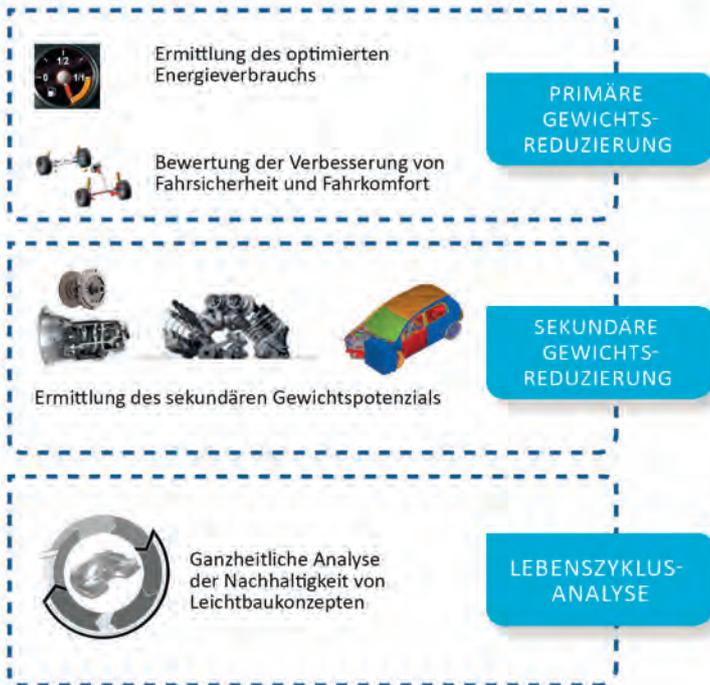
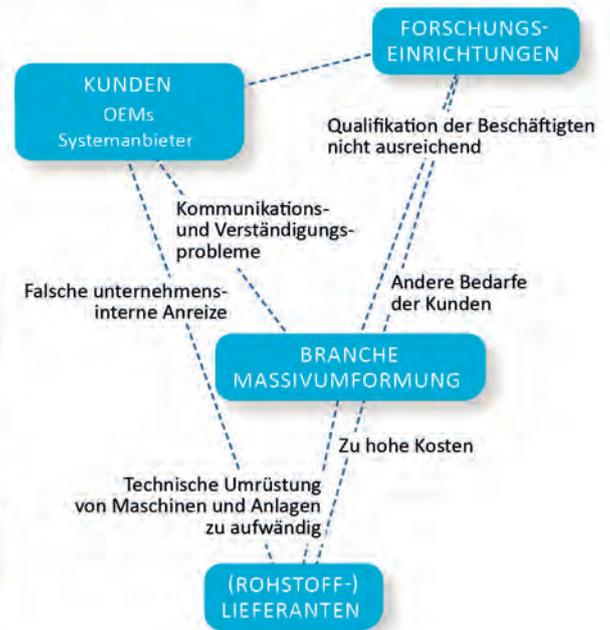


Potenzialanalyse von Leichtbau



Hemmnisse für Technologietransfer und Innovationen



Ökonomische Nutzung von Leichtbauinnovationen – Innovationstransfer, Technische Potenzialbewertung und Lebenszyklusanalyse

Das Potenzial zur Verbesserung von Effizienz, Sicherheit und Fahrerlebnis ist einer der wichtigsten Treiber für Entwicklung und Implementierung von nachhaltigem Leichtbau. Leichtbauinnovationen werden sich nur dann in der Wertschöpfungskette etablieren, wenn Unternehmen auf die Herausforderungen des Wettbewerbs rechtzeitig reagieren und die wirtschaftlichen Voraussetzungen stimmen.

AUTOREN

**Dr. Michael Rothgang**

ist Wissenschaftler am RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V. in Essen

**Alexander Busse, M.Sc**

ist Senior Consultant im Bereich Strategie und Beratung bei der fka GmbH in Aachen

**Dr. Jochen Dehio**

ist Wissenschaftler am RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V. in Essen

Wenn bestehende Innovationshemmnisse identifiziert und analysiert sind, lassen sich Ansätze zu ihrer Überwindung entwickeln. Um die technologischen Vorteile transparent darzustellen, wird im Rahmen der technischen Potenzialbewertung analysiert, welchen Einfluss die primäre Gewichtsreduktion auf den Energieverbrauch und die Fahrsicherheit hat. Zudem lassen sich erweiterte, sekundäre Potenziale identifizieren, die sich durch den Leichtbau ergeben. Die Nachhaltigkeit von Leichtbau kann mittels einer Lebenszyklusanalyse ganzheitlich bewertet werden, ein wichtiges Werkzeug zur holistischen Evaluierung von Leichtbauinnovation.

