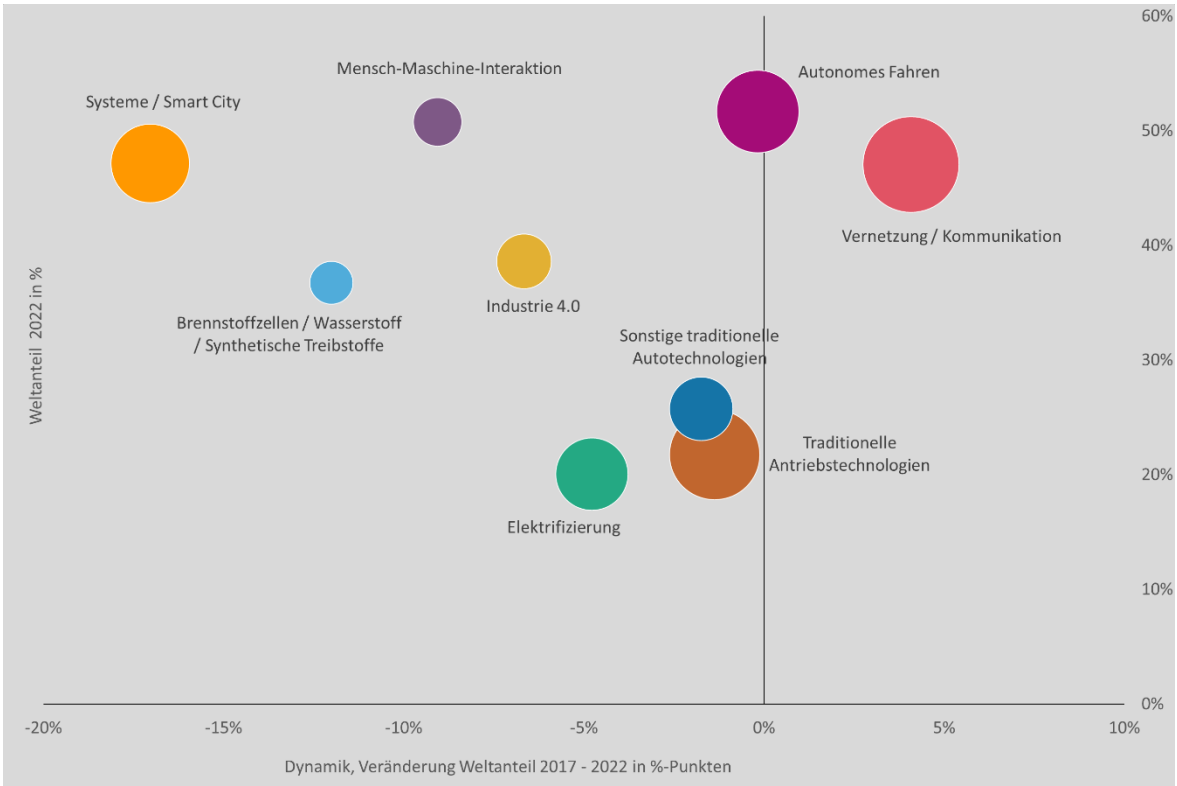
Infokasten: Technologieprofile
Technologieprofile stellen zum einen die Forschungsaktivitäten der ausgewählten Unternehmen in Autotechnologien im Detail dar, zum anderen können sie auch für eine Darstellung der Wettbewerbsfähigkeit in diesen Technologien genutzt werden.
Ein Standardvergleich von Technologien innerhalb eines Landes würde durch einen Vergleich der absoluten Patentzahlen erfolgen. Einige Technologien sind jedoch patentintensiver als andere. Daher beschreibt ein Vergleich einer patentintensiven Technologie mit einer weniger patentintensiven Technologie lediglich die Patentaktivitäten und sagt wenig über die relative Wettbewerbsfähigkeit in diesen Technologien aus. Setzt man jedoch die Patentaktivität in Relation zur weltweiten Patentaktivität, so ergibt sich der Weltanteil des Landes bzw. der Region an dieser Technologie. Dies zeigt die Bedeutung des Landes bzw. der Region in dieser Technologie und gleichzeitig die relative Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Ländern bzw. Regionen. Die Entwicklung des weltweiten Anteils über zwei Zeitpunkte hinweg zeigt die Zunahme oder Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit im Laufe der Zeit.
Konkret zeigen die folgenden Technologieprofile für Länder und Regionen den Umfang der Spitzenforschungsaktivitäten in den Auto-Oberkategorien bzw. den Einzeltechnologien (Größe der Kugeln entspricht Zahl der Weltklassepatente). Setzt man die Zahl der Weltklassepatente in Relation zur globalen Patentaktivität, ergibt sich der Weltanteil des Landes bzw. der Region an dieser Technologie bzw. Technologiekategorie (Y-Achse). Die Entwicklung des weltweiten Anteils zwischen 2017 und 2022 hinweg zeigt die Zunahme oder Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit im Laufe der Zeit (X-Achse).
Da die Zahl der Weltklassepatente und das Patentwachstum sich zwischen den verschiedenen Ländern und Regionen teils deutlich unterscheiden, variieren die Achsenskalen von Profil zu Profil, um eine gute Lesbarkeit zu erreichen.

Die USA verfügen weltweit über die meisten Weltklassepatente in Autotechnologien. Sie sind der unangefochtene Technologieführer in den Bereichen Vernetzung / Kommunikation, Autonomes Fahren, Systeme / Smart City und Mensch-Maschine-Interaktion. Fast jedes zweite Weltklassepatent weltweit kommt in diesen Kategorien aus den USA.

Das Technologieprofil zeigt jedoch, dass die USA in den letzten 5 Jahren in den meisten Kategorien einen Rückgang ihres Weltanteils an den globalen Weltklassepatenten verzeichnen mussten. Nur im Bereich Vernetzung / Kommunikation konnten die USA ihren hohen Weltanteil noch weiter ausbauen. Gesunken ist der US-Weltanteil dagegen besonders in den Kategorien Systeme / Smart City, Brennstoffzellen / Wasserstoff /Synthetische Treibstoffe sowie Mensch-Maschine-Interaktion. Der Hauptgrund hierfür ist das sehr hohe Wachstum der Weltklassepatente in China, was zu einem Rückgang der Weltanteile in den westlichen Industriestaaten geführt hat.

Insgesamt sind die USA aber gut aufgestellt für die Zukunft des Automobilsektors, da sie wie erwähnt in den meisten Zukunftstechnologiekategorien über einen sehr hohen Weltanteil verfügen. Nur beim Thema Elektrifizierung liegt der US-Weltanteil mit 20% nicht allzu hoch.

Abbildung 9: USA: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



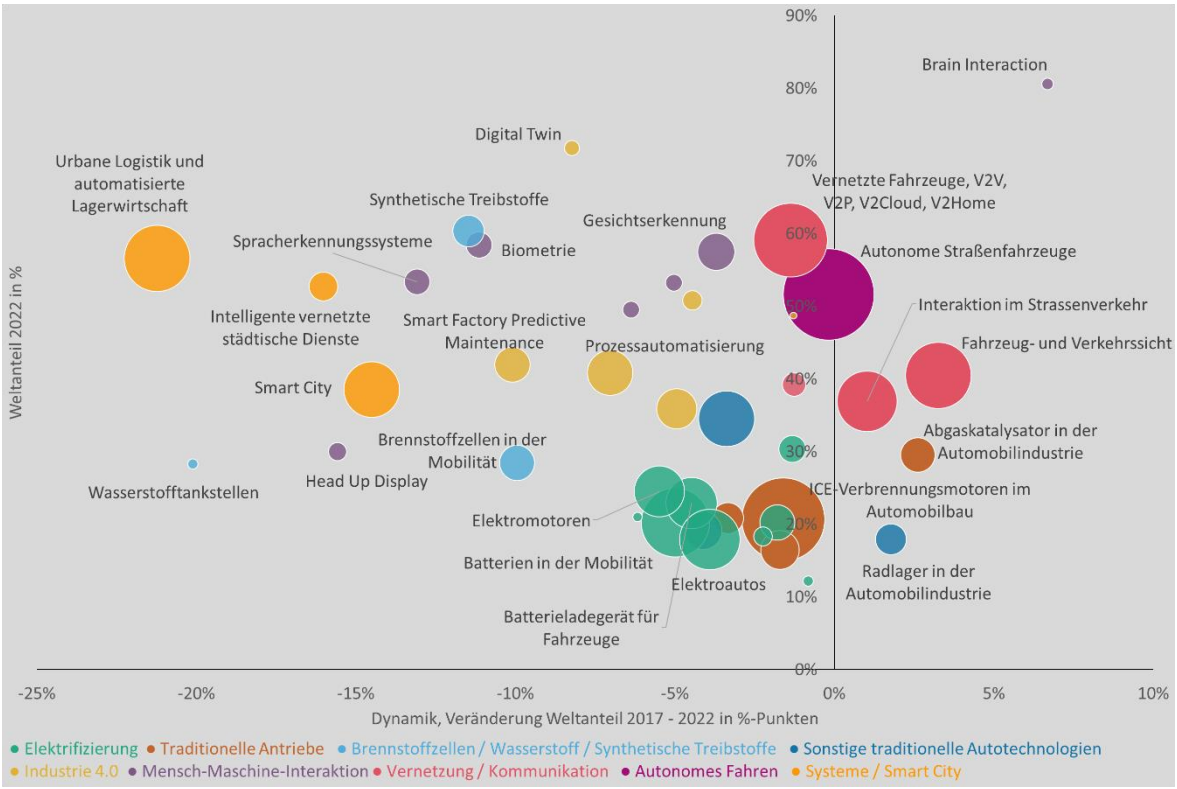
Quelle: EconSight, 2023.

Auf Ebene der Einzeltechnologien sind die USA vor allem in den beiden Technologien Vernetzte Fahrzeuge, V2V, V2P, V2Cloud, V2Home (2200 Weltklassepatente) und autonome Fahrzeuge (3400 Weltklassepatente) sehr stark. Damit liegt der Weltanteil bei knapp 60% bzw. über 50%. Ein Grund hierfür ist, dass nicht nur die US-Autohersteller wie Ford, General Motors oder Tesla über zahlreiche Weltklassepatente in diesen Bereichen verfügen, sondern auch einige Tech-Unternehmen wie Alphabet (Waymo), Amazon, Intel oder Qualcomm hier sehr aktiv sind.

Sogar noch deutlich höher ist der US-Weltanteil bei der Technologie Brain Interaction im Automobilbereich mit 81%. Diese Technologie zielt darauf ab, die Kommunikation zwischen dem menschlichen Gehirn und einem Fahrzeug zu ermöglichen, um z. B. zu Sicherheitszwecken die Konzentration des Fahrers zu überwachen. Diese Technologie steckt jedoch noch in den Kinderschuhen und die Zahl der Weltklassepatente ist weltweit noch sehr klein.

Geringer ist der US-Weltanteil dagegen bei Batterien, Verbrennungsmotoren, Elektroautos, traditionellen Getrieben und Radlagern. In diesen Technologien liegt der US-Anteil an den globalen Weltklassepatenten bei rund 20%.

