

## Monitoring von FuE-Aktivitäten im Technologiefeld „LiDAR für automatisiertes/ autonomes Fahren“

Innovationen in den Bereichen Fahrzeugautomatisierung und -digitalisierung sind ein wesentlicher Treiber für den aktuellen Strukturwandel und grundlegende Voraussetzung für den Erhalt der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) zum automatisierten und autonomen Fahren haben in den vergangenen Jahren deutlich an Intensität und Dynamik gewonnen – in einem internationalen Benchmark zu messen auch an deutlich gestiegenen Patentanmeldungszahlen. 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 „LiDAR für automatisiertes/ autonomes Fahren“ und dem Monitoring von FuE-Aktivitäten der deutschen Automobilindustrie im internationalen Vergleich.



© sdecret/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 zum 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 CO<sub>2</sub>-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. Ergänzt werden diese Forschungsaktivitäten durch immer intensivere Investitionen in technologische Entwicklungen für die Fahrzeugautomatisierung und die Fahrzeugvernetzung, um so letztlich automatisierte und autonome Fahrfunktionen zu ermöglichen. Die korrekte Erfassung des Fahrzeugumfelds ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, sie wird derzeit über verschiedene Sensorsysteme in Kombination gehandhabt. Grundsätzlich werden aktuell Kameras (u. a. Mono-, Stereo- und Infrarotkameras), LiDAR-Systeme (Fern- und Nahbereich, scannende vs. nicht scannende Systeme), Radarsensoren im Nah- und Fernbereich sowie Ultraschallwandler im Nahbereich eingesetzt. Während Radarsensoren eine zuverlässige und konstant gute Erfassung erlauben, können LiDAR-Systeme dank einer höheren Trennschärfe Objekte z. B. besser unterscheiden und klassifizieren.

Generell erfasst ein LiDAR-System (Light Detection And Ranging) durch optische Messverfahren die Umwelt in einer Punktwolke. Damit ergänzt es das Sensorset für die Wahrnehmung automatisierter Fahrzeuge. Vorteile gegenüber Radar- und Kamerasystemen sind u. a. eine höhere Reichweite, eine bessere Auflösung und gute Eigenschaften bei ungünstigen Witterungsbedingungen. Ein LiDAR basiert auf einem ähnlichen Prinzip wie Radarsensoren. Statt Mikrowellen wird allerdings Laserlicht zur Laufzeitmessung verwendet. Im Fahrzeugbereich wird bisher vorwiegend das Time-of-Flight-Messprinzip verwendet. Dabei wird ein Laserimpuls ausgesendet und die Zeit gemessen, bis das reflektierte Licht vom Empfänger detektiert wird. Die Entfernung der Objekte in der Umgebung lässt sich dann über die Lichtgeschwindigkeit und den Brechungsindex der Luft berechnen. Zuerst wurde ein LiDAR-System in der Astronomie eingesetzt. Erst mit der Miniaturisierung der Systeme wurden LiDAR-Systeme auch für Straßenfahrzeuge relevant, sie können dort als Schlüsseltechnologie für das automatisierte und autonome Fahren dienen.

Auch diese neuen 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. 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. 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 „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ im internationalen Vergleich. Hierfür werden die Patentierungsaktivitäten aus einem Zeitraum von rund elf Jahren (1. Januar 2010 bis 1. Dezember 2020) untersucht, analysiert und aufbereitet.

## 2. FuE-Aktivitäten im Bereich „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ und Methodik dieser Kurzstudie

Bestandteil der Arbeiten einer Innovationsanalyse zu Fahrzeugtechnologien ist die Identifikation und Untersuchung von 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 insbesondere Ertragsindikatoren zur Messung des FuE-Outputs im Rahmen dieser Kurzstudie relevant. Im Bereich von 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 „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ 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 Technologiedatenbanken überführt, strukturiert und harmonisiert, um sowohl quantitative Analysen (Anzahl Patente/Publikationen) per statistischer Auswertung als auch qualitative Analysen (Inhalte Patente/Publikationen) 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 18 IPC-Klassen herangezogen (u. a. G05D, B60W, G01S, G06K) und mit relevanten Suchbegriffen kombiniert.