Im Rahmen der Forschungsinitiative „Massiver Leichtbau“ (Verbundvorhaben) wurden neben Fragen der Umformtechnik und der Materialeigenschaften auch die Prozesse betrachtet, die der Bauteilentwicklung nachgelagert sind. Das RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V. und das Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University untersuchten den mit zahlreichen nicht-technischen Herausforderungen verbundenen Wissenstransfer von Leichtbaulösungen in die Wertschöpfungskette sowie die zentralen Fragen der Potenzialbewertung und der Bewertung neuer Bauteile im Hinblick auf den gesamten Fahrzeuglebenszyklus.

INNOVATIONSHEMMNISSE IDENTIFIZIERT

Im Projekt wurden, unter anderem basierend auf schriftlichen Befragungen und Expertengesprächen, die Funktionsweisen des sektoralen Innovationssystems untersucht und auf dieser Basis Innovationshemmnisse identifiziert. Im Rahmen der Untersuchungen zeigte sich, dass das Interesse daran bei Unternehmen, die zur Wertschöpfungskette des massiven

Leichtbaus gehören, seit 2008 deutlich zugenommen hat. Mittlerweile beschäftigen sich mehr als 60 Prozent der befragten Unternehmen mit gewichtsoptimiertem Bauteildesign. Knapp 30 Prozent der Unternehmen nutzen Produkte mit gewichtsoptimiertem Bauteildesign oder bieten diese an.

In der Wertschöpfungskette existieren an verschiedenen Stellen zahlreiche Innovationshemmnisse (Bild 1), vergleichbar auch mit anderen Innovationsfeldern [1]: Bei den Stahl- und Umformunternehmen bestehen diese beispielsweise in eingefahrenen Routinen und noch unzureichenden Erfahrungen im Umgang mit neuen Materialien. Systemzulieferer und OEMs wissen derzeit noch nicht genug über die Möglichkeiten neuer Materialien und Bauteildesigns. Gleichzeitig sind die Entscheidungsprozesse mitunter komplex, verbunden mit einer Vielzahl von beteiligten Ansprechpartnern. Ein besonderes Hemmnis stellen auch die bislang noch zu wenig ausgeprägten Kontakte zwischen Stahl- und Umformunternehmen auf der einen sowie Systemzulieferern und OEMs auf der anderen Seite dar [2].

Es gibt entscheidende Faktoren, die die Markteinführung von Produkten des massiven Leichtbaus begünstigen und somit Ansatzpunkte für eine Überwindung der Innovationshemmnisse bieten. Dazu gehören ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis, verbesserte technische Eigenschaften (wie eine höhere Leistungsdichte der Bauteile), die frühzeitige Kontaktaufnahme zwischen den Stahlwerken, Umformunternehmen und ihren Kunden (Systemzulieferern und OEMs) sowie die Bereitstellung von Informationen zu Bauteil- und Materialeigenschaften.

