

Monitoring von FuE-Aktivitäten im Technologiefeld „Elektrische Antriebe“

Innovationen im Bereich neuartiger Antriebstechnologien sind ein wesentlicher Treiber für den aktuellen Strukturwandel und grundlegende Voraussetzung für den Erhalt der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) für elektrifizierte Antriebe haben in den vergangenen Jahren deutlich an Intensität und Dynamik gewonnen, was sich an deutlich gestiegenen Patentanmeldungen zeigt und auch in einem internationalen Benchmark messen lässt. Dabei können immer stärkere Innovationsbeiträge von asiatischen und speziell chinesischen Unternehmen identifiziert werden. Der Fokus dieser Kurzstudie liegt auf der Identifikation von Treibern der Technologieentwicklung im Bereich „Elektrische Antriebe“ und dem Monitoring von FuE-Aktivitäten der deutschen Automobilindustrie im internationalen Vergleich.



© sdecretet/AdobeStock

1. Internationales Monitoring von FuE-Aktivitäten

Technologische Entwicklungen im Bereich Antriebsstrang sowie in den Bereichen Automatisierung und Digitalisierung sind ein wesentlicher Treiber des aktuellen Strukturwandels und grundlegende Voraussetzung für den Erhalt der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie. Diese Entwicklungen haben in den vergangenen Jahren deutlich an Dynamik gewonnen: zum einen angesichts immer strengerer Grenzwerte für den CO₂-Ausstoß und zum anderen in Anbetracht von Potenzialen, die sich aus dem autonomen Fahren für neue Geschäftsmodelle ergeben.

Während die Antriebsstrangentwicklung über Jahrzehnte von einer evolutionären Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors geprägt war, steht heute die Elektrifizierung im Fokus – mit Forschungs- und Entwicklungsleistungen der Automobilhersteller und -zulieferer in allen dafür notwendigen Technologiebereichen, z. B. Batterie, Leistungselektronik, Elektromotor und Thermo- management. **Zur Elektrifizierung zählen nicht nur rein elektrisch fahrende Fahrzeuge, sondern auch alle hybriden Formen, die sowohl einen Verbrennungsmotor als auch einen Elektromotor zum Vortrieb nutzen.** Auch **Brennstoffzellenfahrzeuge** sind Teil elektrifizierter Antriebskonzepte, erzeugen die Antriebsenergie aber im Fahrzeug mit einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle selbst. Gemeinsam ist allen elektrifizierten Fahrzeugen, dass zumindest Teile der Fahrtstrecke rein elektrisch zurückgelegt werden können oder der klassische Verbrennungsmotor elektrisch unterstützt wird. So sind z. B. bessere Beschleunigungswerte oder ein geringerer Benzinverbrauch möglich.

Im Vergleich zu Hybridfahrzeugen nutzt ein **Batteriefahrzeug** ausschließlich ein rein elektrisches Antriebssystem, das aus einem oder mehreren Elektromotoren, der Leistungselektronik (inkl. Ladesystem) sowie einem Batteriesystem besteht. Der Energiespeicher ist relativ groß dimensioniert (30–150 kWh) und kann über das externe Stromnetz aufgeladen werden. Zusätzlich wird durch Rekuperation kontinuierlich Bremsenergie zurückgewonnen und in die Traktionsbatterie eingespeist. Der Vortrieb erfolgt jederzeit rein elektrisch, konventionelle Komponenten wie Verbrennungsmotor, Kraftstoffversorgung, Abgasanlage sowie Starter und Lichtmaschine entfallen. Bei reinen Elektrofahrzeugen kann das Getriebe entweder stufenlos oder ein- bzw. zweistufig ausgelegt sein. Zweistufige Getriebe bieten Vorteile, da sie sowohl hohes Drehmoment bei der Beschleunigung (z. B. beim Anfahren) als auch einen effizienteren Betrieb bei höheren Geschwindigkeiten ermöglichen. Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen verringert sich die Teilekomplexität im Antriebsstrang und Vorteile entstehen in Bezug auf den verfügbaren Bauraum. Ein Batterie- oder Elektrofahrzeug erzeugt lokal und während der Fahrt keine Emissionen und bei geringen Geschwindigkeiten weniger Lärm. Sofern das Fahrzeug mit erneuerbaren Energien gespeist wird, können hohe Vorteile beim Emissionsausstoß auch über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs realisiert werden. Die Nachteile liegen derzeit noch in höheren Kosten – v. a. bedingt durch hohe Batteriekosten – und einer im Vergleich zum Verbrenner geringeren Reichweite.

