

Monitoring von FuE-Aktivitäten im Technologiefeld „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“

Innovationen im Bereich neuartiger Antriebstechnologien sind ein wesentlicher Treiber des aktuellen Strukturwandels 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 stark gestiegenen Patentanmeldungszahlen 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 „Batterie (Fahrzeuganwendung)“ und dem Monitoring von FuE-Aktivitäten der deutschen Automobilindustrie im internationalen Vergleich.



© sdecoret/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, E-Motor und Thermomanagement. Die Batterie ist dabei Kernelement aller elektrifizierten Fahrzeuge. Sie speichert die für den Vortrieb notwendige Energie in den Batteriezellen und gibt sie bei Bedarf an den Elektromotor ab. Die größte technische Herausforderung liegt in der Entwicklung leistungsfähiger und kostengünstiger Batteriesysteme, um elektrische Reichweiten zu realisieren, die mit denen konventionell betriebener Fahrzeuge konkurrieren können – zu ähnlichen Kosten. Ausschlaggebend hierfür ist insbesondere die im Vergleich zu Benzin oder Diesel geringere Energiedichte der Batterien: Während für 100 km Reichweite nur 6 bis 7 kg konventioneller Kraftstoff (inkl. Speichersystem) im Fahrzeug nötig sind, steigt dieser Wert auf über 130 kg bei heutigen Batteriesystemen. Höhere Energiedichten zu erreichen, steht entsprechend im Fokus der Forschung und Entwicklung zu Batteriesystemen. Kurz- bis mittelfristig dominieren Batteriezellen mit Lithium-Ionen-Technologie (Li-Ion) den Markt.¹ Diese werden schon heute in fast allen relevanten elektrifizierten Fahrzeugkonzepten eingesetzt. Neben den Zellen umfasst das Batteriesystem im Fahrzeug auch das Batteriemanagement (inkl. Zellmonitoring), die Elektronik und Sensorik, Komponenten zur Kühlung, Sicherheitselemente sowie das Batteriegehäuse. Das Batteriesystem umfasst ca. 40 % des Wertschöpfungsanteils an einem batterieelektrischen Fahrzeug und ca. 57 % an dessen Antriebsstrang – es ist damit die wichtigste Komponente. Die Zellherstellung nimmt dabei ca. zwei Drittel und die Packherstellung ein Drittel der Wertschöpfung für ein Batteriesystem ein.

Diese neuen Antriebskonzepte und -technologien und die damit einhergehende Veränderung von Wertschöpfungsstrukturen führen dazu, dass die deutsche Automobilwirtschaft vor tiefgreifenden Veränderungen und besonderen Herausforderungen zur Erhaltung der technologischen und marktlichen Wettbewerbsfähigkeit steht. Aufgrund der zentralen Stellung der Automobilindustrie in der gesamten Wirtschaft des Landes und ihrer Bedeutung für Wertschöpfung und Beschäftigung bietet ein **kontinuierliches Monitoring der technologischen Position und Schwerpunktsetzung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) einen Mehrwert**. Auf Basis eines Monitorings 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 OEMs (Original Equipment Manufacturers) und Systemlieferanten (Tier 1) identifiziert und an strategischen Entwicklungspfaden, z. B. von KMU, gespiegelt werden.

Der Fokus dieser Kurzstudie liegt auf dem Monitoring von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten der deutschen Automobilindustrie im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ im internationalen Vergleich. Hierfür werden die Patentierungsaktivitäten der vergangenen 13 Jahre (1. Januar 2010 bis 1. September 2022) untersucht, analysiert und aufbereitet.

¹ | Für eine detaillierte Übersicht zu aktuellen Technologieentwicklungen und Trends bei Batteriezellen sei auf die Web App des „Technologiekalenders Strukturwandel Automobil Baden-Württemberg (TKBW)“ der Landeslotsenstelle Transformationswissen BW verwiesen: <https://www.transformationswissen-bw.de/technologiekalender-app/>

2. FuE-Aktivitäten im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ und Methodik dieser Kurzstudie

Bestandteil der Arbeiten einer Innovationsanalyse zu Fahrzeugtechnologien ist die Identifikation und Untersuchung innovationsorientierter 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 „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ identifiziert und im Vergleich mit ausgewählten Weltregionen seit 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, werden diese in nur einer Patentfamilie zusammengefasst und damit nur einmal in der Auswertung berücksichtigt.