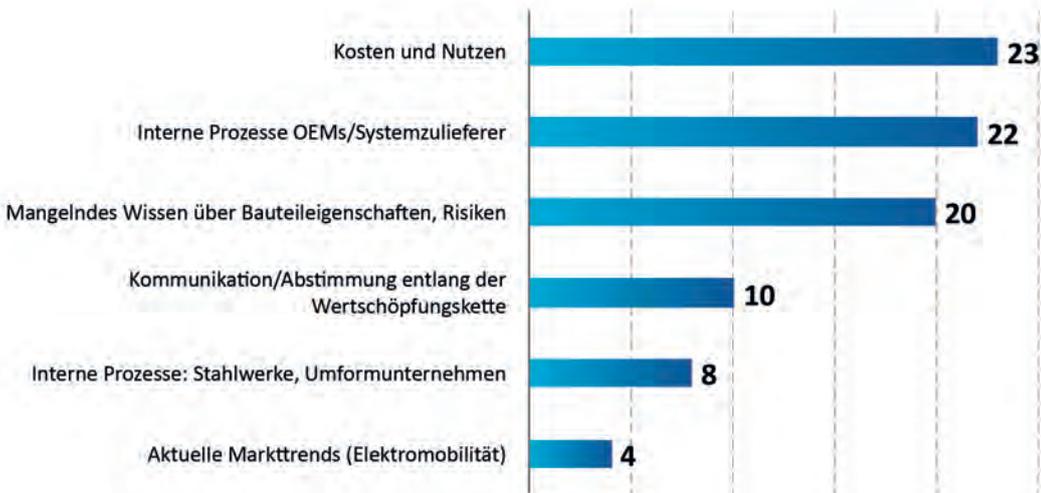


Bild 1: Die bis zu drei wichtigsten Faktoren, die die Nutzung neuen Bauteilpotenziale behindern. Quelle: Unternehmensbefragung 2018, Frage 6 (n = 35), Mehrfachnennungen möglich

ANSATZPUNKTE ZUR BESEITIGUNG DER INNOVATIONSHEMMNISSE

Um Möglichkeiten der Überwindung der Innovationshemmnisse zu identifizieren, wurden die verschiedenen Hemmnisse systematisch den Bereichen der Wertschöpfungskette zugeordnet (Bild 2). Dabei zeigte sich, dass es nicht erforderlich ist, an jedem einzelnen Hemmnis anzusetzen, um einen Innovationsprozess in Gang zu bringen oder zu intensivieren. Impulse für einen Abbau der Innovationshemmnisse und eine intensivere Beschäftigung mit Fragen des massiven Leichtbaus gingen in den vergangenen Jahren von den Aktivitäten der Industrieinitiative und vom Verbundvorhaben aus. Diese beinhalten insbesondere die verbesserte Informationsbereitstellung sowie den Ausbau der Kontakte: Aus Sicht von 71 Prozent der antwortenden Unternehmen trifft die Aussage (voll) zu, dass die Industrieinitiative und das Verbundvorhaben zu einer höheren Sichtbarkeit des Leichtbaupotenzials geführt haben. Für 58 Prozent trifft (voll) zu, dass sich durch diese Aktivitäten die Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette verbesserte (Unternehmensbefragung 2018, Frage 10, 31 Antworten). Diese Impulse haben eine positive Entwicklung initiiert, die zum Abbau weiterer Hemmnisse geführt hat.

Aus den Untersuchungen ergeben sich Ansatzpunkte für weitere Verbesserungen. Diese betreffen unter anderem die Unterstützung der Kontaktaufnahme mit Kunden durch die Forschungsvereinigungen, die weitere Fokussierung auf

Leichtbaufragen in der Industrieinitiative und den Forschungsvereinigungen, die frühzeitige Kontaktaufnahme und Kontaktpflege zwischen Umformunternehmen und ihren Kunden sowie die stärkere Nutzung des Anwendungswissens aus den Unternehmen durch die Forschungsstellen.

TECHNISCHE POTENZIALBEWERTUNG

Die Masse beeinflusst maßgeblich den Energiebedarf des Kraftfahrzeugs. Um zu untersuchen, welchen Einfluss die Gewichtsreduzierung auf den Kraftstoffverbrauch hat, wurde ein Längsdynamiksimulationsmodell für ein Referenzfahrzeug aufgebaut. Die exemplarischen Leichtbaumaßnahmen der Industrieinitiative „Massiver Leichtbau Phase I“ führten zu einer Reduktion der Masse von 42,3 kg im Antrieb und Fahrwerk. Für die beiden betrachteten Fahrzyklen – Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ) und Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle (WLTC) – wird eine Kraftstoffverbrauchsreduzierung festgestellt. Der Kraftstoffverbrauch sinkt für den NEFZ um 0,52 Prozent, im WLTC um 0,47 Prozent. Der Einfluss der Massenreduktion ist im WLTC geringer als im NEDC, da der WLTC eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit aufweist, sodass der Luftwiderstand für den Kraftstoffverbrauch einen höheren Stellenwert einnimmt. Weiterhin wird der positive Einfluss der Massenreduktion durch einen im Vergleich ungünstigeren Betriebspunkt des Verbrennungsmotors teilweise wieder aufgehoben. Dieser Effekt kann durch eine Anpassung der Getriebeübersetzung verringert werden.