Abbildung 10: USA: Technologieprofil in Auto-Einzeltechnologien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

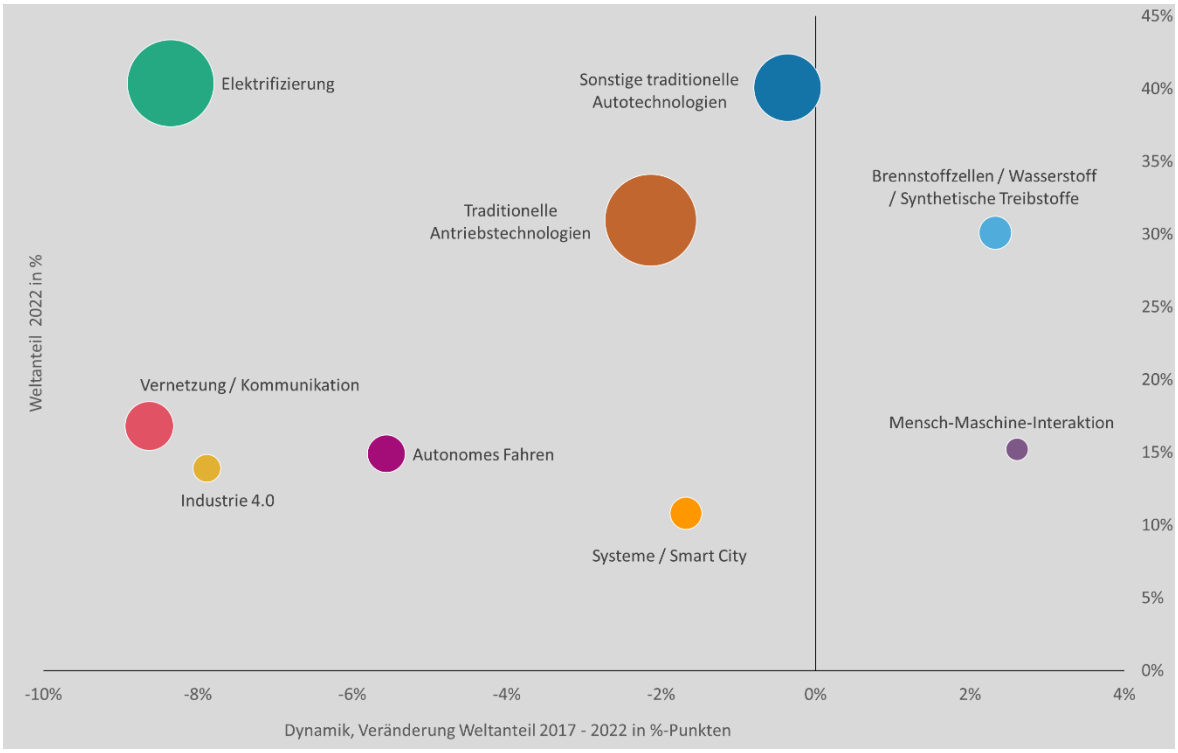
3.3. Technologieprofil Japan

Japan ist seit einigen Jahrzehnten einer der führenden Standorte im Automobilsektor. Im Jahr 2022 gab es insgesamt über 15 000 Weltklassepatente in Autotechnologien aus Japan. Damit liegt das Land im globalen Vergleich knapp hinter den USA auf Rang 2. Genau wie die USA konnte aber auch Japan in den letzten 5 Jahren nicht mit der Forschungsdynamik Chinas mithalten. Infolgedessen ist der japanische Weltanteil in sieben von neun Auto-Oberkategorien gesunken. Die Bedeutung Japans ist jedoch weiterhin hoch.

Japan ist hinsichtlich der Zahl der Weltklassepatente der weltweit führende Technologiestandort bei der Elektrifizierung (Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten von 40%), den sonstigen traditionellen Autotechnologien (40%) sowie den traditionellen Antriebstechnologien (31%). Das Land profitiert dabei von der Präsenz zahlreicher innovationsstarker Autohersteller wie Toyota, Honda, Mazda usw. sowie gerade beim Thema Elektrifizierung auch von den führenden heimischen Elektronik- und Batterieherstellern wie Panasonic oder Toshiba. Japan ist auch der weltweit führende Forschungsstandort für bestimmte Batterien der nächsten Generation wie Feststoffakkumulatoren und Bipolarbatterien.

Nennenswert ist zudem die hohe Forschungsqualität in der Oberkategorie Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe (Weltanteil von 30%). In dieser Kategorie konnte Japan zudem in den letzten 5 Jahren seinen Weltanteil weiter ausbauen. Toyota ist hier das weltweit führende Forschungsunternehmen. Das japanische Autounternehmen forscht bereits seit vielen Jahren an Wasserstofftechnologien und setzt auf eine Doppelstrategie, bei der es sowohl Batterieautos als auch Wasserstoffautos entwickelt und produziert.

Abbildung 11: Japan: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

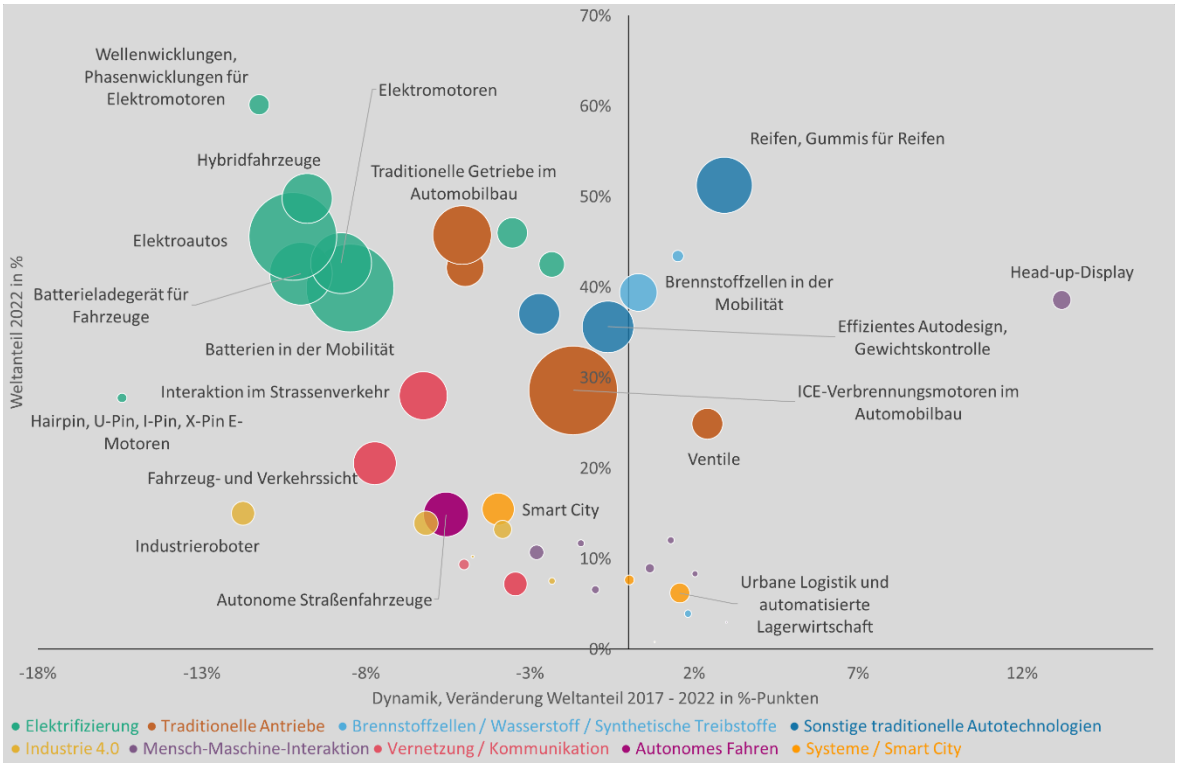
Betrachtet man die Einzeltechnologien fällt vor allem die Forschungsstärke Japans in den verschiedenen Technologien der Elektromobilität auf (grüne Kugeln). Allerdings ist der Weltanteil Japans an den globalen Weltklassepatenten in allen Elektrifizierungstechnologien seit 2017 etwas geschrumpft.

Über einen sehr hohen Weltanteil verfügt Japan auch in den sonstigen traditionellen Autotechnologien. Insbesondere im Bereich Reifen besitzt Japan mehr als die Hälfte aller Weltklassepatente und konnte diesen Weltanteil sogar noch ausbauen.

Weitere Forschungsstärken sind traditionelle Getriebe (Weltanteil von 46%) und Brennstoffzellen (Weltanteil von 39%).

Der japanische Weltanteil in den verschiedenen Einzeltechnologien der Kategorien Vernetzung / Kommunikation, autonomes Fahren, Systeme / Smart City und Mensch-Maschine-Interaktion liegt dagegen deutlich tiefer. Eine Ausnahme sind Head-up-Displays, bei denen Japan über einen sehr hohen Weltanteil von 39% und zudem über eine weit überdurchschnittliche Dynamik verfügt.

Abbildung 12: Japan: Technologieprofil in Auto-Einzeltechnologien, 2022



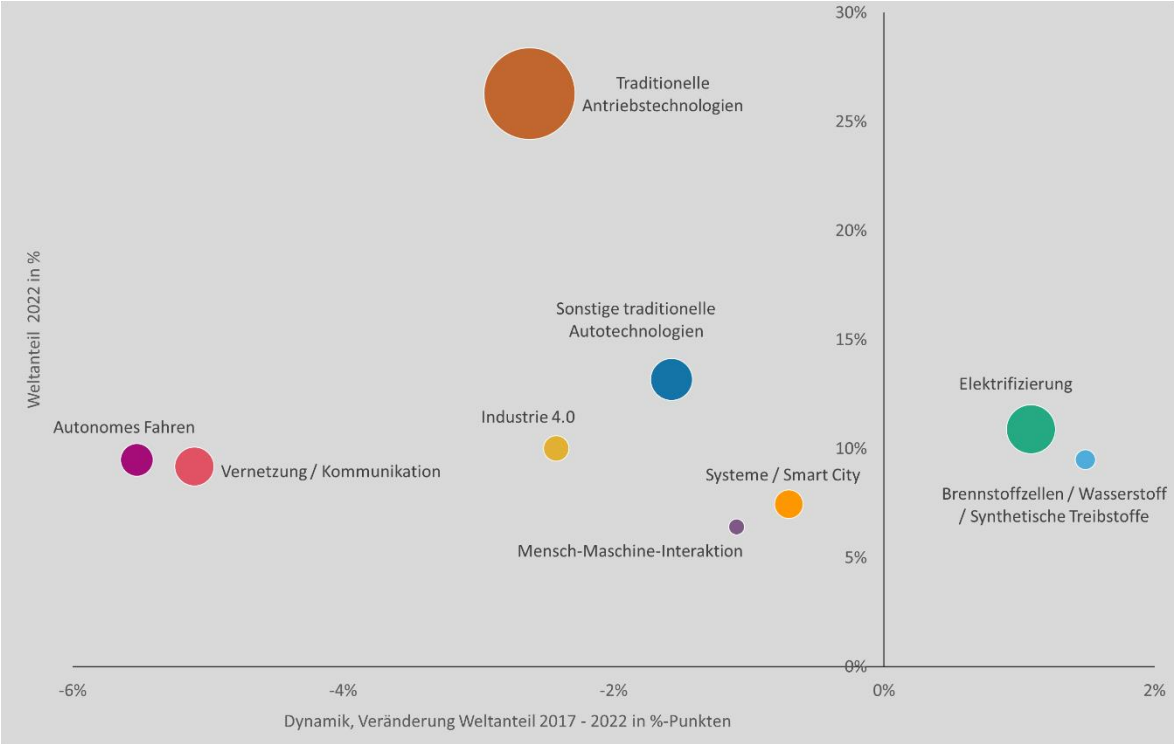
Quelle: EconSight, 2023.

3.4. Technologieprofil Deutschland

Deutschland liegt im globalen Ländervergleich auf dem dritten Rang mit 8000 Weltklassepatenten in Autotechnologien im Jahr 2022. Deutschland ist vor allem bei den traditionellen Autotechnologien und hier insbesondere bei den traditionellen Antriebstechnologien sehr stark vertreten. Im Jahr 2022 kamen fast 5000 aktive Weltklassepatente für traditionelle Antriebstechnologien aus Deutschland, dies entspricht einem Weltanteil von rund 26%. Dieser Weltanteil ist jedoch seit 2017 gesunken.

Auch in den meisten anderen Kategorien ist der deutsche Weltanteil zuletzt etwas gesunken. Wie auch bei den anderen Industrieländern ist dies vor allem auf den rasanten Aufstieg Chinas zurückzuführen. Positive Ausnahmen sind die Themen Elektrifizierung und Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe, bei denen Deutschland den Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten in den letzten Jahren steigern konnte.