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 18 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 „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ aktiv sind (Kapitel 2.1),
- die Veränderung von Intensität und Dynamik bei Patentanmeldungen im zeitlichen Verlauf zur Ableitung von Trendeinschätzungen (Trenddynamik, Kapitel 2.1) und
- die Anteile der gesamtdeutschen Automobilindustrie an Patentanmeldungen im zeitlichen Verlauf und im Vergleich mit internationalen Wettbewerbern bzw. Weltregionen (Benchmark, Kapitel 2.2).

2.1 Aktive Institutionen/Treiber der Technologieentwicklung und Trenddynamik

Zur Identifikation von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten für Erfindungen im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ wurde eine weltweite Analyse von Patentanmeldungen seit dem Jahr 2010 beim Europäischen Patentamt (EPO) durchgeführt. Über den gesamten Untersuchungszeitraum (1. Januar 2010 bis 1. September 2022) konnten **über alle Weltregionen hinweg 150.790 Patentfamilien für elektrifizierte Antriebe** identifiziert werden.

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 4.613 Patentanmeldungen) um 335 % gesteigert werden, so dass im Jahr 2021 20.054 Patentanmeldungen erreicht wurden. Das größte Wachstum ist 2013 zu erkennen, mit einer Steigerung der Patentzahlen im Vergleich zum Vorjahr um ca. 41 %. Über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg ein jährliches Wachstum von ca. 15 % im Mittel realisiert.

Die Patentzahlen für die Jahre 2021 und 2022 sind noch vorläufig und können sich durch weitere Patentveröffentlichungen in der Zukunft ggfs. ändern. Generell kann von einem zeitlichen Verzug von Patenteinreichung bis -veröffentlichung von bis zu eineinhalb Jahren ausgegangen werden. Das aktuell noch laufenden Jahr 2022 verzeichnet einen Rückgang der Patentzahlen um 29 %, jedoch wurden hierfür nur die ersten acht Monate des Jahres bis September ausgewertet, sodass eine vollständige Vergleichbarkeit nicht gegeben ist.