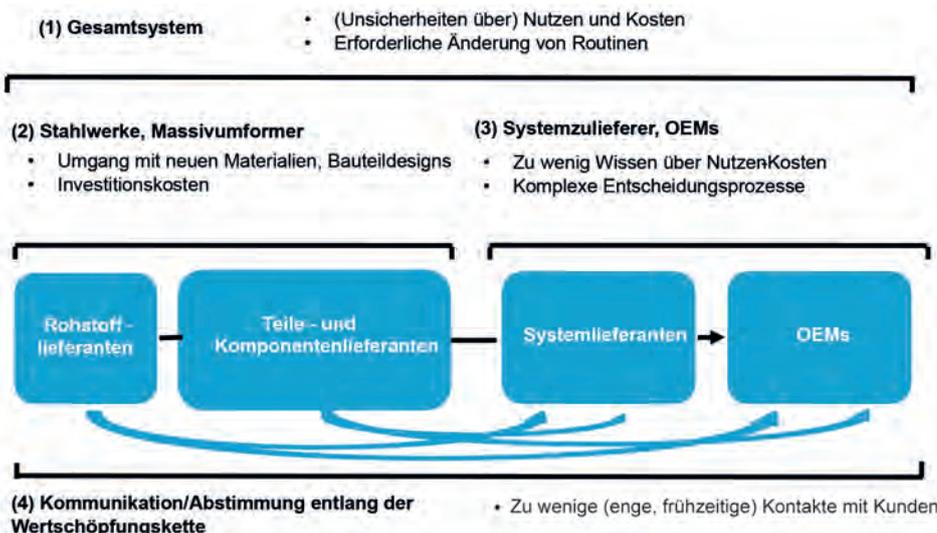


Bild 2: Zuordnung der Innovationshemmnisse zu den verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette

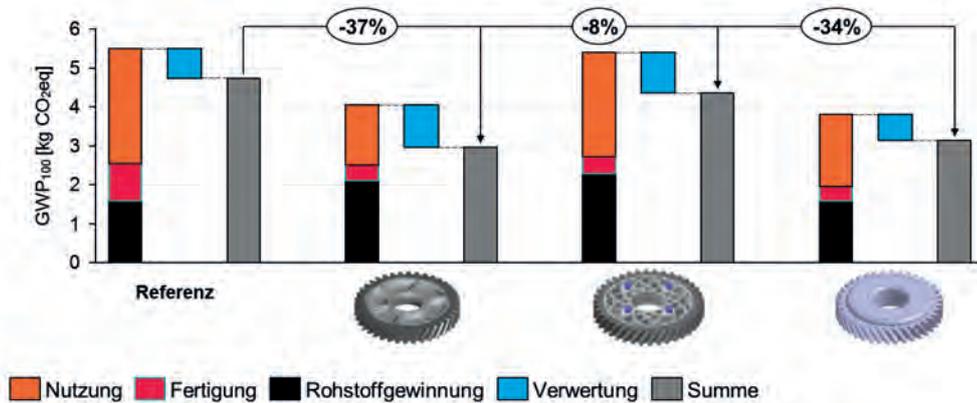


Bild 3: Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse bzgl. GWP100

Der Einfluss primärer Gewichtsreduktion auf die Fahrsicherheit von Pkw wurde ebenfalls bewertet, hierfür wurden zwei Simulationsmodelle in einer Mehrkörpersimulationsumgebung (MKS) aufgebaut. Um die Auswirkungen der Leichtbaumaßnahmen aus der Industrieinitiative „massiver Leichtbau Phase I“ zu untersuchen, wurden Fahrmanöver definiert, die eine Veränderung der Fahrsicherheit durch primäre Gewichtsreduktion zeigen können. Insgesamt zeigt sich in den Ergebnissen in Bezug auf die Fahrdynamik beziehungsweise Fahrsicherheit ein positiver Einfluss.

