

## Monitoring von FuE-Aktivitäten im Technologiefeld „Automatisiertes/ Autonomes Fahren“

Innovationen in den Bereichen Fahrzeugautomatisierung und -digitalisierung sind ein wesentlicher Treiber für den aktuellen Strukturwandel und grundlegende Voraussetzung zum 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 Patentanmeldungen. 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 „Automatisiertes/ Autonomes Fahren“ 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 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. Nach der Norm SAE J3016 werden sechs Automatisierungsstufen unterschieden: Während „Level 0“ Fahrzeuge ohne jegliche Automation beschreibt, spricht man erst bei der letzten Stufe „Level 5“ von autonomen Fahrzeugen. Im Jahr 2020 befindet sich der Automobilmarkt an der Schwelle zur Einführung von Fahrzeugen des SAE „Levels 3“.

Stufen	 Funktion Fahrer:in	Funktion System   
<b>0</b> Rein manuell	Dauerhafte gesamte Fahrzeugführung.	
<b>1</b> Assistiert	Dauerhafte Quer- oder Längsführung.	Jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt.
<b>2</b> Teil-automatisiert	Dauerhafte Systemüberwachung und dauerhafte Bereitschaft zur Übernahme.	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen.
<b>3</b> Hoch-automatisiert	Keine dauerhafte Systemüberwachung erforderlich. Bei Bedarf Übernahme mit ausreichender Zeitreserve.	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen. Verlängerter Übergabezeitraum.
<b>4</b> Voll-automatisiert	Keine dauerhafte Systemüberwachung erforderlich.	Das System übernimmt Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Fahrsituationen. Rückführung in risikominimalen Zustand durch System.
<b>5</b> Autonom	Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig. Das System ist in allen Situationen in der Lage, das Fahrzeug sicher zu steuern. Das Fahrzeug kommt ganz ohne Fahrer:in aus.	

Quelle: e-mobilBW/2015, in Anlehnung an BAST und vda

Abbildung 1: Die sechs Stufen des automatisierten Fahrens

Damit steht unter anderem die deutsche Automobilwirtschaft vor tiefgreifenden Veränderungen und besonderen Herausforderungen zur Erhaltung der technologischen und marktlichen Wettbewerbsfähigkeit – insbesondere bei neuen Technologien und veränderten Wertschöpfungsstrukturen. Durch die zentrale Stellung der Automobilindustrie in der gesamten Wirtschaft des Landes und ihre Bedeutung für Wertschöpfung und Beschäftigung auch im Zusammenhang mit industriellen oder industrienahen Forschungs- und Entwicklungsleistungen bietet ein kontinuierliches Monitoring der technologischen Position und Schwerpunktsetzung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) einen Mehrwert.

So können z. B. Informationen zu technologisch besonders aktiven Unternehmen und Institutionen bzw. Technologieführern bereitgestellt und Veränderungen in FuE-Schwerpunkten bei OEMs (Original Equipment Manufacturers) und Systemlieferanten (Tier 1) an strategischen Entwicklungspfaden der KMU gespiegelt werden.

Der Fokus dieser Kurzstudie liegt auf dem Monitoring von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten (FuE) der deutschen Automobilindustrie im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ im internationalen Vergleich. Hierfür werden die Patentierungsaktivitäten der vergangenen zehn Jahre (1. Januar 2010 bis 1. Oktober 2020) untersucht, analysiert und aufbereitet.

## 2. FuE-Aktivitäten im Bereich „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 Innovationsindikatoren 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 „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ 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/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. 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 13 IPC-Klassen herangezogen (u. a. G08G, G05D, B60W, B62D) und mit relevanten Suchbegriffen kombiniert. Über den gesamten Untersuchungszeitraum (1. Januar 2010 bis 1. Oktober 2020) konnten über alle Weltregionen hinweg 6.778 Patentanmeldungen identifiziert werden.

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 „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ 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 Aktive Institutionen/Treiber der Technologieentwicklung und Trenddynamik**

Zur Identifikation von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ für Erfindungen mit Bezug zu einer Fahrzeuganwendung wurde eine weltweite Analyse von Patentanmeldungen ab dem Jahr 2010 beim Europäischen Patentamt (EPO) durchgeführt. Insgesamt konnten bis Oktober 2020 6.778 Patente identifiziert werden.