Abbildung 13: Deutschland: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

Der Rückgang des Weltanteils bei den traditionellen Antriebstechnologien bei gleichzeitigem Anstieg des Weltanteils bei der Elektrifizierung sowie Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe zeigt, dass die führenden deutschen Autohersteller und -zulieferer in den letzten Jahren ihren Forschungsfokus immer mehr vom Verbrenner hin zu nachhaltigen Antrieben und insbesondere zur Elektromobilität verschieben. Auch wenn hier der Trend in die richtige Richtung geht, muss jedoch festgehalten werden, dass das Niveau des Weltanteils bei der Elektrifizierung mit rund 10% noch deutlich tiefer ist als dasjenige bei den traditionellen Antriebstechnologien. Das gleiche gilt auch für die anderen Zukunftstechnologie-Kategorien, bei denen der deutsche Weltanteil ebenfalls maximal 10% erreicht. Die deutschen Autobauer

haben in den Zukunftstechnologien starke Konkurrenz durch neue Akteure wie Tesla oder BYD, zudem wollen sich auch Batteriehersteller wie Panasonic, LG Chem oder Samsung SDI sowie die großen Tech-Konzerne wie Alphabet, Intel, Qualcomm oder Baidu ein Stück der Wertschöpfung in Autozukunftstechnologien sichern.

Der Blick auf das Technologieprofil in Einzeltechnologien zeigt die sehr hohe Bedeutung Deutschlands in verschiedenen traditionellen Autotechnologien (Ventile: Weltanteil von 34.6% im Jahr 2022, Verbrennungsmotoren: 27.7%, Radlager: 27.1%).

Beim Thema Elektromobilität sind viele deutsche Autofirmen etwas spät gestartet. In den letzten Jahren konnten sie aber ihren Weltanteil bei den wichtigen Technologien Elektromotoren sowie Elektroautos ausbauen. Besonders hoch ist der deutsche Weltanteil sowie die Forschungsdynamik in der Technologie Hairpin, U-Pin, X-Pin für E-Motoren gewachsen, allerdings sind die absoluten Patentzahlen in dieser Technologie weltweit und auch in Deutschland noch recht gering.

Auch in der Kategorie Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe ist die Forschungsdynamik klar überdurchschnittlich. In allen drei Einzeltechnologien (Brennstoffzellen, Wasserstofftankstellen und Synthetische Treibstoffe) ist der deutsche Weltanteil im Zeitraum 2017 bis 2022 gewachsen. Besonders hoch ist der Weltanteil bei den Brennstoffzellen (10.6% im Jahr 2022).

Bei den Technologien der Kategorien Vernetzung / Kommunikation und autonomes Fahren verlieren die deutschen Firmen dagegen an Boden gegenüber der internationalen Konkurrenz. Insbesondere bei den beiden sich inhaltlich teilweise überschneidenden Technologien Fahrzeug- / Verkehrssicht und autonome Fahrzeuge ist der deutsche Weltanteil deutlich gesunken.

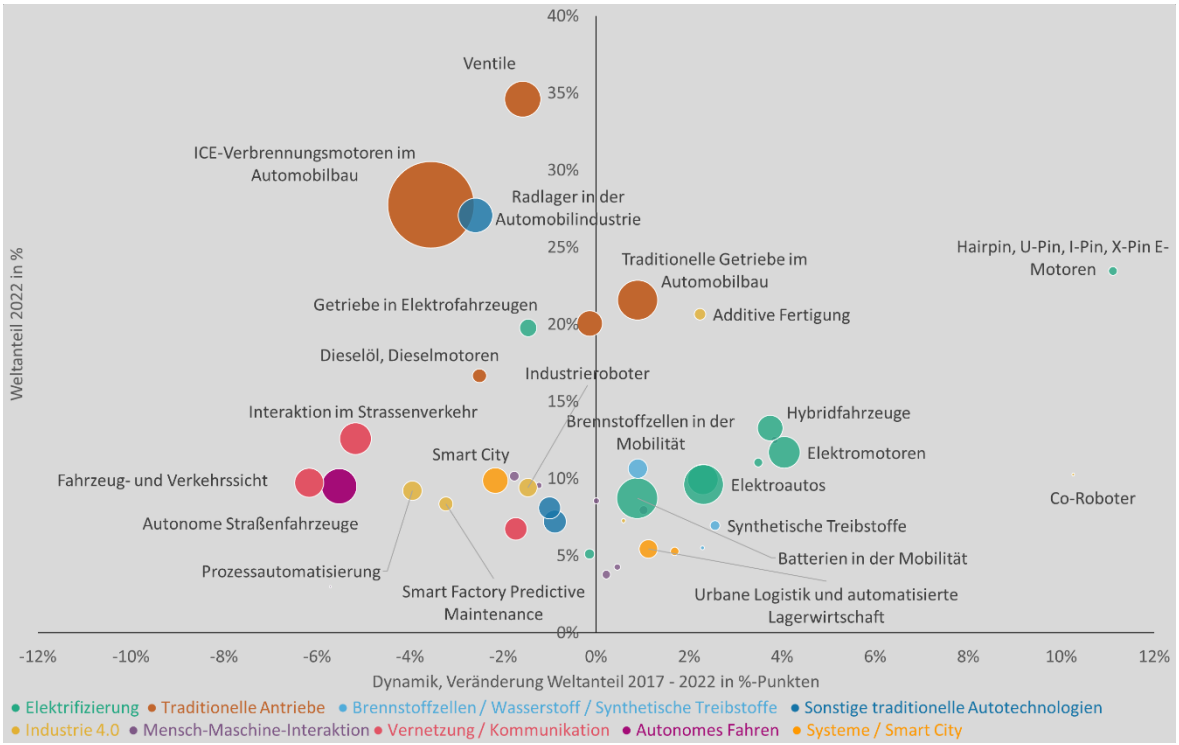
Im Bereich Industrie 4.0 ist zwar der deutsche Weltanteil seit 2017 insgesamt gesunken, doch es gibt einige Einzeltechnologien in denen die deutschen Unternehmen sehr gut abschneiden. Zu nennen ist hier vor allem die additive Fertigung, in der Deutschland über einen Weltanteil von über 20% und eine überdurchschnittliche Dynamik verfügt. In der Technologie Cobots in der Autoproduktion konnte Deutschland den Weltanteil zwar noch stärker erhöhen, doch die Zahl der Weltklassepatente ist in dieser Technologie noch wesentlich kleiner und auch der Weltanteil liegt noch unter 10%. Im Gegensatz zu den Cobots ist der deutsche Weltanteil bei den Industrierobotern im Automobilbereich insgesamt gesunken. Noch stärker war der Rückgang des Weltanteils in den beiden Technologien Smart Factory und Prozessautomatisierung.

In der Kategorie Systeme / Smart City sind gegenläufige Entwicklungen zu beobachten. Während das Wachstum der Weltklassepatente in der Technologie Smart City zuletzt unterdurchschnittlich verlief, konnte Deutschland in der urbanen Logistik seinen Weltanteil erhöhen.

Die absolute Zahl der deutschen Weltklassepatente in den Einzeltechnologien der Kategorie Mensch-Maschine-Interaktion ist zwar kleiner als in den anderen Technologien, dennoch spielt Deutschland in bestimmten Segmenten eine wichtige Rolle im globalen

Forschungswettbewerb. Zu nennen sind hier insbesondere die Erkennung von Gesten (Weltanteil von 12.5% im Jahr 2022) und die Head-up-Displays (10.2%).

Abbildung 14: Deutschland: Technologieprofil in Auto-Einzeltechnologien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

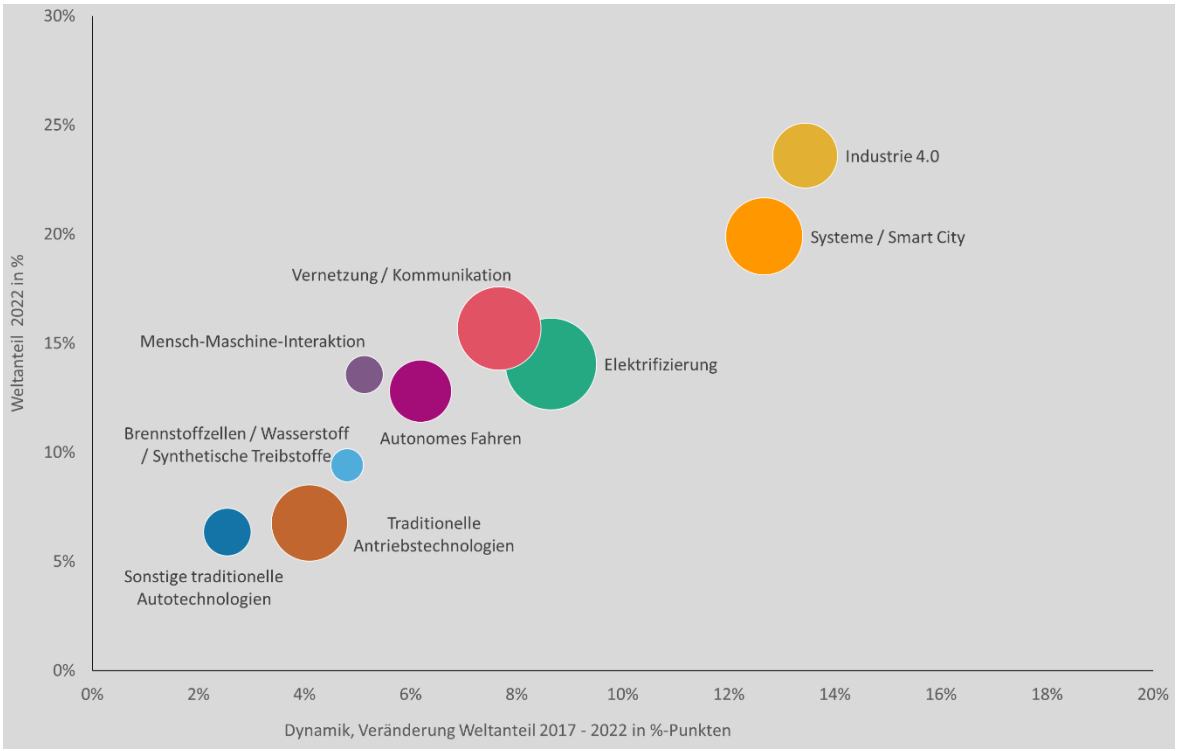
3.5. Technologieprofil China

In den letzten rund 20 Jahren ist China ein rasanter Aufstieg zu einer der führenden Forschungsnationen in Autotechnologien gelungen. War China zu Beginn dieses Jahrhunderts in diesen Technologien noch kaum präsent, liegt das Land heute im globalen Vergleich der Weltklassepatente auf Platz 4.

In Bezug auf die Forschungsdynamik kann kein anderes Land mit China mithalten. Dies zeigt das chinesische Technologieprofil, in denen sich alle Auto-Oberkategorien rechts der X-Achse befinden. Dies bedeutet, dass China seit 2017 seinen Weltanteil in allen Kategorien steigern konnte.

Das beste Beispiel für den technologischen Aufstieg Chinas ist die Kategorie Industrie 4.0 in der Automobilwirtschaft. Hier konnte das Land seinen Weltanteil in den letzten fünf Jahren mehr als verdoppeln auf 24%. Damit liegt China in dieser Kategorie weltweit hinter den USA auf Platz 2.

