



IW-Trends 3/2021

Innovationswandel in der deutschen Kfz-Industrie

Enno Kohlisch / Oliver Koppel / Malte Küper / Thomas Puls

Vorabversion aus: IW-Trends, 48. Jg. Nr. 3
Herausgegeben vom Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.

Verantwortliche Redakteure:

Prof. Dr. Michael Grömling, Telefon: 0221 4981-776

Holger Schäfer, Telefon: 030 27877-124

groemling@iwkoeln.de · schaefer.holger@iwkoeln.de · www.iwkoeln.de

Die IW-Trends erscheinen viermal jährlich, Bezugspreis € 50,75/Jahr inkl. Versandkosten.

Rechte für den Nachdruck oder die elektronische Verwertung erhalten Sie über
lizenzen@iwkoeln.de.

ISSN 0941-6838 (Printversion)

ISSN 1864-810X (Onlineversion)

© 2021 Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH

Postfach 10 18 63, 50458 Köln

Konrad-Adenauer-Ufer 21, 50668 Köln

Telefon: 0221 4981-452

Fax: 0221 4981-445

iwmedien@iwkoeln.de

www.iwmedien.de

Innovationswandel in der deutschen Kfz-Industrie: Eine Analyse mit der IW-Patentdatenbank

Enno Kohlisch / Oliver Koppel / Malte Küper / Thomas Puls, September 2021

Zusammenfassung

Der gesellschaftliche und politische Wandel macht Neuerungen in der Kfz-Technologie notwendig. In diesem Beitrag wird der technologische Fortschritt am Kfz-Standort Deutschland analysiert. Aufbauend auf einer bestehenden Methodik zur Identifizierung von Innovationsleistungen wird ein neues Verfahren vorgestellt, um die Patentleistung im Segment des elektrifizierten Antriebsstrangs zu bestimmen. Im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2018 stieg die gesamte Patentleistung der Kfz-Industrie am Standort Deutschland um insgesamt 35 Prozent an. Die Gesamtzahl der durch den hier eingeführten Elektro-Hybrid-Filter identifizierten Patentanmeldungen am Standort Deutschland konnte gleichzeitig um fast 125 Prozent gesteigert werden. Bei den Patentanmeldungen mit Bezug auf die konventionellen und elektrifizierten Antriebsstrangvarianten zeigte sich ab 2015 eine deutliche Verlagerung: Der Anteil des konventionellen Antriebsstrangs an der gesamten Patentleistung der Kfz-Industrie sank schnell, während der elektrifizierte Antriebsstrang seinen Anteil deutlich ausweiten konnte. Bei den Kfz-Herstellern BMW, Daimler und der Volkswagengruppe war der elektrische Antriebsstrang im Jahr 2018 bereits patentstärker als das konventionelle Gegenstück. Auch bei den fünf größten Zulieferern der Kfz-Industrie ist der Innovationswandel eindeutig zu erkennen, hier besteht aber noch eine signifikante Dominanz des konventionellen Antriebsstrangs. Abseits der acht herausgehobenen Großunternehmen, die zuletzt 88 Prozent aller Patentanmeldungen im Bereich der elektrifizierten Antriebsstränge einreichten, ist jedoch kaum eine adäquate Patentaktivität am Standort Deutschland zu verzeichnen. Bei den kleineren Zulieferern stockt der Wandel sogar sichtlich, was für die Zukunftsfähigkeit eine große Herausforderung, aber ein ebenso großes Aufholpotenzial darstellt.

Stichwörter: Elektroauto, Patente, Autoindustrie

JEL-Klassifikation: L62, O30, C81

DOI: 10.2373/1864-810X.21-03-04

Messung des technologischen Wandels in der Kfz-Industrie

Die Automobilindustrie steht vor drastischen Veränderungen. Hauptantreiber dieser Umwälzungen ist der Wechsel hin zum elektrifizierten Antriebsstrang. Diese Transformation wird nicht zuletzt auch von Gesellschaft und Politik verlangt, um Umweltbelastungen zu reduzieren und den damit einhergehenden Klimawandel abzubremesen. So plant etwa die Europäische Kommission ab dem Jahr 2035 keine Personenkraftwagen (Pkw) mit Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen. Vor diesem Hintergrund wird in der öffentlichen Diskussion zuweilen der deutschen Automobilindustrie das „Verschlafen“ diverser Zukunftstrends vorgeworfen. Mit der vorliegenden Studie wird dieser Vorwurf anhand von Forschungsergebnissen auf Basis einer Analyse von Patentanmeldungen überprüft. Aufbauend auf einer bestehenden Methodik zur Identifizierung der Patente der Kfz-Industrie (Koppel et al., 2019) wird in dem vorliegenden Beitrag ein neues Verfahren verwendet, um die Entwicklung der Patentleistung am Standort Deutschland zu analysieren. Damit kann der technologische Wandel vom konventionellen hin zum elektrifizierten Antriebsstrang im Zeitraum 2010 bis 2018 erfasst und strukturell ausgewertet sowie die Innovationsleistung der deutschen Automobilindustrie bewertet werden.

Datenbasis und Untersuchungsmethodik

Als Kraftfahrzeug (Kfz) wird im Folgenden ein gleisloses Landfahrzeug verstanden, das vollständig durch einen Motor angetrieben wird und (auch) im Straßenverkehr Einsatz findet. Es handelt sich dabei um einen Kraftwagen, ein Krafrad oder eine entsprechende Zugmaschine, nicht jedoch um Eisenbahnen, Schiffe, Flugzeuge oder Fahrzeuge mit Hilfsmotor zur Unterstützung der menschlichen Kraft (z. B. Pedelecs, Hubwagen) und Arbeitsgeräte ohne Straßenzulassung (z. B. Gabelstapler).

Die Auswertung der Patentaktivität erfolgte mittels der IW-Patentdatenbank, welche sämtliche Patentanmeldungen seit dem Jahr 1994 umfasst, die eine Schutzwirkung für Deutschland oder darüber hinaus anstreben. Grundlage der Analyse sind jene Patentanmeldungen,

- die im Zeitraum 2010 bis 2018 Schutzwirkung für Deutschland oder darüber hinaus angestrebt haben, zum Beispiel über eine Anmeldung beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), Europäischen Patentamt (EPA) oder bei der Weltorganisation für geistiges Eigentum,

- an denen mindestens ein deutsches oder internationales Kfz-Unternehmen als Anmelder beteiligt war,
- die nicht in einen Kfz-fremden Technologiebereich fallen und
- an denen mindestens ein Erfinder mit Wohnsitz in Deutschland beteiligt war.

Zur Vermeidung von Doppelzählungen, zum Beispiel bei internationalen Folgeanmeldungen, wurde eine Bereinigung auf Ebene von Patentfamilien vorgenommen. Da Patentanmeldungen einer 18-monatigen Offenlegungsfrist unterliegen, bildet 2018 das zum Auswertungszeitpunkt aktuelle Jahr.