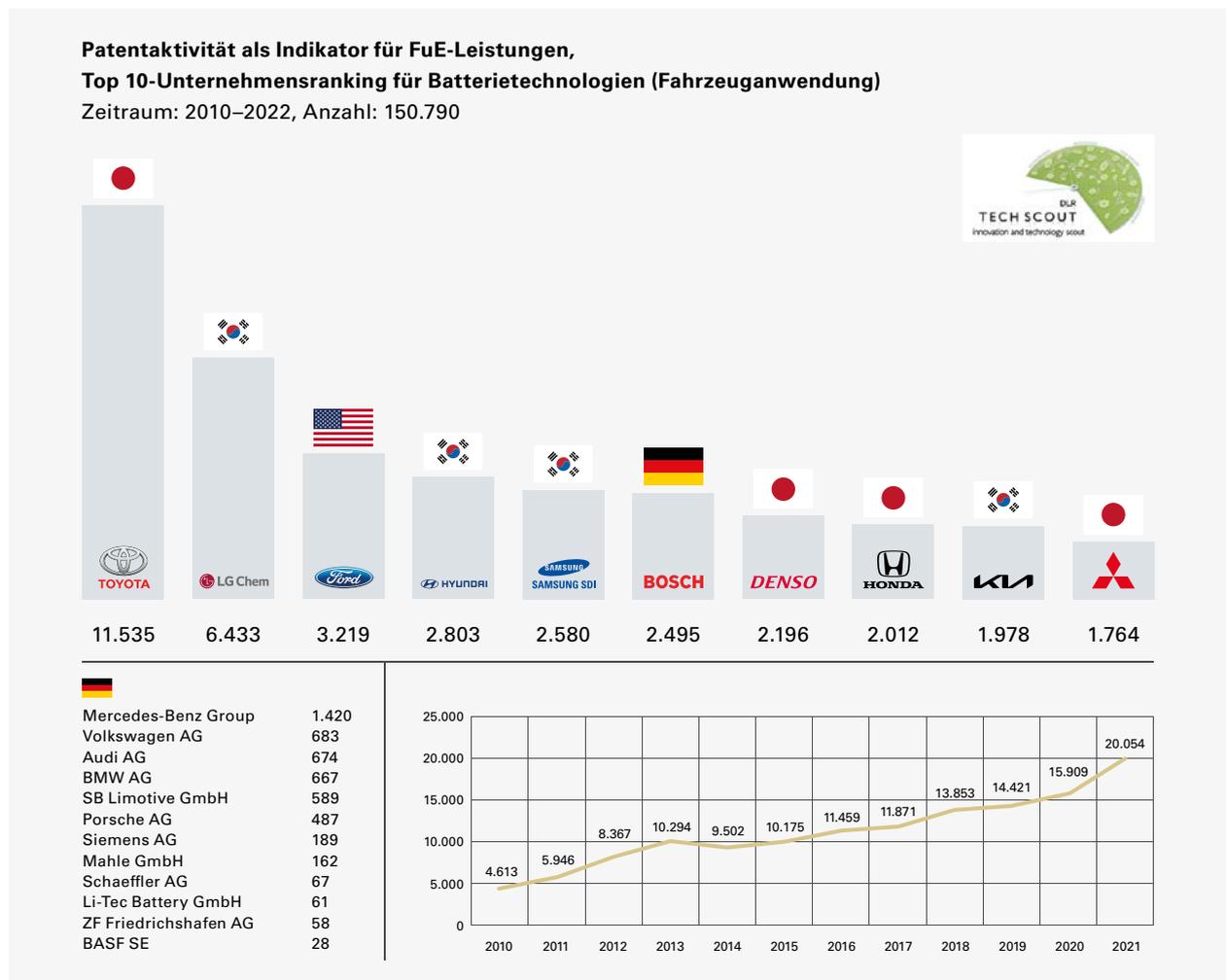


Abbildung 1: FuE-Aktivitäten/Patentanalyse im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“, 2010–2021

Im oberen Teil der Abbildung 1 sind die bei FuE-Aktivitäten weltweit führenden Institutionen dargestellt. Hiernach ist die Robert Bosch GmbH (Platz 6) als deutsches Unternehmen unter den weltweiten Top Ten vertreten. Die Toyota Motor Corp. führt die Rangliste mit Abstand (Japan, 11.535 Patentfamilien) vor LG Chem (Südkorea, 6.433) an. Toyota meldet seit 2010 ca. 900 Erfindungen pro Jahr zum Patent an, mit nur geringen Schwankungen im Zeitverlauf. Weitere japanische Unternehmen sind Denso auf Platz 7 (2.196), Honda Motor Co. Ltd., auf Platz 8 (2.012) und Mitsubishi Motor Corp auf Platz 10 (1.764). Neben LG Chem auf Platz 2 sind auch weitere südkoreanische Unternehmen in der Rangliste stark vertreten: Hyundai Motor Company mit 2.803 Patentfamilien auf Platz 3, Samsung SDI Co. Ltd. auf Platz 4 (2.580) sowie Kia Motors Corp. (1.978) auf Platz 9. Ford Motor Company liegt mit 3.219 geschützten Erfindungen im Betrachtungszeitraum auf Platz 3 und ist als einziges Unternehmen aus den USA in den Top Ten platziert. Einzelne französische oder chinesische Unternehmen sind in dieser Rangliste nicht vertreten.

Insgesamt zeigt sich, dass viele weitere deutsche Unternehmen – v. a. OEMs und Systemlieferanten – in die Technologieentwicklung investieren und Erfindungen im Bereich elektrischer Antriebe über Patente schützen (siehe Abbildung 1, links unten). Unter den weiteren deutschen Institutionen können die folgenden Unternehmen identifiziert werden: Mercedes-Benz Group AG² (1.420 Patentfamilien), Volkswagen AG (683), Audi AG (674), BMW AG (664), SB Limotive GmbH (589), Porsche AG (487), Siemens AG (189), Mahle GmbH (162), Schaeffler AG (67), Li-Tec Battery GmbH (61), ZF Friedrichshafen AG (58) sowie BASF SE (28).

² | Hierin sind alle Patente der früheren Daimler AG enthalten.