Abbildung 15: China: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



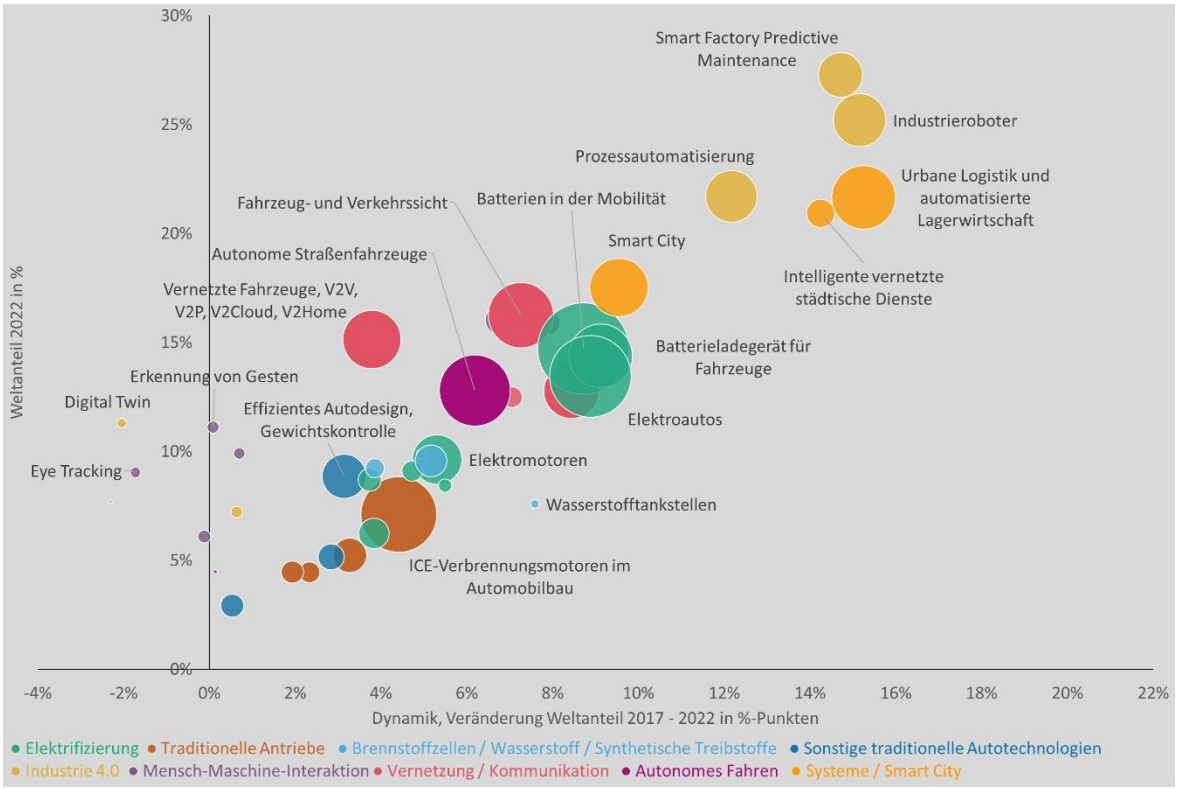
Quelle: EconSight, 2023.

Auf Ebene der Einzeltechnologien sind im Bereich Industrie 4.0 insbesondere die Technologien Industrieroboter, Smart Factory / Predictive Maintenance und Prozessautomatisierung zu nennen, in denen der chinesische Weltanteil jeweils bei über 25% liegt.

Auch in den Systeme- / Smart City-Technologien hat China in den letzten fünf Jahren signifikant an Bedeutung gewonnen, vor allem in den Technologien Urbane Logistik und automatisierte Lagerwirtschaft sowie intelligente vernetzte städtische Dienste.

Wesentlich geringer ist der chinesische Weltanteil dagegen bei den traditionellen Antriebstechnologien (Weltanteil unter 10%). Eine Erklärung hierfür ist, dass zahlreiche chinesische Hersteller wie z. B. der Auto- und Batteriehersteller BYD frühzeitig auf die Elektromobilität gesetzt haben.

Abbildung 16: China: Technologieprofil in Auto-Einzeltechnologien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

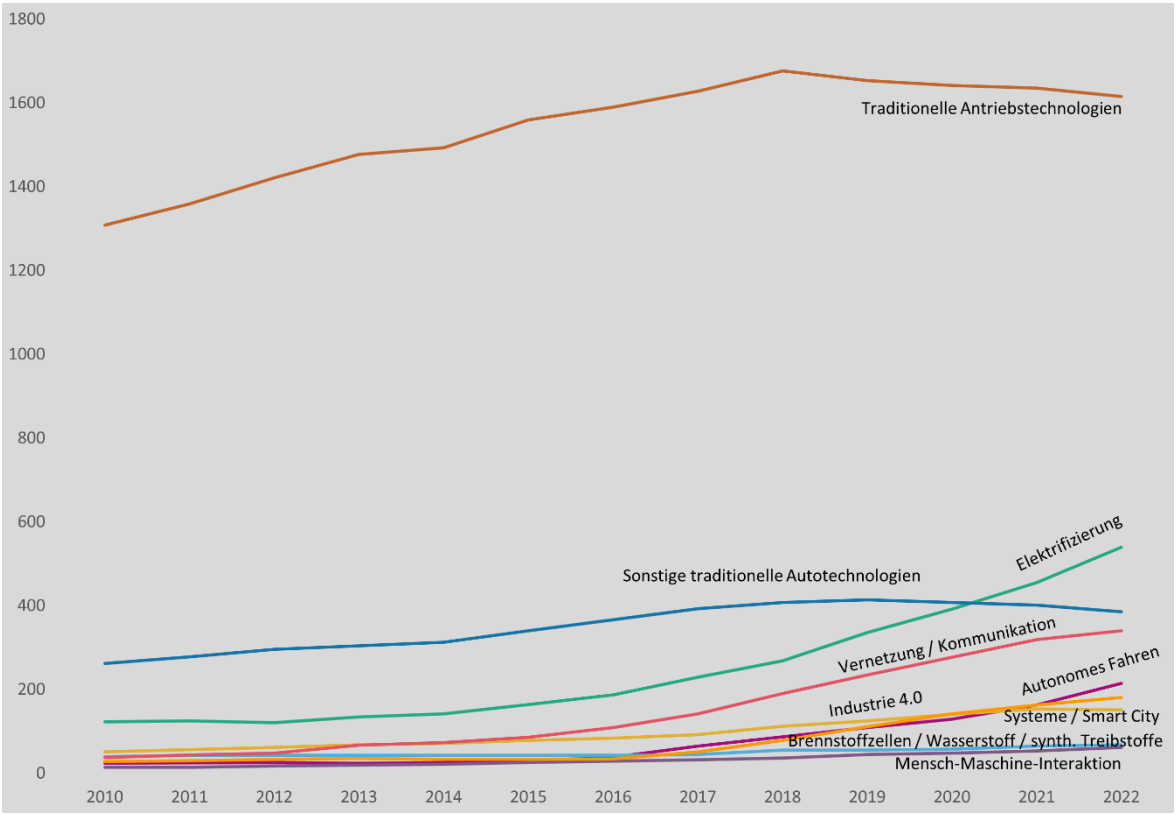
4. Entwicklung der Autotechnologien in Bayern

Die Technologieentwicklung in Bayern zeigt insgesamt einen ähnlichen Verlauf wie die globale Entwicklung. Die traditionellen Antriebstechnologien sind in Bezug auf die Menge der Weltklassepatente auch in Bayern in Führung, wenngleich der Bestand an Patenten seit ein paar Jahren rückläufig ist. Auch bei den sonstigen traditionellen Autotechnologien sinkt die Zahl der Weltklassepatente seit 2019 leicht.

In den Bereichen Elektrifizierung, Vernetzung / Kommunikation, autonomes Fahren, Industrie 4.0 und Systeme / Smart City sind die Patentaktivitäten in den letzten Jahren dagegen kräftig gestiegen, auch wenn die globale Dynamik vor allem in den Bereichen autonomes Fahren und Industrie 4.0 noch höher war.

Die beiden Technologiesegmente Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe und Mensch-Maschine-Interaktion sind noch recht klein in Bezug auf den Umfang der Spitzenforschungsaktivitäten.

Abbildung 17: Entwicklung Weltklassepatente in den Auto-Oberkategorien in Bayern, 2010 - 2022



Quelle: EconSight, 2023.

4.1. Technologieprofil Bayern

Bayern ist im globalen Vergleich ein führender Forschungsstandort für traditionelle Antriebstechnologien (Anteil an den globalen Weltklassepatenten von 8.7%). Zwar ist auch in Bayern der Bestand an Weltklassepatenten in dieser Kategorie in den letzten Jahren gesunken, doch der Rückgang verläuft bislang weniger stark als im globalen Durchschnitt. Somit konnte Bayern den Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten in den letzten Jahren sogar leicht steigern. Auch der Weltanteil bei den sonstigen traditionellen Autotechnologien ist mit 4.9% hoch, hier ist jedoch der Weltanteil seit 2017 deutlich gesunken.

Die bayerischen Patentaktivitäten in den Zukunftstechnologiekategorien sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Besonders auffällig ist das auch im globalen Vergleich überdurchschnittliche Wachstum in den Kategorien Elektrifizierung, Systeme / Smart City sowie Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe. Das Technologieprofil zeigt, dass die bayerischen Unternehmen in diesen Bereichen ihre Position im internationalen Forschungswettbewerb in den letzten Jahren verbessern konnten. In den Zukunftstechnologiebereichen Industrie 4.0 im Automobilsektor, autonomes Fahren sowie Mensch-Maschine-Interaktion konnte die Forschungsaktivität in Bayern dagegen in den letzten Jahren nicht mit der globalen Forschungsdynamik mithalten. In der Kategorie Vernetzung / Kommunikation sind die Weltklassepatente in etwa im globalen Schnitt gewachsen.

Abbildung 18: Bayern: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022

Quelle: EconSight, 2023.

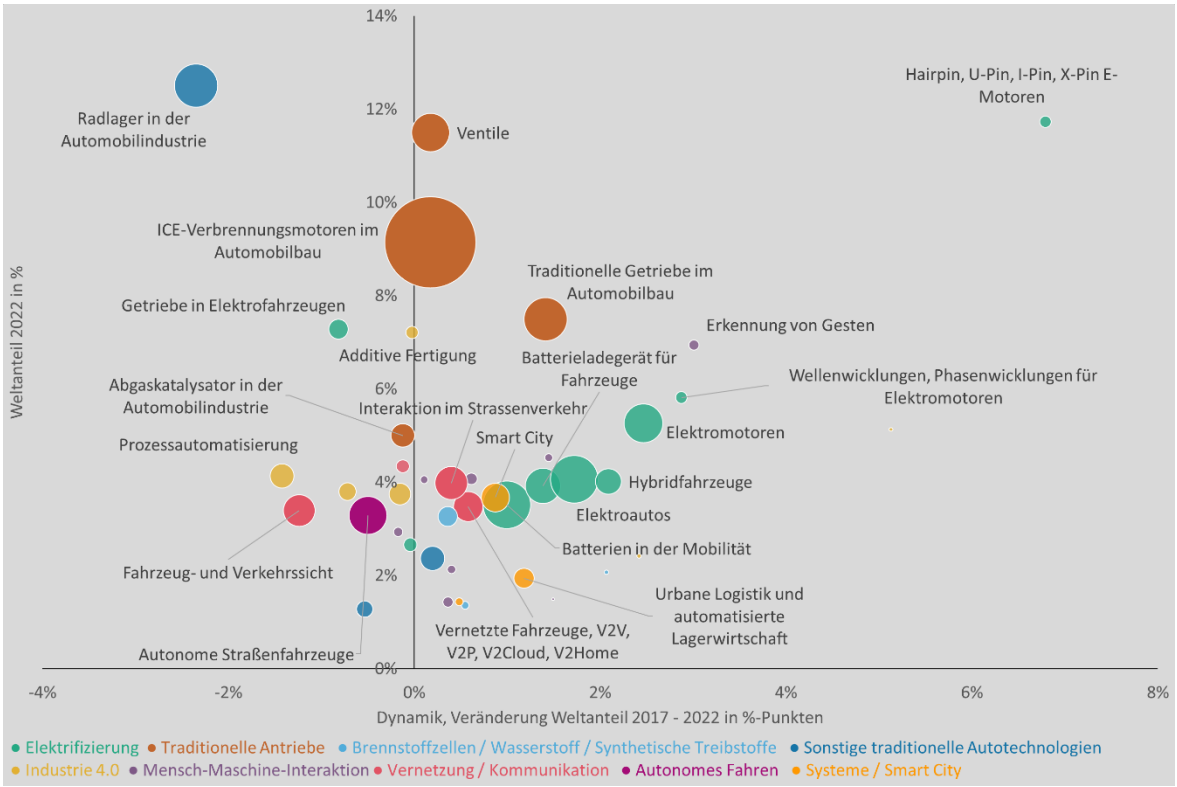
Auffällig ist zudem, dass der bayerische Anteil an den globalen Weltklassepatenten in den Zukunftstechnologien noch deutlich unter den bei den traditionellen Antriebstechnologien

erreichten Werten liegt. Dies gilt vor allem für besonders stark von der Digitalisierung geprägte Technologiekategorien wie Systeme / Smart City, Mensch-Maschine-Interaktion, autonomes Fahren und Vernetzung / Kommunikation.[11]

Das Technologieprofil der Einzeltechnologien zeigt die hohe Forschungsqualität der bayerischen Unternehmen bei den Verbrennungsmotoren. Fast jedes zehnte Weltklassepatente weltweit wurde in Bayern entwickelt. Als wichtigste Forschungsakteure sind hier Volkswagen (Audi und MAN), BMW und Continental zu nennen. Noch höher ist der bayerische Weltanteil bei Ventilen (11.5%) und Radlagern (12.5%). Bei den Ventilen verfügen Schäffler, Bosch, Continental und Vitesco über zahlreiche in Bayern entwickelte Weltklassepatente, bei den Radlagern ist Schäffler der wichtigste Forschungsakteur.