In den Branchenfilter wurden alle, am Standort Deutschland patentaktive Kfz-Unternehmen weltweit aufgenommen. Als Kfz-Unternehmen wurden dabei alle juristischen Personen mit Gewinnerzielungsabsicht gewertet, die eine dominierende Geschäftstätigkeit im Kfz-Bereich aufweisen. Neben dem klassischen Automobilbau können dies beispielsweise spezialisierte Entwicklungsdienstleister sein oder metallverarbeitende Unternehmen, die vorrangig Kfz-Hersteller beliefern. Nicht berücksichtigt wurden hingegen Unternehmen aus den nachgelagerten Wirtschaftszweigen Kfz-Reparatur und Kfz-Handel.

Ergänzend zu dieser Branchenperspektive wurde auf Basis der in den Patentanmeldungen zitierten Technologiebereiche (IPC-Klassen) auch deren spezifische Kfz-Perspektive berücksichtigt. Mit den IPC-Klassen werden die technischen Inhalte von Patenten auf Basis der Internationalen Patentklassifikation (IPC) abgegrenzt. Einige Unternehmen – darunter besonders Technologiekonzerne wie Bosch – weisen in ihrer Forschungstätigkeit zwar einen eindeutigen Kfz-Schwerpunkt auf, melden jedoch auch zahlreiche Kfz-fremde Patente an, etwa für elektrische Handwerkzeuge oder Haushaltsgeräte. Diese Kfz-fremden Patentanmeldungen wurden ausgeschlossen, sodass nach dieser Bereinigung die Netto-Kfz-Patentanmeldungen der Kfz-Unternehmen übrigbleiben (für eine detaillierte Beschreibung der Abgrenzung Kfz-relevanter Technologieklassen siehe Koppel et al., 2019, 23 ff.).

Die auf Basis des Kfz-Anmelderfilters erfolgende Analyse der Erfinder mit Wohnsitz in Deutschland ermöglichte schließlich erstmals eine präzise Gesamtmessung der Forschungs- und Entwicklungsaktivität der weltweiten Kfz-Unternehmen am Standort Deutschland. Diese Perspektive ist von Relevanz, wenn die Konsequenzen

des automobilen Strukturwandels für den Standort Deutschland analysiert werden sollen. Sie ist zu unterscheiden von der globalisierten Forschungs- und Entwicklungsaktivität deutscher Kfz-Unternehmen. In der Perspektive „Alle Kfz-Unternehmen am Standort D“ wird die Forschungs- und Entwicklungsaktivität aller deutschen und ausländischen Kfz-Unternehmen am Standort Deutschland betrachtet. Eine beispielhafte Patentanmeldung der US-amerikanischen Ford Global Technologies mit Sitz in Dearborn, für welche Erfinder mit Wohnsitzen in Deutschland verantwortlich zeichnen, ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in den deutschen Betriebsstätten entstanden und wird in der gewählten Perspektive daher dem Kfz-Standort Deutschland zugerechnet. Nicht berücksichtigt werden hingegen Patentanmeldungen von Kfz-Unternehmen, an denen ausschließlich Erfinder mit Sitz im Ausland beteiligt sind, da hier analog davon ausgegangen werden muss, dass die entsprechende Innovationsaktivität in den ausländischen Betriebsstätten der deutschen oder ausländischen Kfz-Unternehmen erfolgt ist. Eine beispielhafte Patentanmeldung der Audi AG, in der Erfinder mit Wohnsitz in Ungarn aufgeführt sind, ist eher im Motorenwerk im ungarischen Győr entstanden. Die entsprechende Patentaktivität wäre damit Bestandteil einer alternativen Perspektive „Deutsche Kfz-Unternehmen global“.

Da die Europäische Kommission ab 2035 keine Verbrenner mehr zulassen will, muss auch das patentgeschützte Wissen im Bereich des konventionellen Antriebsstrangs bis spätestens zu diesem Zeitpunkt abgeschrieben werden. Das Ausmaß, in welchem das technologische Portfolio der Kfz-Unternehmen am Standort Deutschland von diesem Umstand betroffen ist, kann mittels einer Ober- und Untergrenze abgeschätzt werden. Jede Patentanmeldung zitiert eine oder mehrere IPC-Klassen, die den technologischen Bereich der Erfindung reflektieren:

- In der Zählweise **Obergrenze** wird eine Patentanmeldung vollständig als abschreibungspflichtig gewertet, sobald in ihr mindestens eine Technologiekategorie aus dem Cluster des konventionellen Antriebsstrangs aufgeführt wird – unabhängig davon, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang sich die Erfindung auch auf andere Technologiecluster erstreckt. In dieser Perspektive übt die Facette des konventionellen Antriebsstrangs eine dominierende (negative) Wirkung auf mögliche weitere Bereiche der Erfindung aus, sodass die betroffene Patentanmeldung vollständig abgeschrieben werden muss.

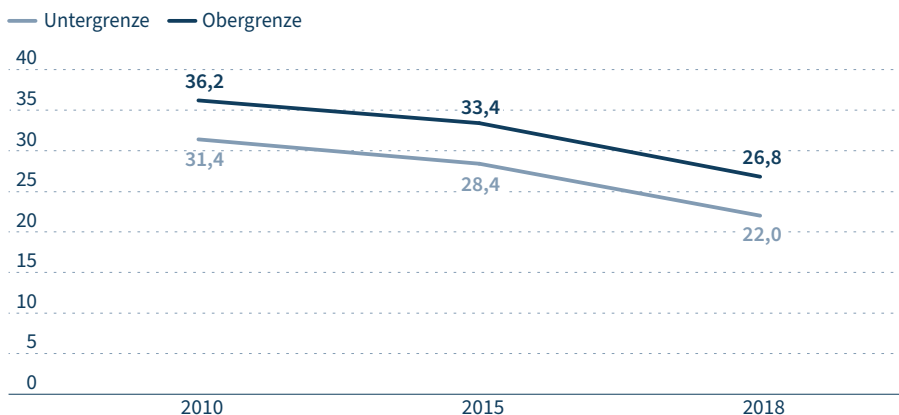
- In der Zählweise **Untergrenze** hingegen entfällt dieser negative Spillover, sodass nur jener Anteil einer Patentanmeldung als abschreibungspflichtig gezählt wird, der unmittelbar dem konventionellen Antriebsstrang zuzurechnen ist. So würde etwa die Patentanmeldung einer digitalen Einspritzpumpe in der Zählweise Obergrenze vollumfänglich abgeschrieben, während die digitalen Facetten der Erfindung in der Zählweise Untergrenze anteilig weiterhin nutzbar blieben.