Diese neuen Antriebskonzepte und -technologien und – damit einhergehend – die veränderten Wertschöpfungsstrukturen führen dazu, dass die deutsche Automobilwirtschaft vor tiefgreifenden Veränderungen und besonderen Herausforderungen zur Erhaltung der technologischen und marktlichen Wettbewerbsfähigkeit steht. Durch die zentrale Stellung der Automobilindustrie in der gesamten Wirtschaft des Landes und ihre Bedeutung für Wertschöpfung und Beschäftigung bietet ein **kontinuierliches Monitoring der technologischen Position und Schwerpunktsetzung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) einen Mehrwert.** Durch ein kontinuierliches Monitoring von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) bei Schlüsseltechnologien können z. B. Informationen zu technologisch besonders aktiven Unternehmen und Technologieführern bereitgestellt und Veränderungen in FuE-Schwerpunkten bei OEM (Original Equipment Manufacturers) und Systemlieferanten (Tier 1) identifiziert und an strategischen Entwicklungspfaden von z. B. KMU gespiegelt werden.

Der Fokus dieser Kurzstudie liegt auf dem Monitoring von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten der deutschen Automobilindustrie im Bereich „Elektrische Antriebe“ im internationalen Vergleich. Hierfür werden die Patentierungsaktivitäten der vergangenen elf Jahre (1. Januar 2010 bis 31. Dezember 2020) untersucht, analysiert und aufbereitet.

2. FuE-Aktivitäten im Bereich „Elektrische Antriebe“ und Methodik dieser Kurzstudie

Bestandteil der Arbeiten einer Innovationsanalyse zu Fahrzeugtechnologien ist die Identifikation und Untersuchung von innovatorientierter Forschung zu neuartigen technologischen Lösungen. Hierfür ist es notwendig, geeignete Indikatoren heranzuziehen, auf Basis derer eine vergleichende Bewertung von (monetären) Aufwendungen in FuE und deren Ertrag (FuE-Intensität) durchgeführt werden kann. Neben Ressourcenindikatoren zur Messung des FuE-Inputs sind so insbesondere Ertragsindikatoren zur Messung des FuE-Outputs im Rahmen dieser Kurzstudie relevant. Im Bereich zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung können hierfür v. a. Patentanmeldungen und referierte wissenschaftliche Publikationen herangezogen werden.

Im Rahmen dieser Studie soll **im Sinne eines internationalen Benchmarks die technologische Position der deutschen Automobilindustrie für das Themenfeld „Elektrische Antriebe“ identifiziert und im Vergleich mit ausgewählten Weltregionen ab 2010 dargestellt** werden. Hierfür werden vorrangig Anmeldungen transnationaler Patente sowie die zur Verfügung stehenden Metainformationen in der Patentdatenbank Espacenet des Europäischen Patentamts (EPO) herangezogen und ausgewertet. Je Themenfeld wird eine dezidierte Suchstrategie entwickelt, die über eine Kombination aus IPC-Klassen (International Patent Classification) und Suchbegriffen Ergebnisse mit Bezug zur Fahrzeuganwendung ermöglicht.