Erfreulicherweise gibt es auch Zukunftstechnologien, in denen Bayern einen hohen Weltanteil hat, wenngleich die absoluten Patentzahlen noch kleiner sind. Ganz vorne zu nennen sind Hairpins für E-Motoren (Weltanteil von 11.9%). Bei Hairpins handelt es sich um eine Wickeltechnik für die Statorspulen eines E-Motors, die darauf abzielt, die Effizienz und Leistung der E-Motoren zu verbessern. Auch bei der Erkennung von Gesten (6.9%), der additiven Fertigung (7.2%) und Getrieben in Elektrofahrzeugen (7.3%) ist Bayern ein Top-Forschungsstandort.

Abbildung 19: Bayern: Technologieprofil in Auto-Einzeltechnologien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

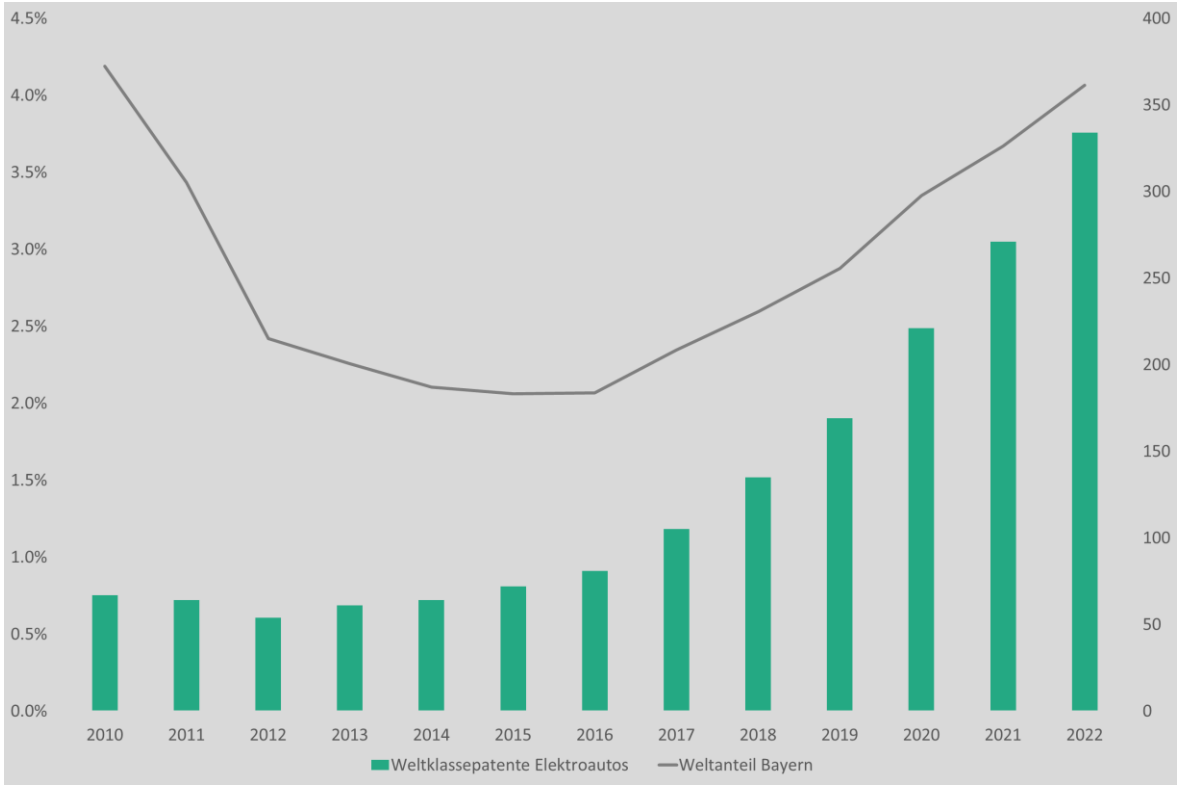
Sehr gering ist der bayerische Weltanteil dagegen bei Reifen, synthetischen Treibstoffen und der Technologie Gesichtserkennung (Weltanteil jeweils unter 2%).

[11] Siehe hierzu auch EconSight (2023): Technologieprofile Bayern

Bemerkenswert ist vor allem die auf dem Technologieprofil sichtbare positive Entwicklung in den verschiedenen Elektrifizierungs-Technologien (grüne Kugeln). In fast allen diesen Technologien hat Bayern seinen Weltanteil seit 2017 steigern können. BMW und Volkswagen (Audi) sind hier in den großen Elektrifizierungstechnologien in etwa gleichauf, was die Zahl der Weltklassepatente aus Bayern für Elektroautos angeht.

Betrachtet man den Zeitraum ab 2010 zeigt sich aber, dass Bayern zunächst einen Rückgang des Weltanteils in fast allen Elektrifizierungstechnologien verkraften musste. Seit etwa 2016 setzte jedoch die Trendwende ein und Bayern konnte die Weltklassepatente seitdem überdurchschnittlich steigern, so dass sich der Weltanteil wieder erhöht hat. Dies bedeutet, dass viele bayerische Unternehmen zwar etwas zögerlich in die Elektromobilität gestartet sind, jetzt aber erfolgreich den Rückstand aufholen. Exemplarisch zeigt dies die folgende Abbildung, welche die Entwicklung in der Technologie Elektroautos zeigt.

Abbildung 20: Entwicklung Weltklassepatente und Weltanteil bei Elektroautos, 2010 - 2022

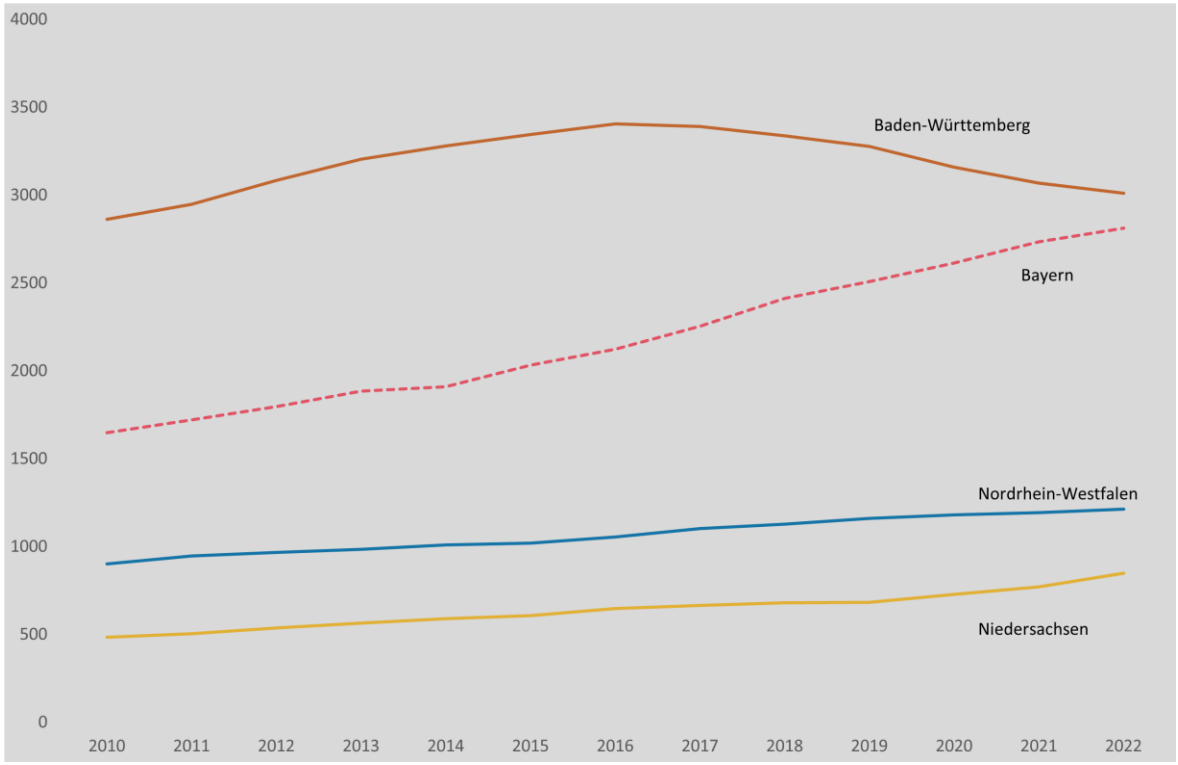


Quelle: EconSight, 2023.

4.2. Vergleich der Auto-Forschungsstandorte Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen

Innerhalb Deutschlands sind die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen die führenden Forschungsstandorte in Autotechnologien. Diese Bundesländer sind für den Großteil der deutschen Weltklassepatente in Autotechnologien verantwortlich. Baden-Württemberg liegt mit über 3000 Weltklassepatenten an der Spitze knapp vor Bayern (2800). Nordrheinwestfalen (1213) und Niedersachsen (848) liegen mit deutlichem Abstand dahinter. Allerdings hat sich der Bestand an Weltklassepatenten aus Baden-Württemberg seit 2010 nur geringfügig erhöht und seit 2016 ist der Bestand sogar leicht rückläufig. Der stärkste absolute Zuwachs an Weltklassepatenten war zwischen 2010 und 2022 in Bayern zu beobachten (+1160 Weltklassepatente). Vergleicht man die relativen Wachstumsraten seit 2010 liegt Niedersachsen mit einem Zuwachs von 76% knapp vorne vor Bayern (+71%), Nordrhein-Westfalen (+35%) und Bayern (+5%).

Abbildung 21: Entwicklung Auto-Weltklassepatente in ausgewählten Bundesländern, 2010 - 2022

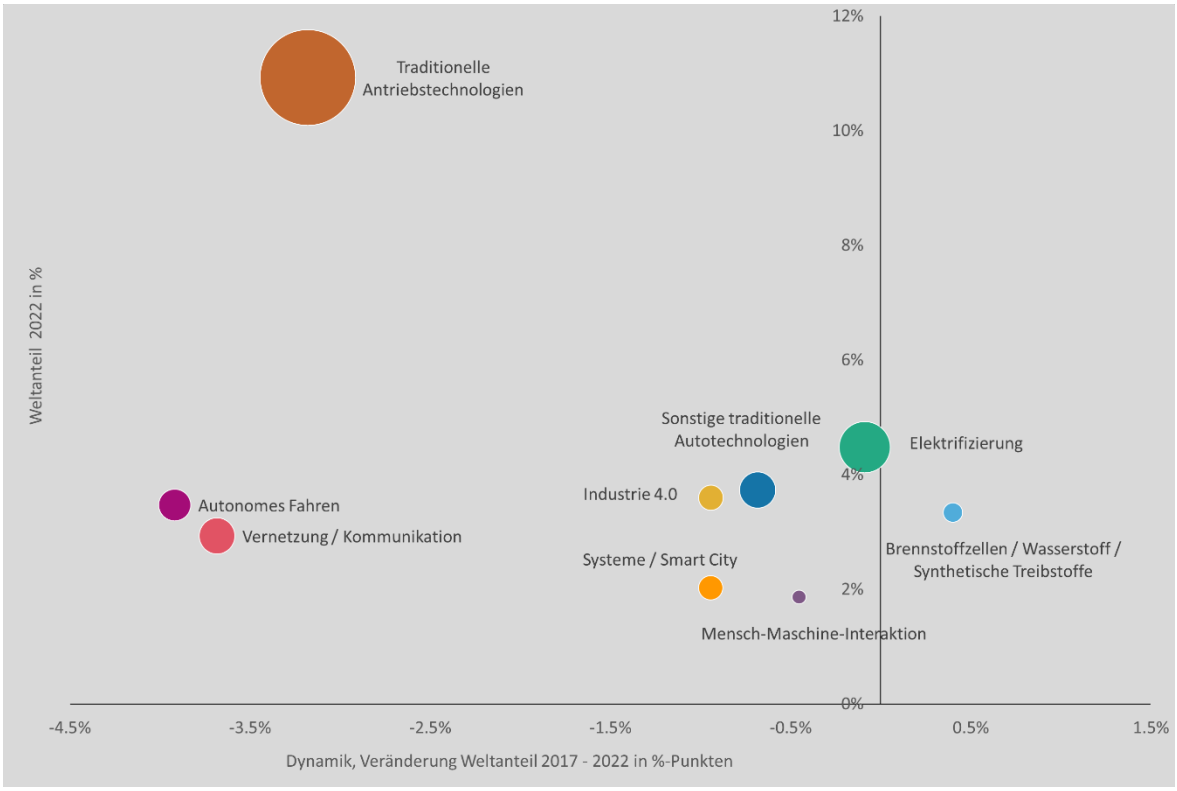


Quelle: EconSight, 2023.