Abbildung 1 vergleicht die Ergebnisse dieser beiden Messmethoden anhand des Anteils der Patentanmeldungen aus dem Bereich des konventionellen Antriebsstrangs gemessen an allen Kfz-Patentanmeldungen des Standorts Deutschland. Die Ergebnisse weichen trotz der methodischen Unterschiede zwischen beiden Messkonzepten nur moderat voneinander ab. In der Variante Obergrenze entfielen im Jahr 2010 noch 36,2 Prozent aller Kfz-Patentanmeldungen auf den konventionellen Antriebsstrang und der entsprechende Anteil ist auf 26,8 Prozent im Jahr 2018 gesunken. Eine qualitativ identische, jedoch durchgehend auf einem rund 5 Prozentpunkte geringeren Niveau ablaufende Entwicklung hat sich in der Vari-

Patentanmeldungen im Bereich des konventionellen Kfz-Antriebsstrangs

Abbildung 1

Anteil der Patentanmeldungen im Bereich des konventionellen Antriebsstrangs an allen Kfz-Patentanmeldungen am Standort Deutschland in Prozent



Analyse auf Basis der IW-Patentdatenbank 2021. Obergrenze: vollumfängliche Zählung einer Patentanmeldung, sobald diese mindestens eine IPC-Klasse aus dem konventionellen Antriebsstrang zitiert. Untergrenze: fraktionale Zählung einer Patentanmeldung entsprechend des Anteils von IPC-Klassen aus dem konventionellen Antriebsstrang an allen zitierten IPC-Klassen.

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 1: <http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/k24DJXieLrmD9gs>

ante Untergrenze vollzogen. Der moderate Unterschied zwischen beiden Messkonzepten deutet darauf hin, dass der Großteil an Patentanmeldungen aus dem Bereich des konventionellen Antriebsstrangs eine weitgehende technologische Homogenität in dem Sinn aufweist, als dass sich ihre Technologieklassen stark konzentriert aus dem Cluster des konventionellen Antriebsstrangs rekrutieren und nur vergleichsweise selten kombiniert mit anderen Kfz-Technologiebereichen wie Fahrzeugelektronik auftreten.

Aufbau des Elektro-Hybrid-Filters

Grundlage des Aufbaus eines Filters für Patente mit Bezug zum konventionellen, elektrischen (Electric Vehicle – EV) oder hybriden Antriebsstrang bildet ebenfalls die IPC. Diese definiert Technologien anhand einer achtstelligen Klassifizierung. Betrachtet man etwa die IPC-Klasse B60L01/04, so lässt sich diese in mehrere Ebenen zerlegen. Sie besteht aus der Sektion B (Arbeitsverfahren, Transportieren), der Klasse 60 (Fahrzeuge allgemein), der Unterklasse L (Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen), der Hauptgruppe 01 (Lieferung von elektrischem Strom zu Hilfsvorrichtungen elektrisch angetriebener Fahrzeuge) und der Untergruppe 04 (... zugeführt durch die Fahrleitung). Auf der tiefsten Ebene (Untergruppen) können Technologien somit sehr genau identifiziert werden.

Um die für den elektrifizierten Antriebsstrang relevante Technologie zu ermitteln, wurden zunächst bestehende Studien zu diesem Thema ausgewertet. Ziel war es, eine Gesamtheit potenziell relevanter IPC-Klassen zu erheben und diese im Anschluss entlang der in der folgenden Studie verwendeten Definition von elektro- und hybridaffinen Patenten zu bereinigen:

- Das United States Patent and Trademark Office (USPTO, 2021) bietet auf seiner Homepage eine integrierte Klassifikationstextsuche an. Damit können Patentklassen anhand von Schlagwörtern wie „electric vehicle“ oder „hybrid vehicle“ recherchiert und die Suchergebnisse nach möglichen IPC-Klassen durchsucht werden.
- Im Jahresbericht 2018 des DPMA (2019) erfolgt eine Aufteilung von deutschen Patentanmeldungen und europäischen Patentanmeldungen mit Wirkung für Deutschland, aufgeteilt in die Technikbereiche Verbrennungsmotor, Hybridantriebe, Elektroantriebe. Das DPMA listet dazu ebenfalls die verwendeten IPC-Klas-

sen auf, wobei zehn Hybridantrieb- und sechs Elektroantrieb-Patentklassen – in der Regel komplette Hauptgruppen – verwendet werden.

- Das Unternehmen Relecura hat einen Report zu Technologien elektrischer Fahrzeuge veröffentlicht (Relecura, o. J.), in dem EV-Klassifizierungen für verschiedene Untertechnologien wie Antriebsstrang, Batteriespeicher oder Ladeinfrastruktur aufgelistet werden.
- Aghion et al. (2016) untersuchen den technologischen Wandel mit Fokus auf Innovationen der Automobilindustrie. Auf Basis des Analysetools Patentdaten der World Patent Statistical Database des EPA wurden dazu Patentklassen mit Bezug zur Automobilindustrie in „clean“ und „dirty“ unterteilt. Es erfolgt eine zusätzliche Aufteilung in Elektro- und Hybridantriebe sowie in wasserstoffbetriebene Fahrzeuge („fuel cells“). Insgesamt konnten dabei aus dieser Studie zwölf relevante IPC-Klassen (wiederum in der Regel komplette Hauptgruppen) identifiziert werden.
- Schmitt et al. (2016) beleuchten in ihrer Studie die weltweiten Innovationstrends der Elektroautoindustrie. Auf Basis von Daten des EPA werden dazu relevante Patente elektrischer Fahrzeuge analysiert. Zur Abgrenzung wurden Technologien des Antriebs elektrischer und hybrider Fahrzeuge herausgefiltert.

Auf Basis dieser fünf untersuchten Publikationen konnten jeweils eindeutige IPC-Klassen mit Bezug zum elektrifizierten Antriebsstrang ermittelt werden. Zusätzlich wurde das EU Industrial R&D Investment Scoreboard (Europäische Kommission, 2019) berücksichtigt, welches mit der Cooperative Patent Classification (CPC) eine der IPC analoge Klassifikation verwendet. Durch die Auswertung dieser Quelle ließen sich weitere mehr als 50 mögliche EV-IPC-Klassen und Hybrid-IPC-Klassen (hier in der Regel auf Ebene von Untergruppen) identifizieren.

Insgesamt konnten auf diese Weise 31 relevante IPC-Klassen erfasst werden. Der folgende Link führt zu einer Excel-Datei mit den entsprechenden Abgrenzungen: (Anhang, http://dl.iwkoeln.de/index.php/apps/files/?dir=/2021-03-04_Kohlisch-et-al&fileid=4108#). Zwei Drittel der Klassen wurden dabei jeweils in mindestens zwei der sechs untersuchten Studien genannt, darunter elf Klassen mit Nennungen in drei oder mehr Studien. Der Großteil der identifizierten Patentklassen ordnet sich der Klasse B60 ein (Fahrzeuge allgemein), mit den relevanten Unterklassen B60K, B60L und B60W. Darüber hinaus fanden sich zahlreiche Patente aus der Kategorie Grundlegende

elektrische Bauteile (H01) sowie die IPC-Klasse H02J7 (Erzeugung, Umwandlung oder Verteilung von elektrischer Energie).