Die so gewonnenen Daten werden in dezidierte Technologie-Datenbanken überführt, strukturiert und harmonisiert, um sowohl quantitative Analysen (Anzahl Patente/Publicationen) per statistischer Auswertung als auch qualitative Analysen (Inhalte Patente/Publicationen) über Text- und Data-Mining-Funktionen durchführen zu können. Relevant für die Auswertung ist dabei nur die im Patent geschützte, über den Stand der Technik hinausgehende Erfindung bzw. Invention. Sofern mehrere Einzelpatente dieselbe Erfindung (auf z. B. unterschiedlichen Märkten) schützen, so werden diese in nur einer Patentfamilie zusammengefasst und gehen auch nur einmal in die Auswertung ein.



Zur Analyse wird das am DLR entwickelte Data Mining Tool DLR TechScout eingesetzt, das über Text- und Data-Mining-Algorithmen in der Lage ist, Analysen zu technologiespezifischen Innovationslandschaften auf Basis von Patentaktivitäten durchzuführen. Insgesamt wurden für die Analyse in o. g. Themenfeld 15 IPC-Klassen herangezogen (u. a. B60L, B60W, B60K, H01M, H02J) und mit relevanten Suchbegriffen kombiniert.

Aufgeführt werden im Folgenden

- die Top Ten der Patentanmelder weltweit in einer Säulendarstellung sowie ergänzend die weiteren deutschen Unternehmen (außerhalb der Top Ten), die im Technologiebereich „Elektrische Antriebe“ aktiv sind (Kapitel 2.1.1),
- die Veränderung von Intensität und Dynamik bei Patentanmeldungen im zeitlichen Verlauf zur Ableitung von Trendeinschätzungen (Trenddynamik, Kapitel 2.1.1) und
- die Anteile der gesamtdeutschen Automobilindustrie an Patentanmeldungen im zeitlichen Verlauf und im Vergleich mit internationalen Wettbewerbern bzw. Weltregionen (Benchmark, Kapitel 2.1.2).

2.1.1 Aktive Institutionen/Treiber der Technologieentwicklung und Trenddynamik

Zur Identifikation von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten für Erfindungen im Bereich „Elektrische Antriebe“ wurde eine weltweite Analyse von Patentanmeldungen ab dem Jahr 2010 beim Europäischen Patentamt (EPO) durchgeführt. Über den gesamten Untersuchungszeitraum (1. Januar 2010 bis 31. Dezember 2020) konnten **über alle Weltregionen hinweg 189.619 Patentfamilien für elektrifizierte Antriebe** identifiziert werden. Zum Vergleich: 6.778 Patentfamilien wurden im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ analysiert.

In Abbildung 1 ist rechts unten der zeitliche Verlauf der Patentanmeldungen dargestellt. Eine Trenddynamik auf hohem Niveau und mit konstanten Steigerungszahlen ist ersichtlich: Insgesamt konnten die Zahlen seit 2010 (mit 9.605 Patentanmeldungen) um 155 % gesteigert werden, so dass 2020 24.451 Patentanmeldungen erreicht wurden. Das größte Wachstum ist 2012 zu erkennen, mit einer Steigerung der Patentzahlen im Vergleich zum Vorjahr um ca. 29 %. Über den gesamten Betrachtungszeitraum wurde eine jährliche Steigerung von ca. 11 % im Mittel realisiert, mit einem negativen Wachstum nur 2014 (-4 %) und 2017 (-17 %).

Die Patentzahlen der Jahre 2019 und 2020 sind noch vorläufig und können sich durch weitere Veröffentlichungen ggfs. ändern. Generell kann von einem zeitlichen Verzug von Patenteinreichung bis -veröffentlichung von bis zu 1,5 Jahren ausgegangen werden.