4.3. Technologieprofil Baden-Württemberg

Das Technologieprofil für Baden-Württemberg zeigt einige Gemeinsamkeiten mit dem bayerischen Profil. Auch in Baden-Württemberg ist der Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten vor allem in den traditionellen Antriebstechnologien sehr hoch, während der Weltanteil in den Zukunftstechnologiebereichen wesentlich geringer ist. Es fällt allerdings auf, dass die Wachstumsdynamik der Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg seit 2017 deutlich schwächer ausfällt. In den letzten fünf Jahren ist der Weltanteil bei den traditionellen Antriebstechnologien deutlich gesunken, zugleich hat der Weltanteil in der Kategorie Elektrifizierung lediglich stagniert. Auch bei den Kategorien autonomes Fahren und Vernetzung / Kommunikation ist der Weltanteil Baden-Württembergs stärker als der entsprechende bayerische Weltanteil gefallen.

Abbildung 22: Baden-Württemberg: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022

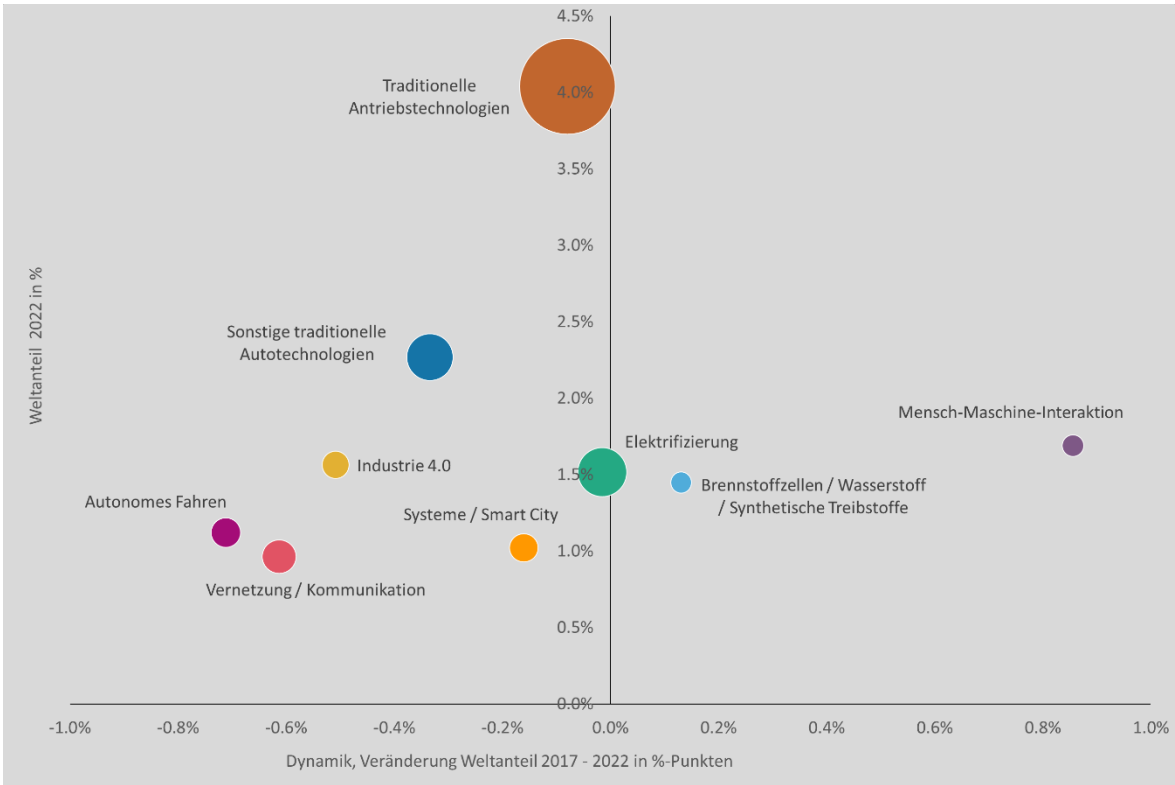


Quelle: EconSight, 2023.

4.4. Technologieprofil Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen war die Wachstumsdynamik in den letzten fünf Jahren zwar dynamischer als in Baden-Württemberg, aber die Weltklassepatente sind nicht so schwungvoll wie in Bayern gestiegen. Auch in Nordrhein-Westfalen sind die traditionellen Antriebstechnologien in Bezug auf die Zahl der Weltklassepatente noch die wichtigste Kategorie (751 Weltklassepatente, Weltanteil von 4.0%).

Abbildung 23: Nordrhein-Westfalen: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

Es fällt zudem auf, dass Nordrhein-Westfalen in der Kategorie Mensch-Maschine-Interaktion den Weltanteil zuletzt deutlich steigern konnte. Deutlich gesunken sind die Weltanteile dagegen bei den Kategorien autonomes Fahren und Vernetzung / Kommunikation.

4.5. Technologieprofil Niedersachsen

In Niedersachsen sind die Weltklassepatente in Autotechnologien in den letzten 5 Jahren schwungvoll gestiegen. In vier von neun Kategorien gelang es Niedersachsen seinen Weltanteil auszubauen. Allerdings befinden sich nur zwei Zukunftstechnologiekategorien (Elektrifizierung und Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe) darunter. Deutlich rückläufig war der Weltanteil dagegen in der Kategorie Vernetzung / Kommunikation.

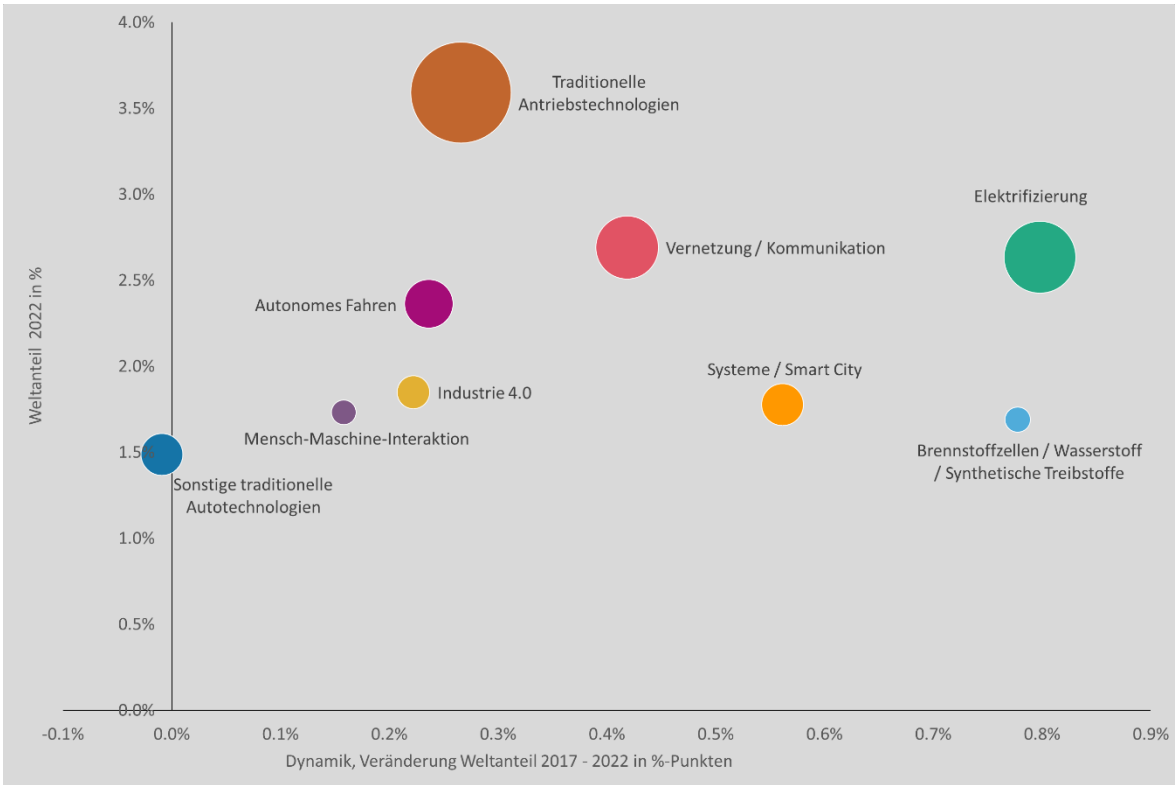
Abbildung 24: Niedersachsen: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022

Quelle: EconSight, 2023.

4.6. Regionale Forschungsschwerpunkte in Bayern

Ein Großteil der bayerischen Forschungsaktivitäten in Autotechnologien findet in Oberbayern statt. Im Jahr 2022 gab es insgesamt über 1350 Weltklassepatente aus Oberbayern, damit liegt die Region im bayerischen Vergleich weit vorne auf dem ersten Rang. Sowohl BMW als auch Audi haben große Forschungszentren in Oberbayern. Bemerkenswert ist, dass Oberbayern seit 2017 in fast allen Oberkategorien seinen Weltanteil ausbauen konnte, d.h. auch in Kategorien wie autonomes Fahren und Industrie 4.0, in denen Bayern insgesamt an Weltanteil verloren hat. Nur in den sonstigen traditionellen Autotechnologien stagnierte der Weltanteil. Insgesamt war die Forschungsdynamik somit stark überdurchschnittlich in Oberbayern.