Im Anschluss wurden alle IPC-Klassen auf Untergruppenebene heruntergebrochen und durch eine direkt vorgenommene Kontrolle auf Relevanz für den elektrifizierten Antriebsstrang überprüft. Dies ist notwendig, da die betrachteten Studien ihre Abgrenzungen auf unterschiedlichen Ebenen (in der Regel Hauptgruppen) vornahmen, sich nach technologischer Überprüfung jedoch die Analyseebene der Untergruppe als entscheidend für die Präzision der ermittelten Ergebnisse herausgestellt hat. Die Bedeutung dieser direkten Kontrolle auf Untergruppen-Ebene zeigt sich etwa an der Klasse B60W10 (Gemeinsame Steuerung oder Regelung von Fahrzeug-Unteraggregaten verschiedenen Typs oder verschiedener Funktion): So wurden die Untergruppe B60W10/08 (... einschließlich Steuerung oder Regelung von elektrischen Antriebseinheiten, z. B. Elektromotoren oder Generatoren) sowie die Untergruppen 02, 04, 06, 24, 26 als relevant bewertet. Die Untergruppe B60W10/20 (... einschließlich Steuerung oder Regelung von Lenksystemen) kann dagegen nicht dem elektrischen beziehungsweise hybriden Antriebsstrang, sondern müsste einem Cluster Autonomes Fahren zugeordnet werden und wurde folglich nicht mitgezählt.

Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung der Untergruppen liefern Patente zu Batterietechnologien. Zwar konnten durch den kombinierten Branchen- und Technologiefilter Batteriepatente, die beispielsweise explizit für Smartphones entwickelt wurden, ausgeschlossen werden, doch bestand noch das Risiko einer Überschneidung mit Batterien aus dem konventionellen Antriebsstrang. Um diese vom Elektro-Hybrid-Filter (EHF) auszuschließen, wurden Bleiakkumulatoren als nicht relevant eingestuft, da die jüngste technische Entwicklung von elektrischen Fahrzeugbatterien einen Einsatz von Blei als Ausgangsmaterial als sehr unwahrscheinlich erscheinen ließ. Damit unterscheidet sich diese Studie in der Methodik von anderen Untersuchungen wie Zhang et al. (2017), die auch Bleiakkumulatoren als Technologie elektrischer Fahrzeuge berücksichtigen.

Insgesamt konnte auf diese Weise eine IPC-Abgrenzung von Elektro- und Hybridantriebspatenten erstellt werden, die in Umfang und Detailtiefe eine deutliche Weiterentwicklung zu den zum Zeitpunkt der Recherche bekannten Studien dar-

stellt. In der Folge wurden insgesamt 710 IPC-Untergruppen identifiziert, welche den elektrifizierten Antriebsstrang technologisch umfassend abbilden (Anhang, http://dl.iwkoeln.de/index.php/apps/files/?dir=/2021-03-04_Kohlisch-et-al&fileid=4108#k). Mehr als 100 in der bisherigen Literatur verwendete Untergruppen wurden hingegen nach der technologischen Sichtung aus der Erfassung des elektrifizierten Antriebsstrangs entfernt. In Verbindung mit dem vorgeschalteten Branchenfilter konnten so ein Höchstmaß an Treffergenauigkeit und eine möglichst trennscharfe Abgrenzung elektrischer und hybrider Technologieklassen ermöglicht werden. Nachdem die relevanten IPC-Klassen des elektrischen und hybriden Antriebsstrangs identifiziert wurden, konnte die Grundgesamtheit der für den Zeitraum 2010 bis 2018 ermittelten Patentanmeldung der Kfz-Industrie mit diesem EHF analysiert werden.

Schwergewichte der Patentaktivitäten in Deutschland

Mit diesem EHF kann die Entwicklung der Innovationstätigkeit zum elektrifizierten Antriebsstrang am Standort Deutschland für den Zeitraum 2010 bis 2018 nachvollzogen werden. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da wie bereits erwähnt das Jahr 2018 dem aktuellen Datenstand entspricht. Das Jahr 2010 wurde als frühester Auswertungstermin gewählt, da die IPC-Unterklassen durch die Patentämter laufend weiterentwickelt werden. Direkt vorgenommene Qualitätskontrollen für mehrere komplette Anmelderjahre zeigen, dass viele zur Beschreibung des elektrifizierten Antriebsstrangs relevante IPC-Untergruppen erst nach 2010 eingeführt wurden. Der elektrifizierte Antriebsstrang wird durch die neu eingeführten Klassen fortschreitend immer genauer bestimmbar, was die Treffergenauigkeit des EHF steigert. Im Jahr 2011 lag die Fehlerquote nur noch bei knapp 5 Prozent.

Die ersten Auswertungen unter Verwendung des EHF zeigen, dass zunächst nur wenige Kfz-Unternehmen im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs Patente angemeldet haben. Im Jahr 2010 waren es 66 Kfz-Unternehmen. Diese Unternehmen stammen aus 18 unterschiedlichen Konzernen. Im Jahr 2018 waren es 117 Anmelder aus 37 Unternehmensgruppen. Für die weiteren Auswertungen wurden die unternehmensscharf vorliegenden Daten in mehrere Aggregate oder Unternehmenstypen überführt:

- Die erste Gruppe **Hersteller** besteht aus den drei deutschen Pkw-Herstellern BMW, Daimler und der Volkswagenengruppe.

- Das zweite Aggregat **Top-5-Zulieferer** bilden die Bosch-Gruppe, die Schaeffler-Gruppe (einschließlich Continental), ZF Friedrichshafen, Mahle und Hella. Die Auswahl dieser Unternehmen erfolgte anhand der Umsätze im Jahr 2019 (Automobilindustrie, 2020).
- Alle weiteren Zulieferunternehmen bilden ein weiteres Cluster (**Sonstige Zulieferer**). Es wäre allerdings ein Fehlschluss, diese Gruppe mit kleinen Unternehmen gleichzusetzen. Sie stellen zwar den Großteil der zugehörigen Unternehmen, aber die Mehrzahl der Patentanmeldungen stammt aus den dort ebenfalls vertretenen Großunternehmen. Immerhin zehn der in diese Gruppe fallenden Unternehmen gehörten im Jahr 2019 zu den 100 umsatzstärksten Automobilzulieferern der Welt (Automobilindustrie, 2020).
- Unter der Kategorie **Ausland** sind Patentanmeldungen von Unternehmen zusammengefasst, bei denen der Sitz des Patentanmelders im Ausland liegt, die Erfinder jedoch (zumindest anteilig) in Deutschland wohnhaft sind. Darunter fallen etwa Ford und GM (Opel), die angesichts ihrer deutschen Betriebsstätten den Großteil der Patentleistung dieser Kategorie erbringen.
- Die beiden Gruppen **Entwicklungsdienstleister** und **Sonstige Hersteller** bezeichnen weitere spezialisierte Teilbereiche der deutschen Kfz-Industrie. Zu den Sonstigen Herstellern zählen etwa die Produzenten von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen.