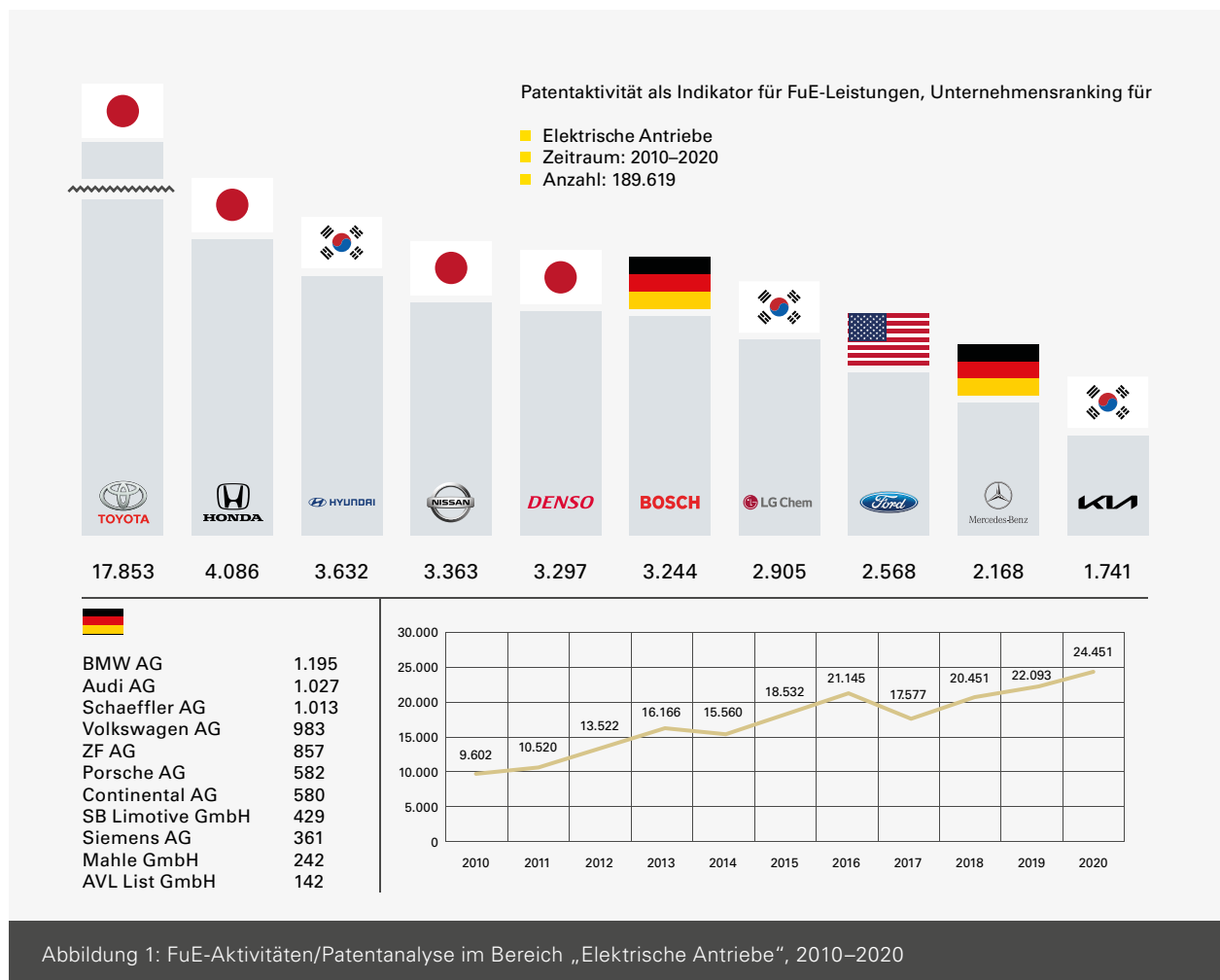


Abbildung 1: FuE-Aktivitäten/Patentanalyse im Bereich „Elektrische Antriebe“, 2010–2020