Abbildung 25: Oberbayern: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022

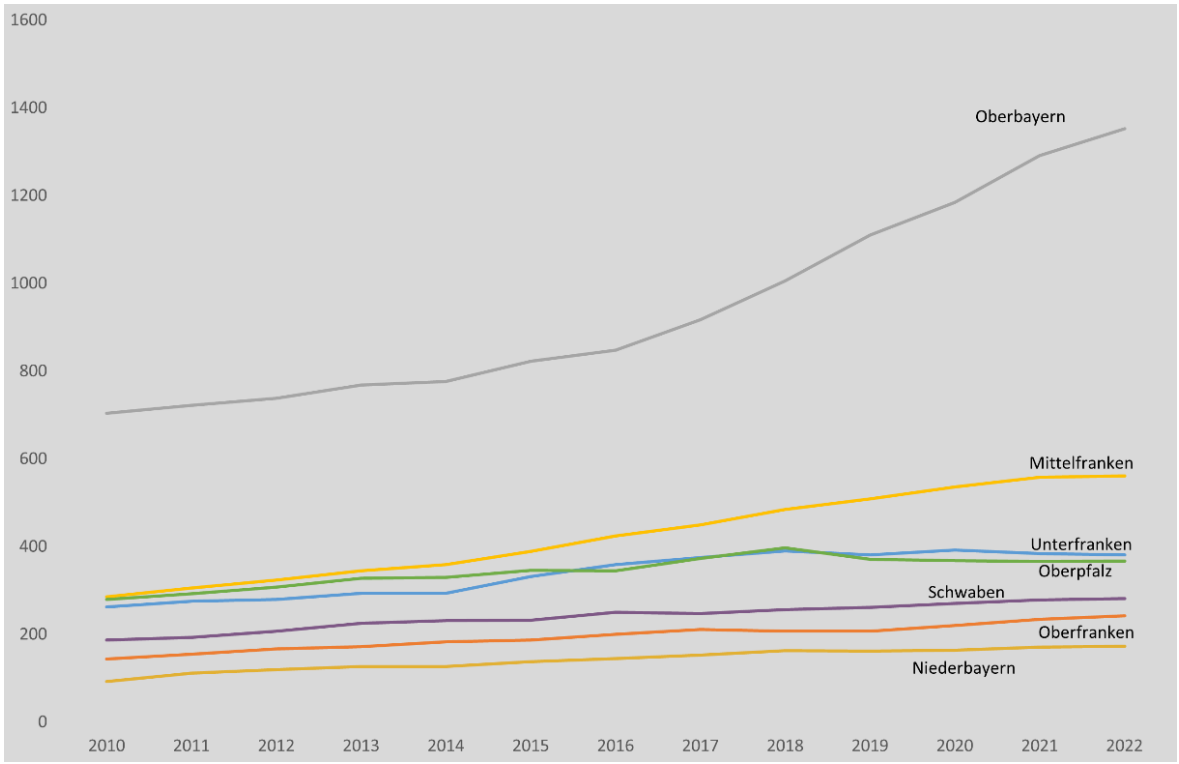


Quelle: EconSight, 2023.

Nur in Mittelfranken war die Forschungsdynamik seit 2010 noch etwas höher als in Oberbayern. Mittelfranken kommt auf rund 560 Weltklassepatente im Jahr 2022. Schäffler ist hier zu nennen als wichtiger Forschungsakteur in der Region, welcher vor allem bei traditionellen Autotechnologien wie Radlagern, Getrieben und Verbrennungsmotoren über viele Weltklassepatente verfügt. In den letzten Jahren entwickelt Schäffler aber auch zunehmend Weltklassepatente im Bereich Elektrifizierung.

Unterfranken (381 Weltklassepatente in Autotechnologien) und Oberpfalz (366) folgen auf den Plätzen 3 und 4 im Vergleich der Regierungsbezirke. Beide Regionen haben jedoch in den letzten Jahren nicht mit der globalen Forschungsdynamik mithalten können.

Abbildung 26: Regierungsbezirke in Bayern: Entwicklung Weltklassepatente in Autotechnologien

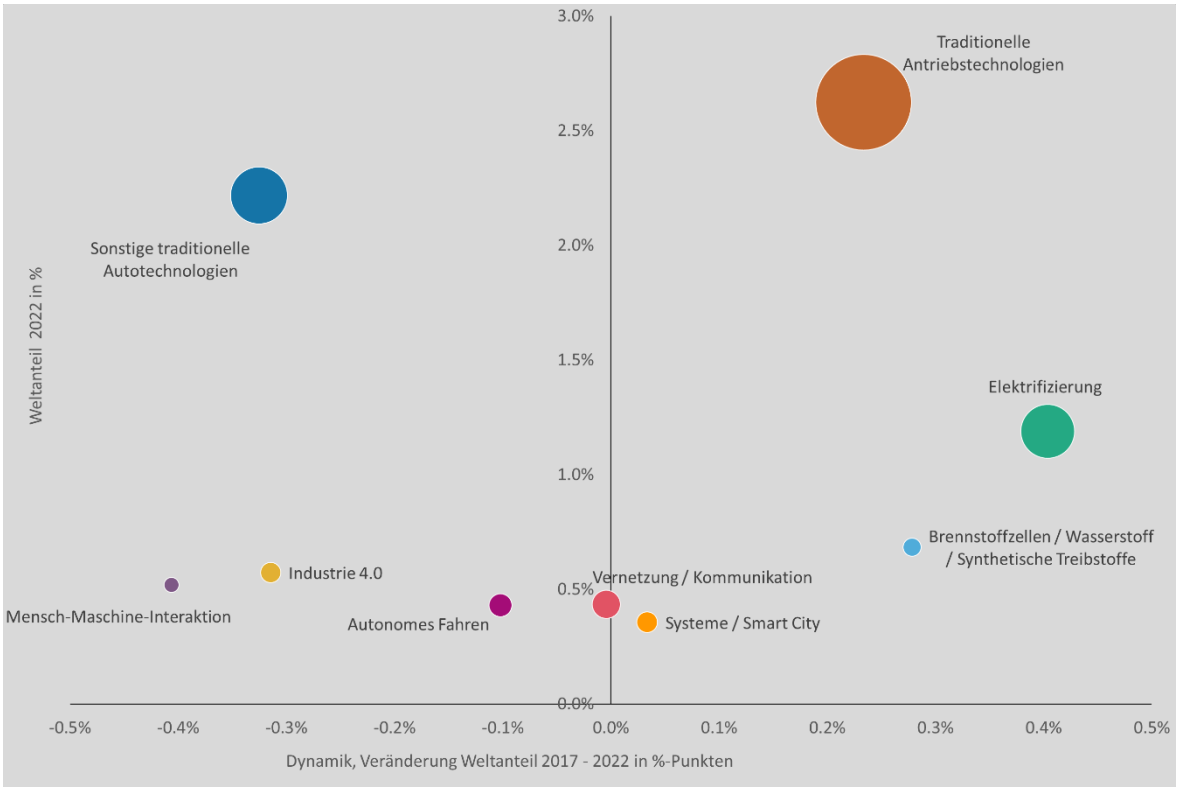


Quelle: EconSight, 2023.

Neben der Perspektive auf die Regierungsbezirke können auch die Forschungsaktivitäten in den Metropolregionen anhand der Technologieprofile dargestellt werden. Das Technologieprofil der Metropolregion München entspricht größtenteils dem oberbayerischen Technologieprofil.

Das Technologieprofil der Metropolregion Nürnberg, welche Mittelfranken, Oberfranken sowie Teile Unterfrankens und der Oberpfalz umfasst, zeigt, dass die Region in den traditionellen Antriebstechnologien über einen Weltanteil an den globalen Weltklassepatenten von 2.6% verfügt. Diesen Weltanteil konnte die Metropolregion in den letzten fünf Jahren ausbauen. Noch dynamischer war die Entwicklung aber in der Kategorie Elektrifizierung, in der die Metropolregion Nürnberg den Weltanteil um 0.4 Prozentpunkte auf 1.2% steigern konnte..

Abbildung 27: Metropolregion Nürnberg: Technologieprofil in Auto-Oberkategorien, 2022



Quelle: EconSight, 2023.

Literatur

Deloitte (2023): Future of Automotive Mobility Study – URL: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/future-of-automotive-mobility.html

EconSight (2023): Technologieprofile Bayern – Kurzstudie im Auftrag der vbw – URL: https://www.vbw-bayern.de/vbw/Themen-und-Services/Innovation/Technologieprofile-Bayern.jsp

IEA (2023): Hydrogen patents for a clean energy future – URL: https://www.iea.org/reports/hydrogen-patents-for-a-clean-energy-future

IW Consult und Fraunhofer IAO (2021): Wirtschaftliche Bedeutung regionaler Automobilnetzwerke in Deutschland – URL: https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/gemeinsam-auf-automobile-trends-reagieren.html

IW Consult und Fraunhofer IAO (2021): Auto-Cluster Bayern Entwicklung und Zukunftsperspektiven – Studie im Auftrag von vbw/bayme vbm – URL: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2021/Downloads/Studie-Auto-Cluster-Bayern.pdf

Prognos / Zukunftsrat der bayerischen Wirtschaft (2017): Neue Wertschöpfung durch Digitalisierung - Studie im Auftrag der vbw – URL: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Forschung-Technologie/2017/Downloads/vbw_Zukunftsrat_Handlungsempfehlung-V14RZ-Ansicht.pdf

Anhang: Kurzbeschreibungen der Autotechnologien

Autonomes Fahren

Autonome Straßenfahrzeuge

Teilgebiet des autonomen Fahrens für straßenseitige Anwendungen mit starkem Fokus auf autonome Automobile.

Brennstoffzellen / Wasserstoff / Synthetische Treibstoffe

Brennstoffzellen in der Mobilität

Brennstoffzellen werden meist zur Erzeugung von Strom aus Wasserstoff verwendet. Sie können in mobilen Fahrzeugen eingesetzt werden, um den benötigten Strom an Bord zu erzeugen. In diesem Bereich werden alle Patente gesammelt, die Brennstoffzellen in Bezug auf die Anwendung in mobilen Fahrzeugen beschreiben. Der Schwerpunkt liegt auf straßengebundenen Fahrzeugen, insbesondere Personenkraftwagen.

Synthetische Treibstoffe

Treibstoffe, insb. für die Mobilität, hergestellt aus nicht petrochemischen Rohstoffen, insb. Fischer-Tropsch und ähnliche Verfahren. Synthetische Kraftstoffe werden meist aus Synthesegas hergestellt, einem Gemisch aus CO und H2 (Kohlenmonoxid und Wasserstoff). Diese können in jedes petrochemische Produkt umgewandelt werden. Bisher wird meist Erdgas als Quelle für das CO verwendet. Zukünftig werden aber erneuerbare Quellen immer wichtiger werden, um klimaneutrale Treibstoffe erzeugen zu können.

Wasserstoff-Tankstelle

Wasserstofftankstellen sind für den zukünftigen Markt der Wasserstoffmobilität von entscheidender Bedeutung. Dieser Bereich umfasst die Technologien hinter dieser Wasserstoffversorgung von Fahrzeugen. Wasserstoff kann zu diesen Wasserstofftankstellen beispielsweise durch Pipelines sogar zusammen mit Erdgas transportiert und wieder getrennt oder vor Ort beispielsweise durch Elektrolyseure erzeugt werden.

Elektrifizierung

Batterieladegerät für Fahrzeuge

Ladesysteme von Fahrzeugbatterien von Elektrofahrzeugen oder Hybrid-Fahrzeugen umfassen Vor-Ort- und Infrastrukturinstallationen, aber auch On-Board-Ladetechnologien wie Rekuperation.

Batterien in der Mobilität

Batterien werden für die Stromversorgung aller Arten von mobilen oder fahrenden Geräten, wie z. B. Autos, verwendet. Dieser Bereich umfasst die Patente, die irgendeine Art von Anwendung oder

Lösungen beschreiben, die auf Fahrzeuganwendungen zugeschnitten sind. Dazu gehören vor allem straßengebundene Fahrzeuge.

Doppelschichtkondensatoren in Mobilitätsanwendungen

Elektrische Speichergeräte, die Ladungen statisch in einem Feld speichern. Dabei handelt es sich um passive Batteriealternativen, die insbesondere in Kraftfahrzeugen zum Einsatz kommen.

Elektrofahrzeuge

Der Bereich der Elektrofahrzeuge umfasst viele Formen und Anwendungen von Fahrzeugen, die mit einem Elektromotor angetrieben werden. In diesem Bereich haben wir alle Patente gesammelt, die irgendeine Art von Straßenanwendung beschreiben, einschließlich typischer batteriebetriebener Elektroautos (BEV), oder Plug-in-Hybride (PHEV), Elektro-Pkw oder straßentaugliche Lkw.

Elektromotoren

Elektromotoren werden sehr häufig in allen Arten von Geräten verwendet, von Mikrogrößen bis hin zu Autoantriebsmotoren. Dieser Bereich umfasst den Bereich der automobilnahen Elektromotoren.

Getriebe in Elektrofahrzeugen

Elektroautos haben ein Getriebe, welches sich stark von dem herkömmlicher Benzinautos unterscheidet. Elektroautos brauchen kein herkömmliches Getriebesystem mit mehreren Gängen. Das liegt daran, dass Elektromotoren bei einer großen Bandbreite von Geschwindigkeiten effizient arbeiten können. Daher hat das Getriebe eines Elektroautos normalerweise nur einen Gang.