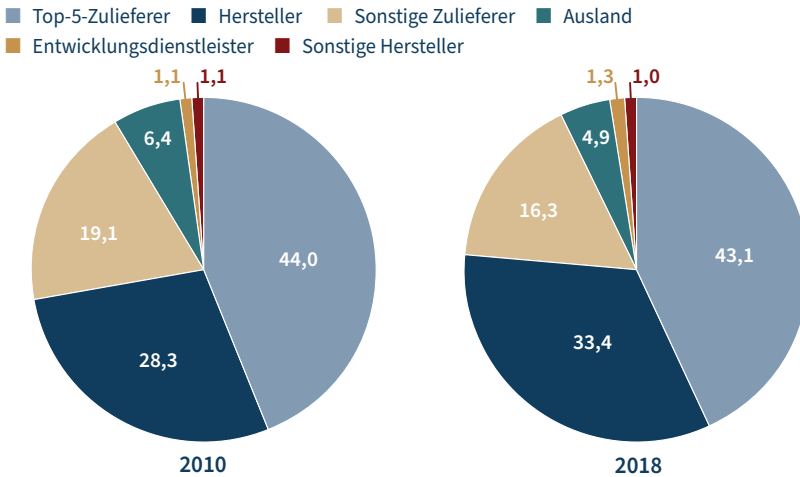
Im ersten Auswertungsschritt wurde die gesamte Patentleistung der Kfz-Industrie am Standort Deutschland erfasst, soweit sie mit dem Produkt Kfz in Beziehung stand. Hier zeigt sich bereits ein deutliches Übergewicht der in den ersten beiden Aggregaten Hersteller und Top-5-Zulieferer zusammengefassten Großunternehmen (Abbildung 2). Im Jahr 2018 hatten diese acht herausgehobenen Unternehmensgruppen einen Anteil von 76,5 Prozent an allen Kfz-Patentanmeldungen.

Vergleicht man die beiden Jahre 2010 und 2018, so sind zwei Entwicklungen zu erkennen: Zum einen stieg die Gesamtzahl der Kfz-Patentanmeldungen um 35 Prozent an. Zum anderen konnte trotz des starken Wachstums eine deutliche Anteilsverschiebung hin zu den Herstellern beobachtet werden. Diese steigerten die Anzahl ihrer Patentanmeldungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2018 um fast 60 Prozent, wodurch ihr Anteil an den Kfz-Patentanmeldungen um 5 Prozentpunkte zulegte. Die meisten Patentanmeldungen entfielen mit zuletzt 43 Prozent

Konzentration der Kfz-Patentanmeldungen in Deutschland

Anteil der Anmeldegruppen mit Kfz-Bezug an den Patentanmeldungen aus der Kfz-Industrie am Standort Deutschland in den Jahren 2010 und 2018 in Prozent

Abbildung 2



Analyse auf Basis der IW-Patentdatenbank 2021. Abgrenzung auf Basis der Obergrenzen. Hersteller: BMW, Daimler, Volkswagengruppe. Top-5-Zulieferer: Bosch-Gruppe, Schaeffler-Gruppe (einschließlich Continental), ZF Friedrichshafen, Mahle, Hella. Ausland: zum Beispiel Ford und Opel. Sonstige Hersteller: Produzenten von Anhängern, Aufbauten und Sonderfahrzeugen.

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 2: <http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/fbi5LsY4d6jED3P>

nach wie vor auf die Gruppe der fünf großen Zulieferer. Die sonstigen Zulieferer steigerten ihre Patentleistung hingegen nur unterdurchschnittlich um 14,7 Prozent und verloren demnach deutlich an Gewicht. Da zu beiden Zeitpunkten anhand der aktuellen Branchenstruktur gemessen wird, ist die Zunahme der Konzentration nicht auf Zukäufe oder andere strukturelle Änderungen zurückzuführen, sondern ausschließlich auf Verschiebungen der Patentleistung innerhalb der aktuellen Struktur. Die Zahlen untermauern, dass die Branche große Innovationsanstrengungen unternimmt, es aber auch einen deutlichen Trend hin zur weiteren Konzentration der Patentleistung auf wenige Großunternehmen gibt.

Schneller Wandel der Innovationsaktivitäten

Im Weiteren werden die Innovationen im Bereich des Antriebsstrangs genauer beleuchtet. Der elektrifizierte Antriebsstrang gewinnt derzeit in vielen großen Märkten rasant Marktanteile und es mehren sich die Anzeichen dafür, dass der konventionelle Antriebsstrang zumindest bei Pkw im Lauf der nächsten 20 Jahre

fast komplett aus den Produktportfolios verschwinden wird. Das gilt gerade auch für Deutschland. Im ersten Halbjahr 2021 erreichten hierzulande batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-in-Hybride einen Marktanteil bei neu zugelassenen Pkw von 22,5 Prozent. Unter Einbezug von Vollhybriden hatten mehr als 38 Prozent der Neuzulassungen einen zumindest teilweise elektrifizierten Antriebsstrang (KBA, 2021). Dieser Trend müsste sich auch in der Entwicklung der früheren Patentanmeldungen widerspiegeln.

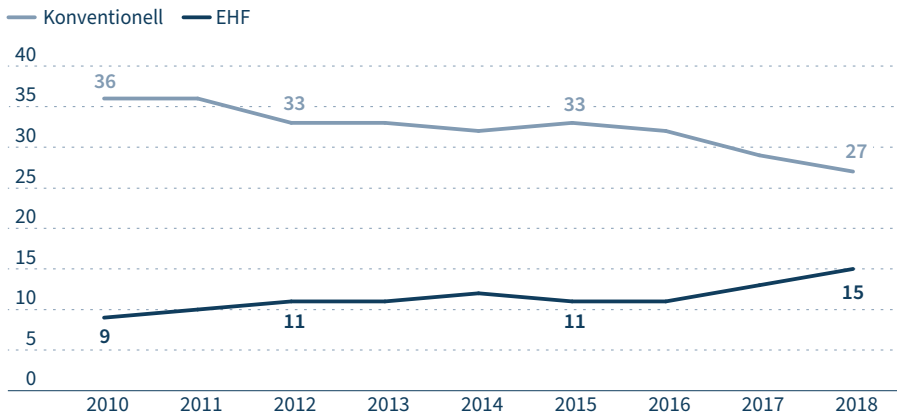
Um dies zu prüfen, sind in Abbildung 3 die Anteile von Patenten mit Bezug zum konventionellen Antriebsstrang und die über den EHF ermittelten Patentanmeldungen im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs in Relation zu allen Patentanmeldungen der Kfz-Industrie abgetragen. Zu betonen ist, dass die Anteile jeweils auf Basis der Obergrenzen-Variante ermittelt wurden (s. Abbildung 1). Demnach wurden auch die EHF-Patentanmeldungen vollumfänglich gezählt, sobald sie mindestens eine der in der Abgrenzung enthaltenen IPC-Untergruppen zitieren. Auch unter Verwendung dieser Zählweise ist ab dem Jahr 2015 eine deutliche Trendveränderung zu beobachten. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Differenz zwischen den beiden Varianten des Antriebsstrangs noch fast 23 Prozentpunkte. Die Lücke schrumpfte im Auswertungsjahrgang 2018 auf gut 12 Prozentpunkte.