Im oberen Teil der Abbildung 1 sind die bei FuE-Aktivitäten weltweit führenden Institutionen dargestellt. Hiernach sind die Robert Bosch GmbH (Platz 6) und die Mercedes-Benz AG (Platz 9) als deutsche Unternehmen unter den Top Ten weltweit vertreten. Die Toyota Motor Corp. führt die Rangliste mit Abstand (17.853 Patentfamilien) vor der Honda Motor Co., Ltd. (4.086) an. Weitere japanische Unternehmen sind mit der Nissan Motor Corp. (Platz 4, 3.363) und Denso (Platz 5, 3.297) gelistet. Auch südkoreanische Unternehmen sind in der Rangliste stark vertreten: Die Hyundai Motor Company mit 3.632 Patentfamilien auf Platz 3, LG Chem (2.905) auf Platz 7 und Kia Motors Corp. (1.741) auf Platz 10. Die Ford Motor Company liegt mit 2.568 geschützten Erfindungen im Betrachtungszeitraum auf Platz 8 und ist als einziges Unternehmen aus den USA in den Top Ten platziert. Einzelne französische oder chinesische Unternehmen sind in der Rangliste nicht vertreten.

Insgesamt zeigt sich, dass viele weitere deutsche Unternehmen – v. a. OEM und Systemlieferanten – in die Technologieentwicklung investieren und Erfindungen im Bereich elektrischer Antriebe über Patente schützen (siehe Abbildung 1, links unten): BMW (1.195 Patentfamilien), AUDI AG (1.027), Schaeffler AG (1.013), Volkswagen AG (983), ZF Friedrichshafen AG (857), Porsche AG (582), Continental AG (580), SB Limotive GmbH (429), Siemens AG (361), Mahle GmbH (242) und AVL List GmbH (142).

Weitere deutsche Institutionen mit mehr als 20 Patentfamilien im Portfolio werden im Folgenden der Vollständigkeit halber aufgelistet: Vitesco Technologie GmbH (75), Li-Tec Battery GmbH (66), Magna Powertrain GmbH & Co KG (66), Infineon Technologies AG (59), MAN Truck & Bus AG (56), FEV Euro GmbH (44), SEW Eurodrive GmbH (43), Brusa Elektronik AG (35), Thyssenkrupp AG (34), Fraunhofer Gesellschaft (29), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (26), IAV GmbH (22) und Hella GmbH & Co KGaA (22).