In Abbildung 2 ist rechts unten der zeitliche Verlauf der Patentanmeldungen dargestellt. Es ist eine klare Trenddynamik ersichtlich: Insgesamt ist bis zum Jahr 2014 (mit 29 Patentanmeldungen) ein sehr flacher Verlauf bei Patentierungsaktivitäten zu erkennen, mit dann stetig steigender Tendenz bis zum Jahr 2018 (auf 722) und sprunghaftem Anstieg in den Jahren 2019 (2.507) und 2020 (2.153 bis 1. Oktober 2020). Die Patentzahlen im Jahr 2019 allein übersteigen diejenigen des gesamten vorherigen Betrachtungszeitraums (2010–2018), die Steigerungsquote von 2018 auf 2019 beträgt 247 %. Die 2020 wieder niedrigere Anzahl der Patentanmeldungen lässt sich voraussichtlich auf den verkürzten Betrachtungszeitraum bis nur Oktober zurückführen. Aus einer ersten Trendextrapolation ist zu erwarten, dass die Patentanmeldungen im Verlauf des vierten Quartals noch weiter steigen und somit insgesamt über 3.000 liegen.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Patentzahlen der Jahre 2019 und 2020 noch vorläufig sind und sich durch weitere Patentveröffentlichungen ggfs. nochmals ändern. Generell kann von einem zeitlichen Verzug von Patenteinreichung bis -veröffentlichung von bis zu 1,5 Jahren ausgegangen werden.

Im oberen Teil der Abbildung 2 sind die bei FuE-Aktivitäten weltweit führenden Institutionen im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ dargestellt. Hiernach sind Robert Bosch GmbH, Mercedes-Benz AG, BMW AG und AUDI AG als deutsche Unternehmen unter den Top Ten weltweit vertreten. Bosch führt die Rangliste vor der Ford Motor Company (USA) und der Toyota Motor Company (Japan) an. Mit Google LLC (inkl. Alphabet Inc. und Waymo LLC) befindet sich ein weiteres US-amerikanisches Unternehmen in der Top Ten auf Rang 8. Die japanischen Unternehmen Honda Motor Co. Ltd. (Platz 5), Denso Corp. (Platz 7) und Nissan Motor Co. Ltd. (Platz 9) komplettieren die Rangliste.

Insgesamt zeigt sich, dass mittlerweile zahlreiche deutsche Unternehmen – sowohl OEMs als auch Zulieferer auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfung – in die Technologieentwicklung investieren und mit Patentanmeldungen aktiv sind (siehe Abbildung 1, links unten). Unter den weiteren deutschen Institutionen können u. a. die Volkswagen AG (100 Patente), ZF Friedrichshafen AG (76), Continental GmbH (71), Porsche AG (15) und Siemens AG (8) identifiziert werden.