Durch eine primäre Massenreduktion werden Potenziale für sekundäre Gewichtseinsparungen eröffnet, da sich die Anforderungen von strukturellen und funktionalen Komponenten im Fahrzeug aufgrund der geringeren Fahrzeugmasse reduzieren und sie daher kleiner dimensioniert werden können. Zur Bestimmung der sekundären Gewichtsreduktionen wurden drei Ansätze verfolgt: Der analytische Ansatz leitet Gewichtseinsparungen auf Basis mechanischer beziehungsweise fahrzeugtechnischer Grundlagen her. Der empirische Ansatz greift auf eine Datenbasis zurück, um Massenwerte anhand vorliegender Fahrzeugmodelle in Abhängigkeit der jeweiligen Eingangsgrößen zu bestimmen. Der dritte Ansatz bedient sich dynamischer Crash-Simulationen. Zur Abschätzung des maximalen Potenzials der sekundären Gewichtseinsparung wurde die Berechnung in mehreren Iterationen durchgeführt. Die Gewichtseinsparungen der drei Iterationen (15,1 kg → 5,25 kg → 0,9 kg) führten zu einer sekundären Gesamtreduktion von 21,25 kg. Dieser Wert entspricht zirka 50 Prozent der primären Gewichtsreduktion des Referenzfahrzeugs.

LEBENSZYKLUSANALYSE

Die Lebenszyklusanalyse (LCA) umfasst eine ganzheitliche Bewertung von Leichtbauinnovationen exemplarisch an einem Referenzbauteil im Hinblick auf das Treibhauspotenzial. Das Vorgehen entspricht dabei den Ansätzen in den Normen ISO 14040 bis 14044, um eine spätere Vergleichbarkeit und Weiterverwendung zu ermöglichen. Die LCA bewertet den gesamten Produktlebenszyklus, einschließlich der Gewinnung und Produktion von Ressourcen, der Energieerzeugung, der Materialproduktion sowie der Nutzungs- und Verwertungsphase (cradle to grave). Daraus lässt sich das absolute Emissionsminderungspotenzial ableiten. Es ist gekennzeichnet durch das relative Emissionspotenzial, das sich wiederum aus dem relativen Massenpotenzial

und der relativen Emissionsintensität zusammensetzt. Für die vorliegende Betrachtung wurde das Demonstratorbauteil Zahnrad aus dem Forschungsverbund ausgewählt, der Referenzvariante werden 3 Leichtbauansätze gegenübergestellt:

1. Zahnkranz aus Stahl, Radkörper aus Aluminium (Hybridvariante)
2. Zahnkranz aus Stahl, Radkörper aus einer topologieoptimierten Blechpaketierung
3. Zahnkranz aus Stahl, Radkörper aus tiefgezogenem Stahlblech

Zunächst wurde das Life Cycle Inventory erstellt, in dem alle technischen Informationen zu der relevanten Komponente wie die detaillierte Materialzusammensetzung, das Gewicht der fertig bearbeiteten Komponente und die technischen Abmessungen (Länge, Breite und Höhe) erfasst werden. Die anschließende detaillierte Betrachtung der einzelnen Prozessschritte zur Herstellung der ausgewählten Referenzkomponente basiert auf einer Primär- und Sekundäranalyse. Diese Informationen wurden zum Modellaufbau für die LCA genutzt. Die Ergebnisse sind in Bild 3 dargestellt.

Im Basisszenario wird die Komponente in Deutschland hergestellt, in einem Dieselfahrzeug (WLTC) eingesetzt und eine Endproduktverwertungsquote von 64 Prozent angenommen. In der Produktionsphase verursacht die Leichtbauvariante mit dem Radkörper aus tiefgezogenem Blech die geringsten Treibhausgasemissionen. Die Hybridvariante hat den geringsten Materialbedarf, der Energiebedarf zur Herstellung von Primäraluminium ist jedoch etwa um den Faktor 4 höher als bei Stahl. Bei allen Varianten ist der größte Teil der Emissionen in der Produktionsphase auf die Rohstoffherstellung zurückzuführen. Die Treibhausgasemissionen in der Nutzungsphase werden maßgeblich durch die Bauteilmasse bestimmt. Da ein linearer Zusammenhang zwischen Bauteilmasse und Kraftstoffverbrauch angenommen wurde, entspricht die Reduktion der Emissionen in der Nutzungsphase dem relativen Massenpotenzial.