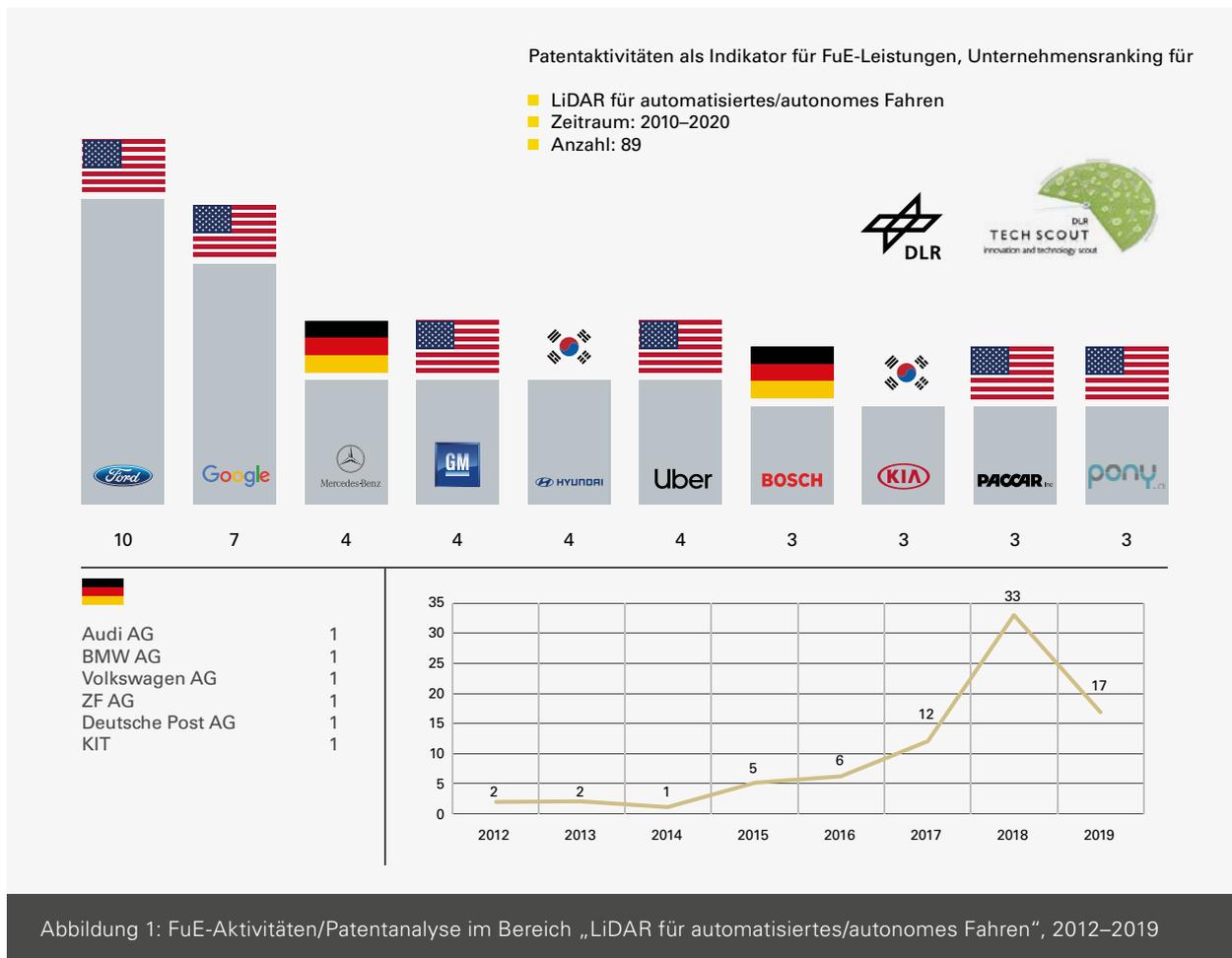
Aufgeführt werden im Folgenden

- die Top Ten der Patentanmelder weltweit in einer Säulendarstellung sowie ergänzend die weiteren deutschen Unternehmen (außerhalb der Top Ten), die im Technologiebereich „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ 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 2.1.).

### 2.1 Aktive Institutionen/Treiber der Technologieentwicklung und Trenddynamik

Zur Identifikation von FuE-Aktivitäten für Erfindungen im Bereich „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ wurde eine weltweite Analyse von Patentanmeldungen seit dem Jahr 2010 beim Europäischen Patentamt (EPO) durchgeführt. Über den gesamten Untersuchungszeitraum (1. Januar 2010 bis 1. Dezember 2020) konnten über alle Weltregionen hinweg 6.778 Patentanmeldungen für das automatisierte/autonome Fahren im Allgemeinen identifiziert werden, hiervon 89 Patentfamilien für die Schlüsseltechnologie „LiDAR“ im Speziellen. Zum Vergleich: 289 Patentfamilien wurden im Bereich „Radar“ analysiert.