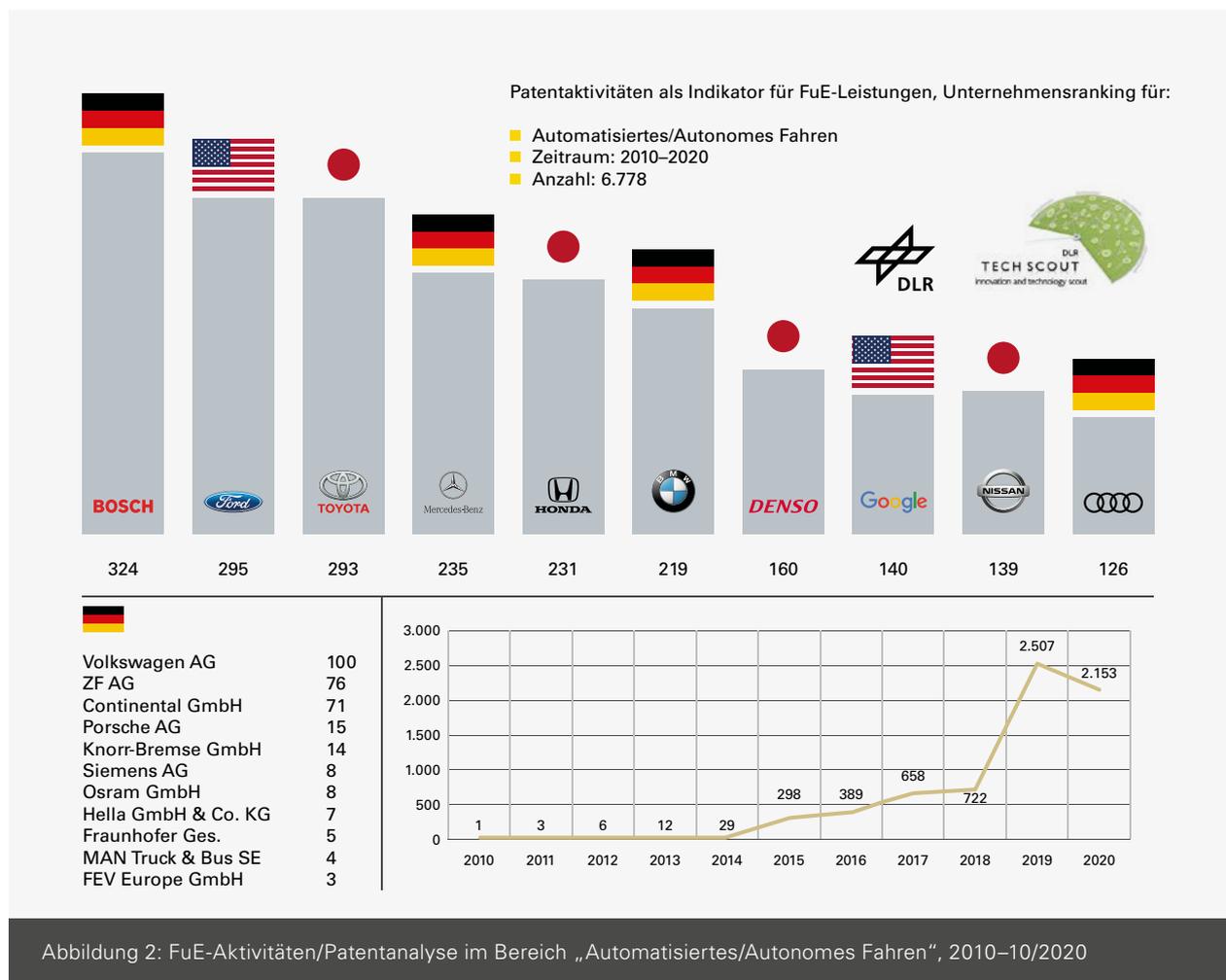


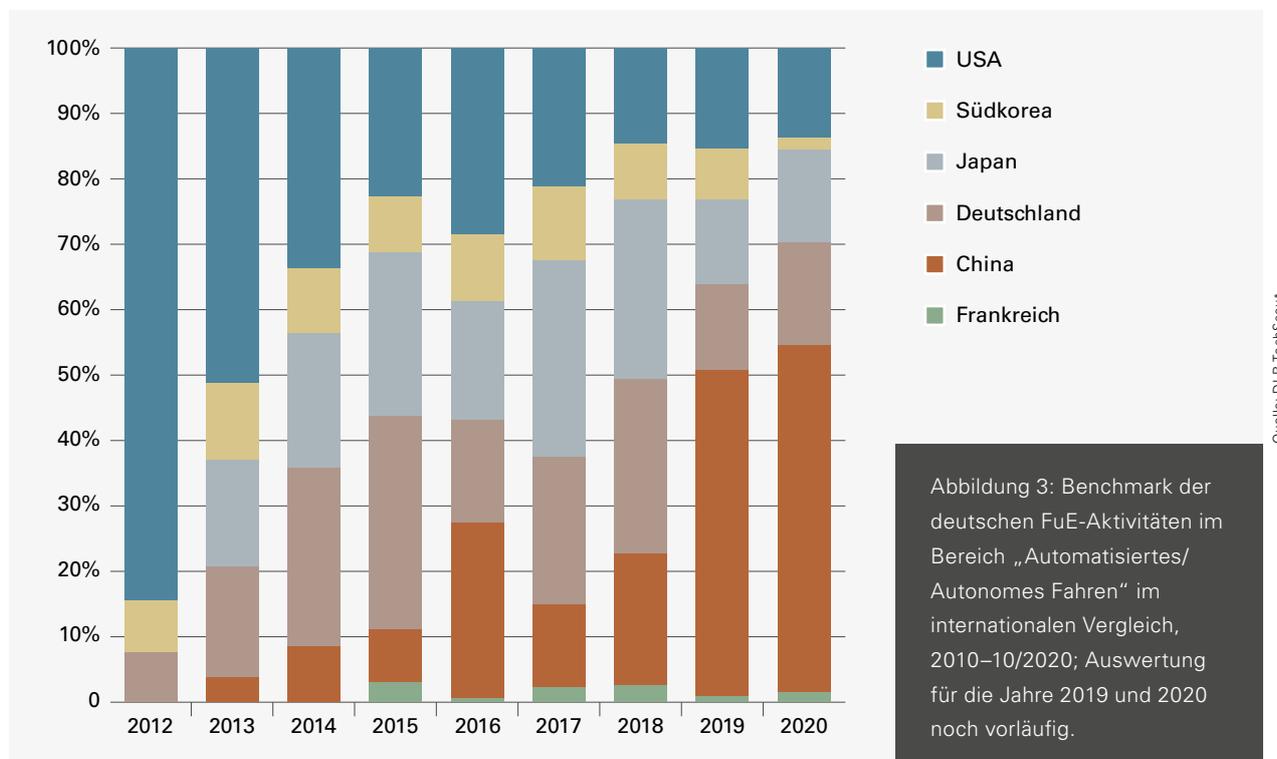
Abbildung 2: FuE-Aktivitäten/Patentanalyse im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“, 2010–10/2020

## 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 3) werden die Anteile der Länder USA, Südkorea, Japan, Deutschland, China und Frankreich im Vergleich dargestellt. Diese sind für 6.516 der insgesamt 6.778 Patentanmeldungen verantwortlich.

Insgesamt ist eine starke Verschiebung der geografischen Schwerpunkte der technologischen Aktivitäten im Bereich „Automatisiertes/Autonomes Fahren“ über den Betrachtungszeitraum zu erkennen: Während die Anteile der US-amerikanischen Automobilindustrie von ca. 51 % im Jahr 2013 auf nur noch ca. 15 % im Jahr 2018 und 14 % im Jahr 2020 sinken, steigt der Anteil chinesischer FuE-Aktivitäten an: von nur ca. 4 % im Jahr 2013 auf ca. 20 % im Jahr 2018 und sogar 53 % im Jahr 2020. Allerdings sind die Zahlen der Jahre 2019 und 2020 aufgrund zeitlicher Verzögerungen zwischen Patenteinreichung und -veröffentlichung noch in vorläufiger Auswertung und können sich noch ändern. Eine wissenschaftlich valide Auswertung kann deshalb nur bis 2018 erfolgen; eine deutliche Tendenz für die Folgejahre ist dennoch bereits erkennbar.

Die gesamtdeutschen Innovationsanteile konnten von ca. 17 % im Jahr 2013 auf 27 % im Jahr 2018 gesteigert werden. In der vorläufigen Auswertung bis 2020 sinkt der Anteil dann wiederum auf ca. 16 %. Zu erkennen sind zugleich absolut steigende deutsche FuE-Leistungen: 18 Patente wurden 2013 angemeldet, 623 im Jahr 2018. In Japan liegen die Innovationsanteile auf einem ähnlichen Niveau (2013: 17 %, 2018: 27 %, 2020: 14 %), Südkorea verliert hingegen deutlich und verzeichnet nach einem Anteil von 11 % im Jahr 2013 nur noch ca. 8 % im Jahr 2018 und 2 % im Jahr 2020. Die Innovationsleistungen der französischen Automobilindustrie hingegen bewegen sich über den gesamten Zeitraum im niedrigen einstelligen Prozentbereich, mit Maxima von 2–3 % in den Jahren 2015, 2017 und 2018.



## 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

Oktober 2020