Mit Hilfe der Kriterien Emissionsintensität und Massepotenzial aus System- oder Gesamtfahrzeugsicht ist es möglich, mit dem Ziel der Emissionsminderung einzelne Komponenten aus strategischer Sicht auszuwählen. Die Komponenten mit hohen Emissions-Referenzwerten haben bei dieser Auswahl

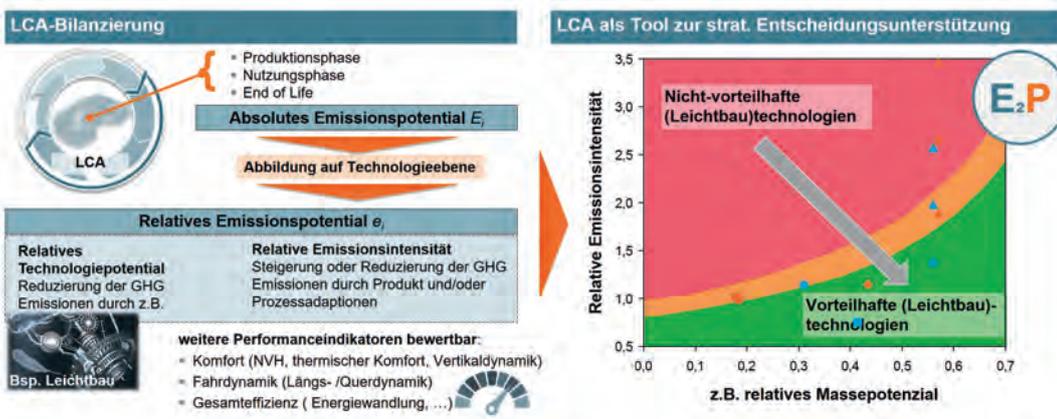


Bild 4: Lebenszyklusanalyse als strategische Entscheidungsvariable
Bilder: Autoren

eine hohe Priorität, da sie einen großen Anteil an der Gesamtemission ausmachen. Folglich kann die Optimierung dieser Teile stark zur Gesamtemissionsreduzierung beitragen. Die LCA kann somit in eine Methodik für multikriterielle, strategische Technologieentscheidungen eingefasst werden. Hierzu hat die fka GmbH bereits einen holistischen Ansatz „E2P“ vorgestellt, der neben der technologischen Verbesserung (beispielsweise durch Leichtbau) auch die ökologische (LCA) sowie die ökonomische Ebene einbezieht. Das Vorgehen ist in Bild 4 dargestellt [3]. Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus den IGF-Vorhaben LN 25.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von Innovationshemmnissen hat gezeigt, dass zahlreiche Faktoren die Einführung von neuen Leichtbaulösungen entlang der Wertschöpfungskette behindern können. Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass durch geeignete Formen der Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette wichtige Impulse für die Überwindung dieser Hemmnisse

gesetzt werden konnten, die das Potenzial haben, auch weiterhin die Anpassungsfähigkeit der Umformunternehmen an die Herausforderungen durch veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen zu verbessern [4]. Die Methodik der technischen Potenzialanalyse ermöglicht die Quantifizierung der positiven technologischen Einflüsse von Leichtbaumaßnahmen sowohl auf Bauteil- und Systemebene als auch auf Fahrzeug- oder Flotteniveau. Die Lebenszyklusanalyse stellt vor dem Hintergrund steigenden öffentlichen Interesses und insbesondere einer möglichen legislativen Implementierung einen unverzichtbaren Baustein in strategischen Innovationsentscheidungen dar.



Das IGF-Vorhaben 25 LN der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. (AWT), der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA) und der Forschungsgesellschaft Stahlverformung e. V. (FSV) wurde über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Langfassung des Abschlussberichts kann bei der FOSTA, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf, angefordert werden.



Gefördert durch:
**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**



aufgrund eines Beschlusses
des deutschen Bundestages



[1] Hadjimanolis, A.: The barriers approach to innovation, in: Shavinina, L.V. (Ed), The International Handbook on Innovation. Pergamon Press, Amsterdam, 2003, pp. 559 - 573

[2] Rothgang, M.; Dehio, J.; Dürig, W.: Innovation Transfer of Lightweight Forging Solutions in the Automobile Value Added Chain, Presentation at the 5th International Conference on Steels in Cars and Trucks, Amsterdam, 2017

[3] Neumann, N.; Busse, A.; Harter, C.: Optimization of Tier-X Product Portfolio Strategies with a Focus on Future CO₂ Targets, 28. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2019

[4] Buchmann, T.; Haering, A.; Kudic, M.; Rothgang, M.: Does Sequential Decision-Making Trigger Collective Investment in Automobile R&D? Experimental evidence, Ruhr Economic Papers#785.RWI, 2018