Hairpin, U-Pin, I-Pin, X-Pin E-Motoren

In einigen modernen Elektromotoren werden die Wicklungen im Motor durch geschweißte Stifte, sogenannte Hairpins ersetzt.

Hybridfahrzeuge

Hybridfahrzeuge, also mobile Fahrzeuge, die beide Antriebssysteme in einem Fahrzeug vereinen, zumeist Verbrenner zusammen mit oft etwas kleineren elektrischen Antrieben als in reinen Elektrofahrzeugen. In Hybriden wird zumeist auch Ladetechnologie für die onboard Batterien verwendet, sodass Hybride oft selbst-ladende Fahrzeuge sind. Der zusätzliche elektrische Antrieb verringert den Verbrauch klassischer Brennstoffe bei entsprechend grosser Reichweite.

Wellenwicklungen, Phasenwicklungen für Elektromotoren

Elektromotoren für Autos sind sehr anspruchsvolle Motoren, die traditionell eine große Anzahl von gewickelten Metalldrähten, meist aus Kupfer, benötigen. Die enormen Größen-, Präzisions- und Skalierungsanforderungen moderner Autos erfordern verschiedene Technologien für die Wicklung und die damit verbundenen Maschinen.

Industrie 4.0

3D-Druck (Additive Manufacturing)

Herstellung von vielfältigen Produkten und Ersatzteilen im Automobilbereich zur bedarfsgerechten Massen-Massschneiderung statt Massenproduktion. Während in der herkömmlichen Produktion Objekte in der Regel aus einem Materialblock herausgearbeitet werden, wird im 3D Druck das Objekt Schicht für Schicht aufgebaut.

Cobots

Kollaborative Roboter sind ein kleineres Teilgebiet der Robotik, das Robotertechnologien umfasst, die eine Interaktion, ein Lernen oder eine anderweitige Integration von Robotern mit meist menschlichen Benutzern beschreiben, um einen Roboter besser und schneller an die Aufgabe anzupassen, für die er programmiert wurde. Der Fokus liegt auf Anwendungen in der Automobilindustrie.

Digital Twin

Ein Digital Twin in der Autoproduktion ist die virtuelle Modellierung von physischen Autos oder Produktionsprozessen. Hierfür werden Echtzeitdaten aus Sensoren und anderen Quellen erfasst werden, um eine genaue Darstellung des realen Fahrzeugs oder der Produktionslinie zu erstellen. Somit können laufend die Daten des digitalen Zwillings mit den Daten des physischen Gegenstücks verglichen werden, um Abweichungen oder Probleme zu erkennen. Ziel ist es die Qualität in der Autoproduktion zu verbessern, Ausfallzeiten zu minimieren und die Effizienz zu steigern

Industrieroboter

Industrieroboter sind ein Technologiebereich, der sich auf Roboter und Robotertechnologien in Verbindung mit Prozessautomatisierung, intelligenten Fabriken, vollständig automatisierter Produktion, vorausschauender oder vorbeugender Wartung oder anderen industriellen Produktionsumgebungen konzentriert. Der Fokus liegt auf Anwendungen in der Automobilindustrie.

Prozessautomatisierung

Programmsteuerungen im Produktionsumfeld, insbesondere Programme zur Steuerung von Robotern oder ganzen integrierten Produktionsanlagen (Total Factory Control), sowie verschiedene Computer- und Softwareanwendungen in der Warenherstellung bis hin zur vollautomatischen Produktion. Der Fokus liegt auf Anwendungen in der Automobilindustrie.

Vernetzte Produktion (Smart Factory)

Vernetzung in der Auto-Produktion, bis zur komplett integrierten Fabrik. Ein wesentlicher Teil dieser Technologie sind die prädiktiven Unterhaltssysteme, die Elemente wie Monitoring, Datensammlung und Bildanalysen, Fehlerdiagnose und vernetzte Kontrolle der Produktion umfassen. Ein kleiner Bereich besteht auch aus adaptiven Kontrollsysteme, wie sie bei automatisierten Fabrikationen Anwendung finden.

Mensch-Maschine-Interaktion

Biometrie

Teilbereich der Authentifizierung und der Mensch-Maschine-Schnittstelle, einschließlich Fingerabdruckgeräte oder -methoden sowie anderer biometrischer Methoden oder Verfahren.

Brain Interaction

Eine besondere Form der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist das Brain-Interfacing. Dieser Bereich umfasst die Entwicklungen bei der Kontaktaufnahme von Maschinen mit dem menschlichen Gehirn und der Entwicklung einer Gehirn-Maschine-Interaktion. Im Automobilbereich zielt diese Technologie darauf ab, die Kommunikation zwischen dem menschlichen Gehirn und einem Fahrzeug zu ermöglichen, um z. B. ein Autos durch Gehirnströme statt durch physische Befehle zu steuern.

Erkennung von Gesten

Technologien zur Erkennung von Gesten der der Fahrzeuginsassen.

Eye Tracking

Ein Teilbereich der Mensch-Maschine-Interaktion (HMI) ist die maschinelle Anbindung an die Sichtlinie des Menschen sowie die Nutzung der Augen für berührungslose Authentifizierungszwecke, etwa für die Biometrie. Die Augen können auch auf Stress oder emotionale Reaktionen hin gemessen werden.

Gesichtserkennung

Das Gesicht einer Person steht im Mittelpunkt verschiedener Technologien wie der Gesichtserkennung, beispielsweise für die Biometrie, aber auch für die Messung des emotionalen Zustands von Menschen, etwa beim autonomen Fahren.

Head-up-Display

Das Head-up-Display ist ein Anzeigesystem, bei dem der Nutzer seine Blickrichtung und damit seine Kopfhaltung beibehalten kann, weil die Informationen in sein Sichtfeld projiziert werden.

Human Signal Recognition

Die Erkennung und Messung einer Vielzahl von Signalen, die von Menschen erzeugt werden, liefert wertvolle Daten und Informationen für die Nutzung im Automobilsektor. Die Signale können jedoch sehr vielfältig sein und umfassen das Lesen von Emotionen, Gesichts-, oder Stimmerkennung, Eye Tracking, Biosensormessungen, wie Blutdruck, Puls oder Körpertemperatur. Dieser Bereich umfasst weitgehend Mensch-Maschine-Schnittstellentechnologien, aber auch das reine Auslesen von Signalen.

Spracherkennungssysteme

Sprachanalyse und Spracherkennung, insbesondere die Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP), ist ein zentrales Forschungsgebiet im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktionstechnologien. Obwohl die Spracherkennung als Technologie vergleichsweise alt ist, sind durch die Verknüpfung der Technologie mit der künstlichen Intelligenz erhebliche Fortschritte zu erwarten. Der Fokus liegt auf Anwendungen im Automobilbereich.

Systeme / Smart City

Intelligente vernetzte städtische Dienste

Intelligente städtische Dienste beschreiben datenbasierte Leistungen von privaten und öffentlichen Anbietern in relevanten Bereichen wie z. B. Ridesharing / Carsharing oder Parkplatzmanagement.

Urbane Logistik und automatisierte Lagerwirtschaft

Drohnen, Autonome Fahrzeuge und Roboter in Containerterminals, Hochregallager oder als städtische Liefervarianten, sowie moderne urbane Warenverteilsysteme.

Smart City

Im Bereich Smart City liegt das Hauptaugenmerk auf der Verbindung von energierelevanten Prozessen (z. B. Beleuchtung, Mobilität, Aufzüge etc.) zusammen mit Sensoren (zur Erkennung eines externen Ereignisses (z. B. Dunkelheit, Einsatzfahrzeuge etc.) und einer Netzwerkanbindung zur intelligenten Verknüpfung (z. B. Straßenlaterne leuchtet bei Annäherung auf und gibt Signal weiter, Tunnelbeleuchtung beginnt mit Vorwegnahme der Krankenwagenmeldung). Das gemeinsame Element hier ist die Anwendung in städtischen Umgebungen.

Traditionelle Antriebstechnologien

Auspuffkatalysator

Die moderne Abgastechnik basiert weitgehend auf der Katalysatortechnik. Dazu gehören wiederverwendbare Katalysatoren oder Dieselrussfilter, aber auch andere Technologien, die zur Reduktion von Abgasen, insbesondere aus Verbrennungsprozessen in der Mobilität, aber auch in stationären Anwendungen, eingesetzt werden. Hauptsächlich werden Stickoxide reduziert oder vermieden oder Feinstäube verhindert. Bei stationären Anlagen können auch CO2-Filter und -Wäscher nachgeschaltet werden, die aber zur Kohlenstoffabscheidung gezählt werden.

Dieselöl, Dieselmotoren

Dieser Bereich umfasst Dieselöl, Dieselkraftstoff und Maschinen für Dieselmotoren. Auch Dieseladditive sind enthalten.

Traditionelle Getriebe

Getriebe wandeln das Drehmoment des Motors in die erforderliche Zugkraft der Räder zur Überwindung des Fahrwiderstandes um. Da Motoren nur in einem engen Drehzahlbereich arbeiten, formen Getriebe diesen in die für einen normalen Betrieb benötigten Raddrehzahlen um.

Ventile

Ventile dichten den Brennraum ab und sorgen für optimalen Gaswechsel. Durch die Auf- und Abwärtsbewegung des Ventils wird der Verbrennungsraum des Motors geöffnet und geschlossen. Einlassventile öffnen und schließen den Einlass für die Frischluft oder, je nach Motor, das Luft-Kraftstoffgemisch.

Verbrennungsmotoren (ICE)

In Verbrennungsmotoren wird chemische Energie durch Treibstoff-Verbrennung in mechanische Arbeit umwandelt. Dazu wird in einem Brennraum ein zündfähiges Gemisch aus Kraftstoff und Luft (Sauerstoff) verbrannt. Kennzeichen aller Verbrennungsmotoren ist die Erzeugung der Verbrennungswärme im Motor, weshalb im englischen das Kürzel ICE (Internal Combustion Engine) für Verbrennungsmotoren in Fahrzeugen verwendet wird. Die Wärmeausdehnung des so entstehenden Heißgases wird genutzt, um Kolben in Bewegung zu versetzen. Die häufigsten Arten von Verbrennungsmotoren sind Otto- (Fremdzünder) und Dieselmotoren (Selbstzünder).

Sonstige traditionelle Autotechnologien

Effizientes Autodesign

In diesem Feld wird gezielt die Optimierung von Fahrzeugen erfasst, sei es die Aerodynamik oder Gewichtsreduktion.

Radlager

Radlager führen die Räder und nehmen Axial- und Radialkräfte auf. Ihre Aufgabe besteht darin, Wellen und Achsen zu führen und abzustützen. In modernen Fahrzeugen werden zwei Radlagerarten eingesetzt: Kegelrollen- und Kugellager.

Reifen

Der Autoreifen, hauptsächlich aus Kautschuk oder synthetischem Material gefertigt, ist ein Luftreifen und bildet mit der Radschüssel und der Felge das Komplett-Rad eines Autos. Die Reifenhersteller versuchen unter anderem durch neue Materialmischungen oder neue Profilschnitte die Haftung der Reifen zu verbessern und den Rollwiderstand zu reduzieren.

Vernetzung / Kommunikation

Fahrzeug- und Verkehrssicht

Beim maschinellen Sehen von Fahrzeugen wird hauptsächlich Kameratechnik eingesetzt wird. Das Feld umfasst die visuellen Sensoren von autonomen Fahrzeugen. Die Kamerasicht ist auch eine wichtige Komponente für Pick-and-Place-Aspekte der automatisierten Produktion.

Interaktion im Strassenverkehr

Diese Technologie umfasst Patente, die primär die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern und der Verkehrsinfrastruktur (etwa Ampelanlagen oder Verkehrsleitsysteme) abbilden.

Vernetzte Fahrzeuge, V2V, V2P, V2Cloud, V2Home

Diese Technologie umfasst Patente, die primär auf die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern gerichtet sind. Durch eine verbesserte Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern wird ein sehr großer Effizienzgewinn erwartet, insbesondere aufgrund der hohen Verkehrskonzentration in Ballungsräumen.