Bei der Interpretation von Abbildung 3 ist zu beachten, dass die Gesamtzahl der Patentanmeldungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2018 wie erwähnt um 35 Prozent gewachsen ist. In absoluten Zahlen fällt der Anstieg beim elektrifizierten Antriebsstrang also deutlich stärker aus als in dieser relativen Darstellungsform. So hat sich die Anzahl der über den EHF ermittelten Patentanmeldungen mehr als verdoppelt. Der rasante Rückgang im konventionellen Antriebsstrang kommt nicht zuletzt dadurch zustande, dass die Anzahl der Patentanmeldungen in diesem Bereich seit 2016 auch in absoluten Zahlen zurückgeht. Dies dokumentiert, dass es bereits vor dem Jahr 2015 zu einer Verschiebung der Forschungsbudgets gekommen sein muss, denn die Patentanmeldung steht eher am Ende eines Entwicklungsprozesses. Nimmt man die beiden Trends zusammen und bezieht mit ein, dass verschiedene Hersteller und große Zulieferer in den letzten Monaten bereits einen Ausstieg aus der Entwicklung reiner Verbrennerkomponenten angekündigt haben, spricht vieles dafür, dass die Lücke bei den Patentanmeldungen bereits im aktuellen Jahr 2021 geschlossen sein könnte.

Schneller Strukturwandel bei den Kfz-Antriebssträngen

Abbildung 3

Anteil des konventionellen und des elektrifizierten Antriebsstrangs (EHF) an allen Kfz-Patentanmeldungen am Standort Deutschland in Prozent



Analyse auf Basis der IW-Patentdatenbank 2021.
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 3: <http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/85QxLYnayLckCMZ>

Vor diesem Hintergrund erfolgt eine genauere Untersuchung der Patentanmeldungen im Bereich der Antriebsstränge. Aufgrund der geringen Anzahl von Anmeldern im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs werden im Folgenden nur noch die drei Aggregate Hersteller, Top-5-Zulieferer und Sonstige betrachtet. Die Gruppe Sonstige umfasst die zuvor getrennt betrachteten Bereiche Sonstige Zulieferer, Ausland, Entwicklungsdienstleister und Sonstige Hersteller. In Abbildung 4 wird die zuvor in Abbildung 3 beschriebene Gesamtentwicklung für diese drei Unternehmenstypen getrennt dargestellt.

Es zeigen sich markante Unterschiede zwischen diesen drei Analysegruppen. Besonders augenfällig ist, dass die drei Hersteller bereits im Jahr 2018 deutlich mehr Patentanmeldungen im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs einreichten, als es beim konventionellen Antriebsstrang der Fall war. Es wird auch sehr gut deutlich, dass der Anteil des elektrifizierten Antriebsstrangs bei den Herstellern nach 2015 sprunghaft angestiegen ist, während der Abwärtstrend beim konventionellen Antriebsstrang eher kontinuierlich ist. Dabei gilt es zu beachten, dass die Hersteller die Gesamtzahl ihrer Patentanmeldungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2018 um fast 60 Prozent gesteigert haben. Der in Abbildung 4 zu sehende An-

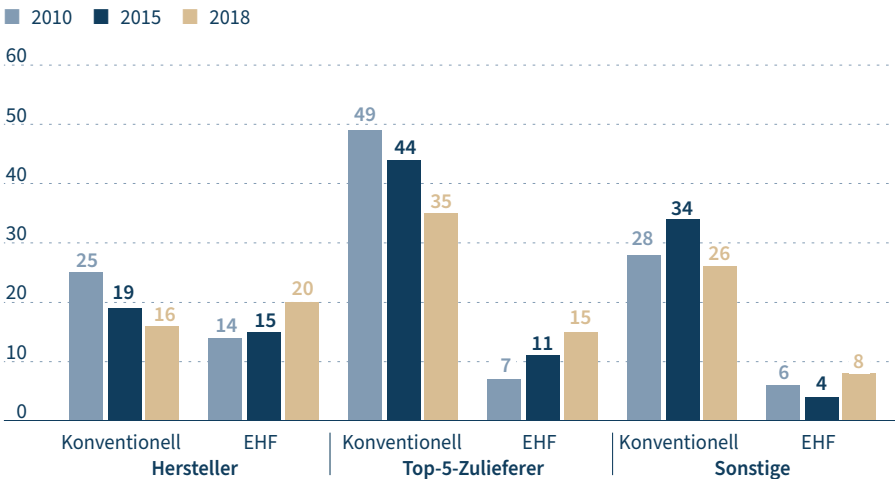
teilszuwachs beim elektrifizierten Antriebsstrang steht daher für eine Ausweitung der Patentaktivität in diesem Bereich um etwa 125 Prozent zwischen 2010 und 2018.

Ein deutliches Umsteuern ist auch bei den fünf größten Zulieferern zu sehen. Der Anteil des konventionellen Antriebsstrangs an den Kfz-Patenten dieser Gruppe ist seit 2010 um fast 14 Prozentpunkte gefallen, kommt aber von einem weit höheren Anteilsniveau als dies bei den Herstellern der Fall ist. Sehr stark ist auch hier der Aufwuchs im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs, dessen Anteil an der gesamten Patentleistung der Gruppe um gut 7 Prozentpunkte anstieg. Auf Basis der Absolutwerte entspricht dies einem Wachstum von 160 Prozent. Aber die in Abbildung 4 dargestellte Entwicklung für diese Zulieferer wird de facto nur von vier Unternehmensgruppen getragen. In Summe ist auch bei den größten Zulieferern ein deutlicher Strategiewechsel in der Forschungsausrichtung zu sehen. Da diese schon immer stark auf den Antriebsstrang fokussiert waren, ist der Wandel aber

Innovationswandel nach Unternehmenstypen

Abbildung 4

Anteil des konventionellen und des elektrifizierten Antriebsstrangs (EHF) an allen Kfz-Patentanmeldungen am Standort Deutschland nach Anmeldegruppen in Prozent



Analyse auf Basis der IW-Patentdatenbank 2021. Abgrenzung auf Basis der Obergrenzen. Hersteller: BMW, Daimler, Volkswagengruppe. Top-5-Zulieferer: Bosch-Gruppe, Schaeffler-Gruppe (einschließlich Continental), ZF Friedrichshafen, Mahle, Hella. Sonstige: Sonstige Zulieferer, Ausland, Entwicklungshersteller und Sonstige Hersteller. Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 4: <http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/Kx5tNzMyfSSjgFL>

noch nicht so weit fortgeschritten wie bei den Herstellern. Im Jahr 2018 war der Anteil des konventionellen Antriebsstrangs an der gesamten Patentleistung daher noch fast 2,5-mal so hoch wie der des elektrifizierten Antriebsstrangs. Dennoch besteht trotz des laufenden Technologiewandels anhand der vorliegenden Daten kein Grund, an der langfristigen Zukunftsfähigkeit dieser sehr patentaktiven Unternehmen zu zweifeln.