2.2 Benchmark der deutschen FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich

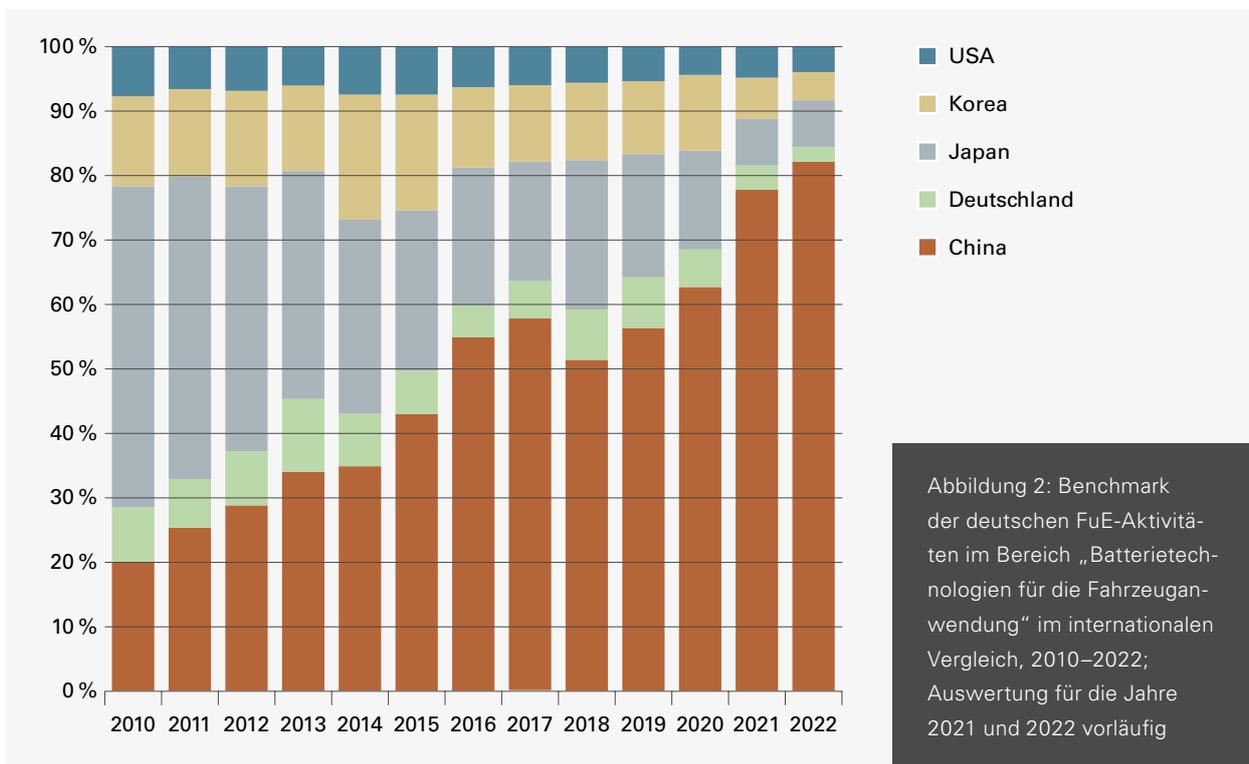
Bei Gesamtbetrachtung der FuE-Aktivitäten einer Industrie, eines Landes und/oder einer Weltregion werden Patentanmeldungen anhand der verantwortlichen Institution strukturiert und über den geografischen Hauptsitz der Institution zugeordnet. So können die Anteile an Innovationsaktivitäten über Weltregionen hinweg im Vergleich sowie deren Veränderungen bei Betrachtung über einen definierten Zeitraum im Sinne eines Benchmarks identifiziert werden. Patentanmeldungen individueller Personen werden hierzu ausgeklammert. In folgender Auswertung (Abbildung 2) werden die Anteile der Länder USA, Südkorea, Japan, Deutschland und China im Vergleich dargestellt. Institutionen aus diesen Ländern sind für 137.399 der insgesamt 150.790 Patentfamilien (91 %) verantwortlich.