In Abbildung 1 ist rechts unten der zeitliche Verlauf der Patentanmeldungen dargestellt. Eine Trenddynamik ist ersichtlich: Insgesamt ist bis zum Jahr 2016 (mit sechs Patentanmeldungen) ein sehr flacher Verlauf bei Patentierungsaktivitäten zu erkennen, mit dann aber steigender Tendenz bis zum Jahr 2017 (auf zwölf) und stärkerem Anstieg im Jahr 2018 (33). Die Patentzahlen in den Jahren 2018 und 2019 allein übersteigen diejenigen des gesamten vorherigen Betrachtungszeitraums (2010–2016), die Steigerungsquote von 2017 auf 2018 beträgt 94 %. In vorläufiger Auswertung für 2019 sinkt die Zahl wieder auf 17, 2020 auf elf, allerdings lässt sich dies voraussichtlich darauf zurückführen, dass zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht alle Patentanmeldungen veröffentlicht wurden und entsprechend ausgewertet werden können. Generell muss erwähnt werden, dass die Patentzahlen der Jahre 2019 und 2020 noch vorläufig sind und sich durch weitere Veröffentlichungen ggfs. ändern können. Generell kann von einem zeitlichen Verzug von Patenteinreichung bis -veröffentlichung von bis zu 1,5 Jahren ausgegangen werden.



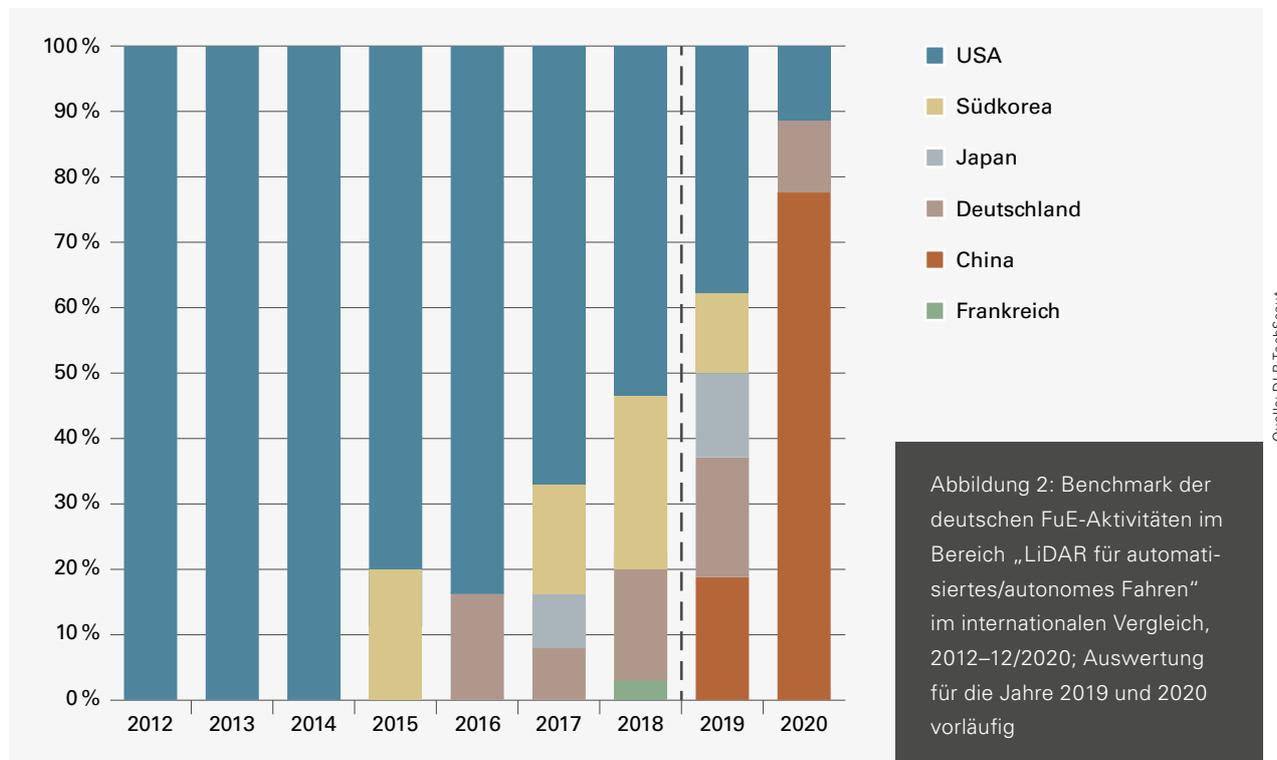
Im oberen Teil der Abbildung 1 sind die bei FuE-Aktivitäten weltweit führenden Institutionen dargestellt. Hiernach sind die Mercedes-Benz AG (Platz 3) und die Robert Bosch GmbH (Platz 4) als deutsche Unternehmen unter den Top Ten weltweit vertreten. Die Ford Motor Company (USA) führt die Rangliste vor Google LLC (USA) an. Mit der General Motors Company und Uber Corp. (jeweils vier Patente, gleichplatziert mit Mercedes auf Rang 3) sowie PACCAR Inc. und Pony.ai Inc. befinden sich vier weitere US-amerikanische Unternehmen in den Top Ten. Die beiden letzteren sind mit jeweils drei Patenten gleichplatziert mit Bosch auf Rang 4. Zwei südkoreanische Unternehmen (Hyundai Motor Company und Kia Motors Corp.) komplettieren die Rangliste mit 4 bzw. 3 Patenten im Portfolio. Japanische sowie chinesische Unternehmen sind in den Top Ten im Bereich „LiDAR“ nicht vertreten.