Im Bereich der Sonstigen Unternehmen fällt der Befund weniger dynamisch aus. Obwohl hier viele Unternehmen subsumiert sind, die keinerlei Geschäftsaktivität im Bereich des Antriebsstrangs aufweisen, ist der Anteil des konventionellen Antriebsstrangs an der gesamten Patentleistung dieses Aggregats unverändert hoch. Zudem fällt auf, dass die Entwicklung nicht kontinuierlich erfolgt. Das deutet auf einen deutlich späteren Strategiewechsel als bei den Herstellern und großen Zulieferern hin. Dieser Befund wird gestützt, wenn man die Entwicklung in absoluten Zahlen im Zeitablauf betrachtet. So lag die Anzahl der Patentanmeldungen dieser Gruppe zum elektrifizierten Antriebsstrang bis zum Jahr 2016 unter dem Vergleichswert von 2010, wobei 2015 der absolute Tiefpunkt war. Erst danach kam es zu einem spürbaren Anstieg, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Gesamtzahl der Patentanmeldungen in dieser Gruppe viel kleiner ist als bei den beiden anderen Aggregaten. Deswegen können schon mengenmäßig geringe Veränderungen zu größeren Anteilsveränderungen führen. Als weniger zukunftsgerichtet kann auch gesehen werden, dass im Jahr 2018 von dieser Gruppe fast 3,5-mal so viele Patentanmeldungen zum konventionellen Antriebsstrang eingereicht wurden als zum elektrifizierten Gegenstück. Die im Bereich des Antriebsstrangs patentaktiven Firmen dieser Gruppe haben offensichtlich nicht nur merklich später mit dem Umsteuern angefangen, der Wandel scheint auch weniger deutlich auszufallen als bei den Großunternehmen.

Der Befund einer besonders hohen Konzentration im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs wird bestätigt, wenn man die Anteile der drei Anmeldergruppen an allen Patentanmeldungen in diesem Feld analysiert. Zum einen zeigt Abbildung 5, dass sich zwischen den Jahren 2010 und 2018 die Gesamtzahl der durch den EHF identifizierten Patentanmeldungen der Kfz-Industrie am Standort Deutschland um fast 125 Prozent gesteigert hat. Der hieraus ersichtliche Wandel in den Forschungsaktivitäten wurde aber weitestgehend von den Herstellern und den

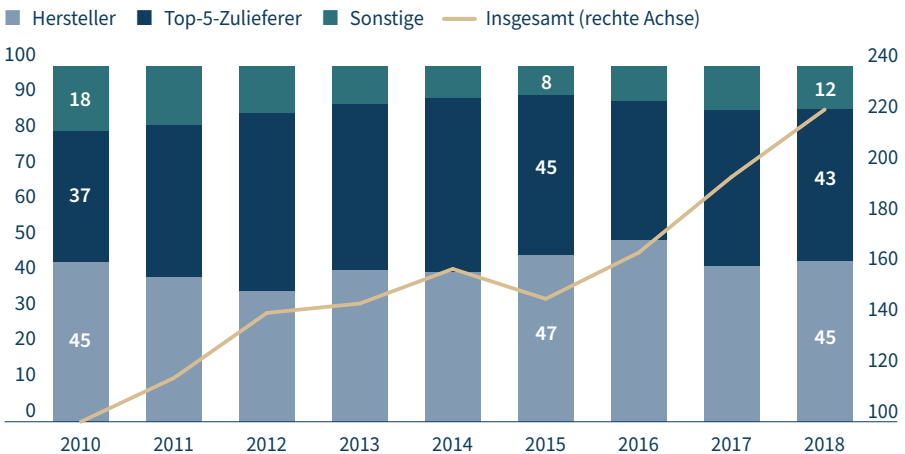
Top-5-Zulieferern getragen. Alle anderen Firmen erreichten im Jahr 2018 lediglich einen Anteil von gut 12 Prozent an den Patentanmeldungen zum elektrifizierten Antriebsstrang. Der Anteil dieser Gruppe gemäß EHF ist nur etwas mehr als halb so hoch als der Anteil dieser Gruppe beim Blick auf alle Patentanmeldungen in der Kfz-Industrie (23,5 Prozent) oder an denen des konventionellen Antriebsstrangs (22,7 Prozent).

Betrachtet man die Verteilung der Patentanmeldungen in der Gruppe der Sonstigen, verschärft sich der Befund weiter. In dieser Gruppe stammen etwa 40 Prozent der vom EHF identifizierten Patentanmeldungen des Jahres 2018 entweder von den beiden Autoherstellern in Auslandsbesitz (Ford und Opel) oder von fünf großen Zulieferern aus der Gruppe der Sonstigen Zulieferer. Etwa zwei Drittel der in Abbildung 5 unter Sonstige zusammengefassten Unternehmen hatten im Jahr 2018 weniger als zwei relevante Patentanmeldungen. Auch die Gesamtzahl der anmeldenden Unternehmensgruppen ist beim elektrifizierten Antriebsstrang deutlich

Dominanz weniger Großunternehmen

Abbildung 5

Entwicklung der Gesamtzahl der Patentanmeldungen im Bereich elektrifizierter Antriebsstränge der Kfz-Industrie am Standort Deutschland (Index 2010 = 100) und Anteil der Anmelderguppen an den Kfz-Patentanmeldungen im Bereich elektrifizierter Antriebsstränge in Prozent