Insgesamt ist eine **Verschiebung der geografischen Schwerpunkte bei technologischen Aktivitäten im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ über den Betrachtungszeitraum zu erkennen**: Während die Anteile der japanischen Automobilindustrie im Jahr 2010 mit ca. 50 % noch dominant waren, sinken diese bis 2020 auf nur noch 15 % – trotz in absoluten Zahlen steigender japanischer Patentanmeldungen (1.342 im Jahr 2010, 3.989 im Jahr 2020). In der vorläufigen Auswertung für das Jahr 2022 sinken die japanischen FuE-Anteile auf nur noch ca. 7,4 %.

Südkoreanische FuE-Aktivitäten haben über den gesamten Zeitraum hinweg relativ konstante Anteile von ca. 13 %, nur in den Jahren 2014 (19 %) und 2015 (17 %) werden höhere Werte erzielt. Absolut konnten südkoreanische Institutionen ihre Patentanmeldezahlen trotzdem stark steigern: von 369 im Jahr 2010 auf 3.142 im Jahr 2020. In vorläufiger Auswertung für 2021 bzw. 2022 sinken die südkoreanischen Anteile auf nur noch ca. 6 % bzw. 4 % ab. Die US-amerikanischen FuE-Anteile im Bereich „Batterietechnologien für die Fahrzeuganwendung“ sind im internationalen Vergleich noch geringer und bewegen sich im Mittel bei ca. 6,4 %. Für die Jahre 2021 und 2022 ist zum jetzigen Zeitpunkt ein weiterer Rückgang auf dann 5 % bzw. 4 % zu erkennen. In absoluten Zahlen bedeutet diese Entwicklung trotzdem eine Steigerung der Patentanmeldungen US-amerikanischer Unternehmen: von 212 im Jahr 2010 auf 1.096 im Jahr 2020.

Die chinesischen Innovationsanteile wiederum konnten im Zeitraum der Jahre 2010 bis 2020 stark gesteigert werden. Während 2010 noch ein FuE-Anteil von ca. 21 % identifiziert werden kann, konnten im Jahr 2020 ca. 63 % erreicht werden. In der vorläufigen Auswertung bis 2022 steigt dieser Anteil weiter auf dann fast 83 %. Sie wären damit – sofern keine weiteren Patentschriften mehr in diesem Bereich veröffentlicht würden – dominant und mit Abstand führend. Allerdings sind die Zahlen der Jahre 2021 und 2022 aufgrund zeitlicher Verzögerungen zwischen Patenteinreichung und -veröffentlichung in vorläufiger Auswertung und können sich noch ändern. Eine wissenschaftlich valide Auswertung kann deshalb nur bis 2020 erfolgen; eine Tendenz für die Folgejahre ist dennoch bereits erkennbar. Auch die absoluten chinesischen Patentzahlen stiegen im Betrachtungszeitraum stark an: Im Jahr 2010 haben chinesische Unternehmen und Forschungsinstitutionen noch 558 Erfindungen in Patenten geschützt, im Jahr 2020 waren es 16.425.

Die deutschen Innovationsanteile bewegen sich im Betrachtungszeitraum auf einem ähnlichen Niveau wie die US-amerikanischen: im Mittelwert bei ca. 7,5 %. Im Jahr 2010 lagen sie bei ca. 8,2 %, 2020 bei ca. 5,8 %. In der vorläufigen Auswertung bis 2022 sind weitere Verschiebungen auf nur noch ca. 3 % FuE-Anteil im Mittel zu erkennen. Absolut wurde jedoch eine Steigerung der Patentzahlen erzielt, diese betragen im Jahr 2010 noch 221 geschützte Erfindungen, im Jahr 2020 dann 1.496.



Autoren

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 Landeslotsenstelle setzt hier an und bietet Vertreter:innen 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 aktuell einen Modulkatalog mit 44 Technologie-Roadmaps, der die zeitliche Entwicklung relevanter Module und Komponenten beinhaltet, sowie über 160 Technologiesteckbriefe, inklusive der zeitlichen Einordnung anhand von Reifegraden. Die Ergebnisse sind unter www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/technologiekalender aufrufbar.

Ebenso sind die einzelnen Technologiesteckbriefe als PDF aufrufbar unter <https://www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/publikationsdatenbank>

Herausgeber



Gefördert von



Layout/Satz/Illustration

markentrieb – Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Stand

Oktober 2022