2.1.2 Benchmark der deutschen FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich

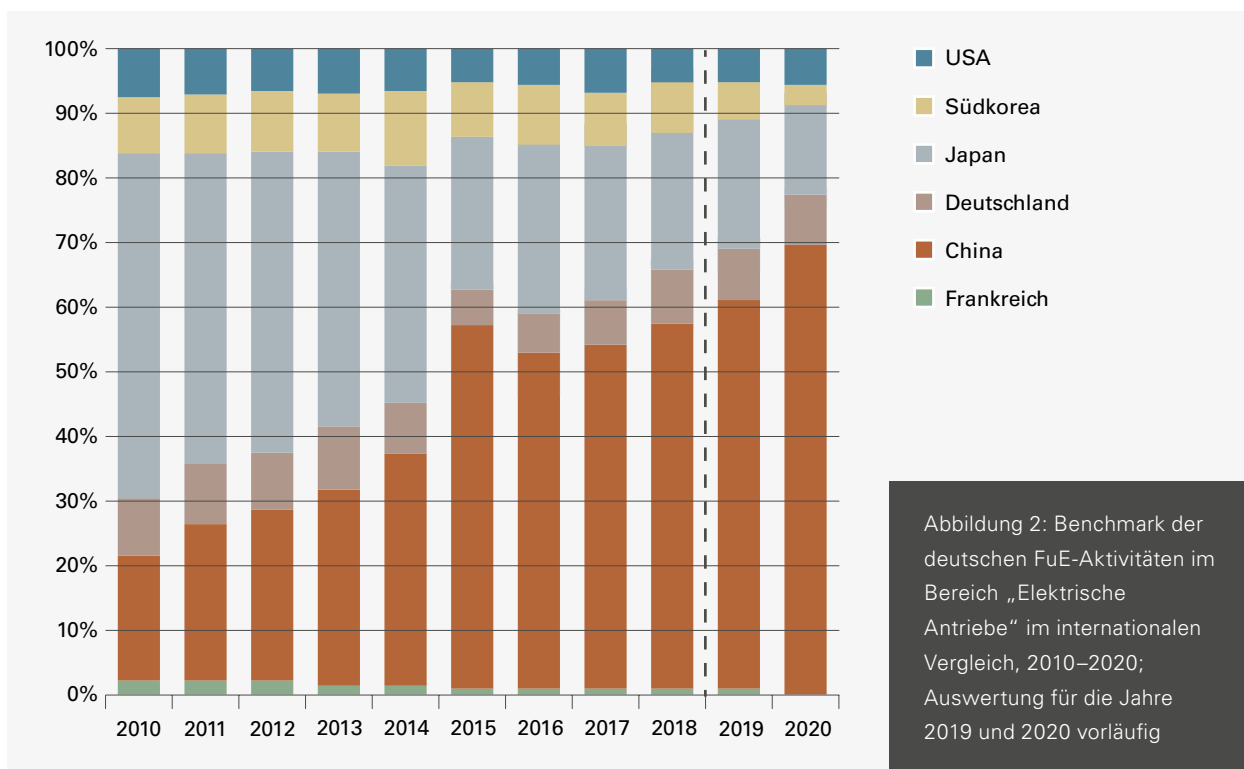
Bei Gesamtbetrachtung der FuE-Aktivitäten einer gesamten Industrie, eines Landes und/oder einer Weltregion werden Patentanmeldungen anhand der verantwortlichen Institution strukturiert und über den geografischen Hauptsitz der Institution zugeordnet. So können die Anteile an Innovationsaktivitäten über Weltregionen hinweg im Vergleich sowie deren Veränderungen bei Betrachtung über einen definierten Zeitraum im Sinne eines Benchmarks identifiziert werden. In folgender Auswertung (Abbildung 2) werden die Anteile der Länder USA, Südkorea, Japan, Deutschland, China und Frankreich im Vergleich dargestellt. Diese sind für 170.446 der insgesamt 189.619 Patentfamilien (90 %) verantwortlich.

Insgesamt ist eine Verschiebung der geografischen Schwerpunkte bei technologischen Aktivitäten im Bereich „Elektrische Antriebe“ über den Betrachtungszeitraum zu erkennen: Während der Anteil der japanischen Automobilindustrie 2010 mit ca. 56 % noch dominant war, sinkt er bis 2018 auf nur noch 22 % – trotz in absoluten Zahlen fast konstanter japanischer Patentanmeldungen (4.686 im Jahr 2010, 4.311 im Jahr 2018). In der vorläufigen Auswertung für das Jahr 2020 sinkt der japanische FuE-Anteil weiter auf nur noch ca. 14 %.

Südkoreanische FuE-Aktivitäten haben über den gesamten Zeitraum hinweg relativ konstante Anteile zwischen 8 % und 10 %, nur im Jahr 2014 wird ein Anteil von ca. 12 % – und damit das Maximum in diesem Vergleich – erreicht. Absolut konnten südkoreanische Institutionen ihre Patentanmeldezahlen ungefähr verdoppeln: von 736 (2010) auf 1.522 (2018). In der vorläufigen Auswertung für 2019 bzw. 2020 sinken die südkoreanischen Anteile auf nur noch ca. 6 % bzw. 3 % ab. Die US-amerikanischen FuE-Anteile im Bereich „Elektrische Antriebe“ sind im internationalen Vergleich noch geringer und bewegen sich zwischen ca. 7 % (2010) und 5 % (2018). In den Jahren 2019 und 2020 ist zum jetzigen Zeitpunkt wieder eine leichte Steigerung auf dann 6 % zu erkennen. In absoluten Zahlen bedeutet diese Entwicklung trotzdem eine Steigerung der Patentanmeldungen US-amerikanischer Unternehmen: von 592 (2020) auf 998 (2018). Französische Patentanmeldungen finden in nur sehr geringem Maße statt, nur ca. 200 bis 300 Erfindungen wurden im Betrachtungszeitraum je Jahr geschützt. Die FuE-Anteile bewegen sich entsprechend ebenfalls auf geringem Niveau und sinken bis 2020 noch weiter ab (2010: 2,4 %, 2018: 1,3 %, 2020: 0,4 %).