Analyse auf Basis der IW-Patentdatenbank 2021. Abgrenzung auf Basis der Obergrenzen. Hersteller: BMW, Daimler, Volkswagengruppe. Top-5-Zulieferer: Bosch-Gruppe, Schaeffler-Gruppe (einschließlich Continental), ZF Friedrichshafen, Mahle, Hella. Sonstige: Sonstige Zulieferer, Ausland, Entwicklungshersteller und Sonstige Hersteller. Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Abbildung 5: <http://dl.iwkoeln.de/index.php/s/KbFpDBJkptFFyf>

geringer als beim konventionellen Gegenstück. Inclusive der acht herausgehobenen Großunternehmen kamen im Jahr 2018 aus 37 Unternehmensgruppen Patentanmeldungen, die durch den EHF positiv identifiziert wurden. Zum konventionellen Antriebsstrang meldeten 126 Unternehmensgruppen Patente an, worunter erneut die acht gesondert ausgewiesenen Firmen gehörten. Unter den Sonstigen war die Anzahl der patentaktiven Unternehmensgruppen beim konventionellen Antrieb also mehr als viermal so groß wie beim konventionellen Antriebsstrang. Hieraus ist zu schließen, dass besonders die kleinen Zulieferer, deren Tätigkeitsbereich in der Produktion und Weiterentwicklung des konventionellen Antriebsstrangs liegt, bislang praktisch keine messbare Forschungstätigkeit im Bereich des elektrifizierten Antriebsstrangs entfaltet haben. Diese oftmals hoch spezialisierten Unternehmen drohen beim Technologiewandel ins Hintertreffen zu geraten. Ihre Chancen, den Wandel noch zu vollziehen, verschlechtern sich laufend, da der Wissensvorsprung der größeren Firmen stetig zunimmt und das angestammte Geschäftsfeld im konventionellen Antriebsstrang zu schrumpfen begonnen hat. Der internationale Wettbewerb in diesem Bereich kann die Perspektiven zusätzlich beeinträchtigen. Betrachtet man die Entwicklung der Anteile im Zeitablauf, sieht man ab 2016 einen Anteilzugewinn. Dieser Effekt ist aber nur auf eine Steigerung der Patentleistung in weniger als zehn Unternehmensgruppen zurückzuführen und stellt kein Entwarnungssignal für den Großteil der kleineren Zulieferer dar.

Fazit

Aufbauend auf einer bestehenden Methodik zur Identifizierung der Patentleistung der Kfz-Industrie (Koppel et al., 2019) wurde in dem vorliegenden Beitrag ein neues Verfahren vorgestellt und genutzt, um die Entwicklung der Patentleistung der deutschen Industrie im Bereich Antriebsstrang zu analysieren. Der gesellschaftliche und politische Wandel macht Neuerungen im Bereich der elektrifizierten Antriebsstränge zwingend und dringend notwendig.

Der erste Befund lautet, dass die gesamte Patentleistung der Kfz-Industrie am Standort Deutschland im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2018 um insgesamt 35 Prozent angestiegen ist. Die Gesamtzahl der durch den EHF identifizierten Patentanmeldungen der Kfz-Industrie am Standort Deutschland konnte gleichzeitig um fast 125 Prozent gesteigert werden. Werden die Patentanmeldungen mit Bezug auf die konventionellen und elektrifizierten Antriebsstrangvarianten betrachtet,

so zeigt sich ab 2015 eine deutliche Verlagerung: Der Anteil des konventionellen Antriebsstrangs an der gesamten Patentleistung der Kfz-Industrie sinkt schnell, während der elektrifizierte Antriebsstrang seinen Anteil spürbar ausweiten konnte. Bei den Kfz-Herstellern BMW, Daimler und der Volkswagengruppe war der elektrische Antriebsstrang 2018 bereits patentstärker als das konventionelle Gegenstück. Auch bei den fünf größten Zulieferern ist das Umsteuern eindeutig zu erkennen, es besteht aber noch eine signifikante Lücke zum konventionellen Antriebsstrang. Abseits der acht herausgehobenen Großunternehmen, die zuletzt 88 Prozent aller Patentanmeldungen im Bereich der elektrifizierten Antriebsstränge einreichten, ist jedoch kaum eine entsprechende Patentaktivität zu verzeichnen. Bei den kleineren Zulieferern stockt der Wandel sogar sichtlich, was hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit eine große Herausforderung, aber ein ebenso großes Aufholpotenzial darstellt.

Literatur

Aghion, Philippe et al., 2016, Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry, in: Journal of Political Economy, 124. Jg., Nr. 1, S. 1– 51

Automobilindustrie, 2020, Die Top 100 Zulieferer 2019, 65. Jg., Nr. 7, S. 26 f.

DPMA – Deutsches Patent- und Markenamt, 2019, Jahresbericht 2018, <https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/jahresberichte/jahresbericht2018.pdf> [20.8.2021]

Europäische Kommission, 2019, EU R&D Scoreboard, <https://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/fp/2019-EU-Industrial-RD-Investment-Scoreboard.pdf> [20.8.2021]

KBA – Kraftfahrtbundesamt, 2021, Fahrzeugzulassungen (FZ), Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit alternativem Antrieb, Monatsergebnisse Mai 2021, FZ 28, https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2021_monatlich/FZ28/fz28_2021_05.xlsx?__blob=publicationFile&v=3 [9.7.2021]

Koppel, Oliver / Puls, Thomas / Roeben, Enno, 2019, Innovationstreiber Kfz-Unternehmen, IW-Analysen, Nr. 32, Köln

Relecura, o. J., Electric Vehicle Report, o. O.

Schmitt, Gilles / Scott, Jeremy / Davis, Alan / Utz, Tilman, 2016, Patents and progress; intellectual property showing the future of electric vehicles, EVS 29 Symposium, Montréal

USPTO – United States Patent and Trademark Office, 2021, Classification Text Search, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/> [20.8.2021]

Zhang, Qianqian / Li, Cunjin / Wu, Yuqing, 2016, Analysis of Research and Development Trend of the Battery Technology in Electric Vehicle with the Perspective of Patent, in: Energy Procedia, 105. Jg., Mai, S. 4274–4280

Change in Innovation in the German Motor Vehicle Industry: An Analysis Using the IW Patent Database

Social and political change necessitates corresponding innovations in motor vehicle technology. This paper analyses the nature of current technological progress in Germany's motor vehicle industry. Building on an existing methodology for gauging the extent of innovation, the authors present a new procedure for analysing patent performance in the electrified powertrain segment. From 2010 to 2018, the period under review, the total patent output of the motor vehicle industry in Germany increased by 35 per cent. At the same time, the total number of patent applications in Germany identified by the electric hybrid filter (EHF) introduced here increased by almost 125 per cent. Since 2015 there has been a clear shift between patent applications relating to conventional and to electrified powertrains: the proportion of the car industry's total patent output dealing with conventional powertrains has seen a sharp decline, while the share of patent applications based on electrified powertrains has expanded significantly. At Germany's three big car manufacturers, BMW, Daimler and the Volkswagen Group, electric powertrain patents already outnumbered those for its conventional counterpart in 2018. The same shift in innovatory activity has been apparent among the five largest suppliers of automotive components, although here the conventional powertrain still dominates. Aside from these eight automotive giants, which between them have filed 88 per cent of all recent patent applications concerned with electrified powertrains, there is very little patent activity in this field in Germany. Among the smaller suppliers, the transition to electrified powertrains actually seems to have stopped. While this is a serious challenge to their future viability, it also offers a great potential for making up lost ground.