Insgesamt zeigt sich, dass einige weitere deutsche Unternehmen – v. a. OEM und Systemlieferanten – bislang in die Technologieentwicklung investiert haben und mit (jedoch sehr geringen) Patentanmeldungen aktiv sind (siehe Abbildung 1, links unten). Unter den weiteren deutschen Institutionen können die AUDI AG, die BMW AG, die Volkswagen AG, die ZF Friedrichshafen AG und die Deutsche Post AG sowie mit dem KIT auch eine Forschungsinstitution mit jeweils einer Patentfamilie im Portfolio identifiziert werden.

## 2.2 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 83 der insgesamt 89 Patentfamilien verantwortlich.

Insgesamt ist eine Verschiebung der geografischen Schwerpunkte bei technologischen Aktivitäten im Bereich „LiDAR für automatisiertes/autonomes Fahren“ über den Betrachtungszeitraum zu erkennen: Während die Anteile der US-amerikanischen Automobilindustrie bis 2016 mit Anteilen zwischen 80 % und 100 % extrem dominant sind, nehmen die Innovationsaktivitäten anderer Weltregionen seit 2017 (USA: 67 %) stetig zu, so dass 2018 noch 52 %, 2019 32 % und 2020 nur noch 11 % Patentanteile erreicht werden können. Südkoreanische FuE-Aktivitäten sind erstmals 2015 zu identifizieren, erreichen 2017 15 % und 2018 36 %, während sie 2019 (11 %) wieder sinken und 2020 überhaupt nicht mehr zu identifizieren sind. Japanische Aktivitäten sind nur in geringem Maße und vereinzelt in den Jahren 2017 (8 %) und 2019 (12 %) zu erkennen, französische spielen mit nur 2 % im Jahr 2018 eine untergeordnete Rolle. Chinesische Patentanmeldungen können in den Jahren 2012 bis 2018 überhaupt nicht identifiziert werden, erst dann steigen die Zahlen an (2019: 19 %). In der vorläufigen Auswertung werden sogar 78 % im Jahr 2020 erreicht und wären damit – sofern keine weiteren Patentschriften mehr in diesem Bereich veröffentlicht würden – dominant und mit Abstand führend. Allerdings sind die Zahlen der Jahre 2019 und 2020 aufgrund zeitlicher Verzögerungen zwischen Patentanmeldung und -veröffentlichung in vorläufiger Auswertung und können sich noch ändern. Eine wissenschaftlich valide Auswertung kann deshalb nur bis 2018 erfolgen; eine Tendenz für die Folgejahre ist dennoch bereits erkennbar. Die deutschen Innovationsanteile variieren im Betrachtungszeitraum und können erstmals im Jahr 2016 (17 %) wahrgenommen werden. Nach einem Rückgang im Jahr 2017 (9 %) erreichen sie in 2018 wieder ca. 17 %, in 2019 dann 19 %. 2020 sinken die Anteile in der vorläufigen Auswertung auf ca. 11 %.



## 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](http://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](http://www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/technologiekalender) abrufbar. Ebenso sind die einzelnen Technologiesteckbriefe als PDF abrufbar unter [www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/wissensdatenbank](http://www.transformationswissen-bw.de/wissensspeicher/wissensdatenbank)

#### Herausgeber



#### Gefördert von



#### Layout/Satz/Illustration

markentrieb – Die Kraft für Marketing und Vertrieb

#### Stand

Dezember 2020