Die chinesischen Innovationsanteile wiederum konnten im Zeitraum der Jahre 2010 bis 2020 stark gesteigert werden. Während 2010 noch ein FuE-Anteil von 17 % identifiziert werden kann, sind 2018 56 % erreicht. In der vorläufigen Auswertung bis 2020 steigt dieser Anteil weiter auf dann fast 69 %. Sie wären damit – sofern keine weiteren Patentschriften mehr in diesem Bereich veröffentlicht würden – dominant und mit Abstand führend. Eine wissenschaftlich valide Auswertung kann jedoch nur bis 2018 erfolgen; eine Tendenz für die Folgejahre ist dennoch bereits erkennbar. Auch die absoluten chinesischen Patentzahlen stiegen im Betrachtungszeitraum stark an: 2010 haben chinesische Unternehmen und Forschungsinstitutionen noch 1.426 Erfindungen in Patenten geschützt, im Jahr 2018 waren es 11.067.

Die deutschen Innovationsanteile bewegen sich im Betrachtungszeitraum auf einem ähnlichen Niveau wie die südkoreanischen: im Mittelwert bei ca. 8,2 %. 2010 lagen sie bei ca. 8,8 %, 2018 bei ca. 8,2 %. Auch in der vorläufigen Auswertung bis 2020 sind mit 7,9 % FuE-Anteil kaum Verschiebungen zu erkennen. Absolut wurde jedoch eine Steigerung der Patentzahlen erzielt, diese betragen 2010 noch 739 geschützte Erfindungen, 2018 dann 1.631.



Autor:innen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. – Institut für Fahrzeugkonzepte,
Dipl.-Kfm. techn. Benjamin Frieske, Christian Ulrich, M. Sc.

Hintergrund: Landeslotsenstelle Transformationswissen BW

Im aktuellen Umbruch der Automobilwirtschaft stehen insbesondere mittelständische Unternehmen vor großen Herausforderungen, sei es im Bereich der zukünftigen Entwicklung des Geschäftsmodells, der Mitarbeiterqualifizierung oder der generellen Ausrichtung der Unternehmensstrategie. Die neue Landeslotsenstelle für den Mittelstand setzt hier an und bietet den Vertretern der Automobilwirtschaft, insbesondere Mittelständlern der Zuliefererindustrie und des Kfz-Gewerbes, Orientierung und Unterstützung in folgenden Themengebieten: zielgruppenspezifisch aufbereitetes Wissen zu Technologien, Prozessen und Trends; Übersicht über Weiterbildungs- und Qualifizierungsangebote; strukturierter Überblick zu Beratungsangeboten und Förderprogrammen des Landes; Informationen zu thematisch passenden Veranstaltungen.

Weitere Informationen unter www.transformationswissen-bw.de

Technologiekalender Automobilwirtschaft BW

Der Technologiekalender Strukturwandel Automobil Baden-Württemberg (TKBW) visualisiert den technologischen Wandel durch Elektrifizierung, Automatisierung und Vernetzung und stellt die Entwicklung von Schlüsseltechnologien der Mobilität dar. Das Ergebnis umfasst einen Modulkatalog mit 44 Technologie-Roadmaps, der die zeitliche Entwicklung relevanter Module und Komponenten sowie über 140 Technologiesteckbriefe, inklusive der zeitlichen Einordnung anhand von Reifegraden, beinhaltet. Die Ergebnisse sind unter www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/technologiekalender abrufbar. Ebenso sind die einzelnen Technologiesteckbriefe als PDF abrufbar unter www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/publikationsdatenbank

Herausgeber



Gefördert von



Layout/Satz/Illustration

markentrieb – Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Stand

Juli 2021