



Hans **Böckler**
Stiftung

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

Elektromobilität und Beschäftigung

Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs
auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)

STUDIENERGEBNISSE



Elektromobilität und Beschäftigung

Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs
auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)

STUDIENERGEBNISSE

IMPRESSUM

ELAB

Wirkungsanalyse alternativer Antriebskonzepte am Beispiel einer idealtypischen Antriebsstrangproduktion

Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer

Simon Voigt, Daniel Borrmann, Florian Herrmann, Marius Brand, Peter Rally, Florian Rothfuss, Carolina Sachs

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Horst E. Friedrich

Benjamin Frieske, Bernd Propfe, Martin Redelbach, Dr.-Ing. Stephan Schmid

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Fahrzeugkonzepte (DLR-FK), Stuttgart

Dr. Jürgen Dispan

IMU Institut, Stuttgart

Projektträger: Daimler AG, IG Metall Baden-Württemberg, Hans-Böckler-Stiftung

© Copyright 2012 by Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf

Text: Mario Müller, Büro für Wirtschaftspublizistik, Frankfurt am Main

Gestaltung: Gaby Sylvester, Düsseldorf, www.sylvester-design.de

Produktion: Setzkasten GmbH, Düsseldorf
Printed in Germany 2012
Bestellnummer: 30391

BILDNACHWEISE

Titelmotiv: © Daimler AG

Innenseiten:

- © Bosch (Seite 43, 46/3 Abbildungen oben)
- © Daimler AG (Seite 6, 8, 14, 16, 20, 21, 24, 25, 27, 38, 40, 48, 49)
- © Jürgen Effner - Fotolia.com (Seite 22/rechts)
- © Victor S. Brigola, Fraunhofer IAO (Seite 13, 17)
- © Hans-Böckler-Stiftung (Seite 7/links)
- © IG Metall Baden-Württemberg (Seite 7/rechts)
- © Opel (Seite 11, 42)
- © Rainer Plendl - Fotolia.com (Seite 22/links)
- © Siemens Pressebild (Seite 35, 46/unten)

INHALT

- 6 Vorwort
- 9 Einleitung
- 11 **TEIL 1** Trends in der Fahrzeugtechnik
- 17 **TEIL 2** Marktszenarien
- 21 **TEIL 3** Produktionsprozesse und Personalbedarf auf Komponentenebene
- 27 **TEIL 4** Personalbedarf einer idealtypischen Produktion
- 35 **TEIL 5** Kompetenzanforderungen und Qualifikation
- 43 **TEIL 6** Wertschöpfungskette und strategische Allianzen
- 48 Zusammenfassung
- 50 Über die Hans-Böckler-Stiftung

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

wie schnell Elektromobilität unser Straßenbild bestimmen wird, darüber gibt es unterschiedliche Auffassungen. Alle sind sich aber einig, dass alternative Antriebskonzepte künftig eine große Rolle spielen werden.

Welche Konsequenzen haben diese Veränderungen bei den Antriebskonzepten auf die Beschäftigung in den Unternehmen, die heute Antriebe und Antriebskomponenten produzieren? Welche Erkenntnisse ergeben sich daraus für alle direkt und indirekt Beteiligten? Diese Aspekte waren in bisherigen Untersuchungen nur am Rande ein Thema. Daher haben Unternehmensleitung und Gesamtbetriebsrat der Daimler AG, die IG Metall Baden-Württemberg und die Hans-Böckler-Stiftung 2010 entschieden, die erste unternehmensübergreifende Studie in dieser Form zu initiieren: „ELAB – Auswirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung“. Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, das IMU Institut sowie das Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt haben sich interdisziplinär mit dieser Fragestellung beschäftigt.



Wilfried Porth

Wilfried Porth
Personalvorstand und Arbeitsdirektor
der Daimler AG



Erich Klemm

Erich Klemm
Vorsitzender des Gesamtbetriebsrats
der Daimler AG

Die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsprojekts sind in dieser Broschüre zusammengefasst. Für aus heutiger Sicht relevante Antriebskonzepte wurden vier alternative Marktszenarien bis 2030 zu Grunde gelegt. Auf Basis einer idealtypischen Produktion des Antriebsstrangs wurden jeweils die quantitativen und qualitativen Auswirkungen auf die Beschäftigung analysiert.

Eine wesentliche Erkenntnis bezogen auf die gesamte Wertschöpfungskette ist, dass die neuen Technologien Chancen für die Beschäftigung beinhalten. Diese Ergebnisse bieten allen betrieblichen, gesellschaftlichen und politischen Akteuren eine fundierte Basis für eine weitere proaktive Gestaltung des Veränderungsprozesses. Ziel sollte sein, dieses entscheidende Zukunftsthema im gemeinsamen Dialog weiter voranzutreiben.

Zusätzliche Informationen sind auf der Projekt-Webseite abrufbar:
www.elab.iao.fraunhofer.de



Dr. Nikolaus Simon
Sprecher der Geschäftsführung
der Hans-Böckler-Stiftung



Jörg Hofmann
Bezirksleiter der IG Metall
Baden-Württemberg



Einleitung

Elektromobilität – welche Elektromobilität? Im Jahr 2011 wurden nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts hierzulande 2.154 Neuwagen mit ausschließlich elektrischem Antrieb zugelassen. Selbst wenn man die rund 12.600 Hybridfahrzeuge hinzuzählt, die im Jahr 2011 zugelassen wurden: Gemessen an den gesamten Neuzulassungen von zuletzt mehr als drei Millionen Pkw spielen die alternativ angetriebenen Automobile im Straßenverkehr bisher kaum eine Rolle.

Doch der verhaltene Start täuscht. Den neuen Antriebssystemen gehört die Zukunft. Zwar sind sich die Experten nicht darüber einig, wie schnell und in welchem Umfang der Marktanteil von Hybrid-, Batterie- oder Brennstoffzellenfahrzeugen wächst. Auch mag das Ziel der Bundesregierung, die bis 2020 eine Million Elektroautos auf den Straßen rollen sehen will, zu ehrgeizig erscheinen. Auf längere Sicht werden sich die alternativen Antriebskonzepte aber durchsetzen.

Schub kann die Elektromobilität vor allem von zwei Treibern erwarten: Zum einen ist das verfügbare Angebot an Erdöl endlich, die Kraftstoffpreise werden weiter steigen. Zudem trägt der weltweit stark wachsende Autoverkehr nicht unwesentlich zum Klimawandel bei. Eine Minderung des Ausstoßes von Treibhausgasen (CO₂) steht deshalb auf der politischen Agenda zahlreicher Länder ganz oben. Auch Deutschland will die Emissionen weiter verringern.

Zwar konnte der Verbrauch und damit der CO₂-Ausstoß herkömmlicher Verbrennungsmotoren in den vergangenen Jahren deutlich reduziert werden. Mit der derzeit eingesetzten Technologie allein sind die von der Europäischen Union geplanten Grenzwerte allerdings nicht einzuhalten. Neben einer weiteren Optimierung der konventionellen Aggregate ist es deshalb erforderlich, alternative Antriebskonzepte zu entwickeln.

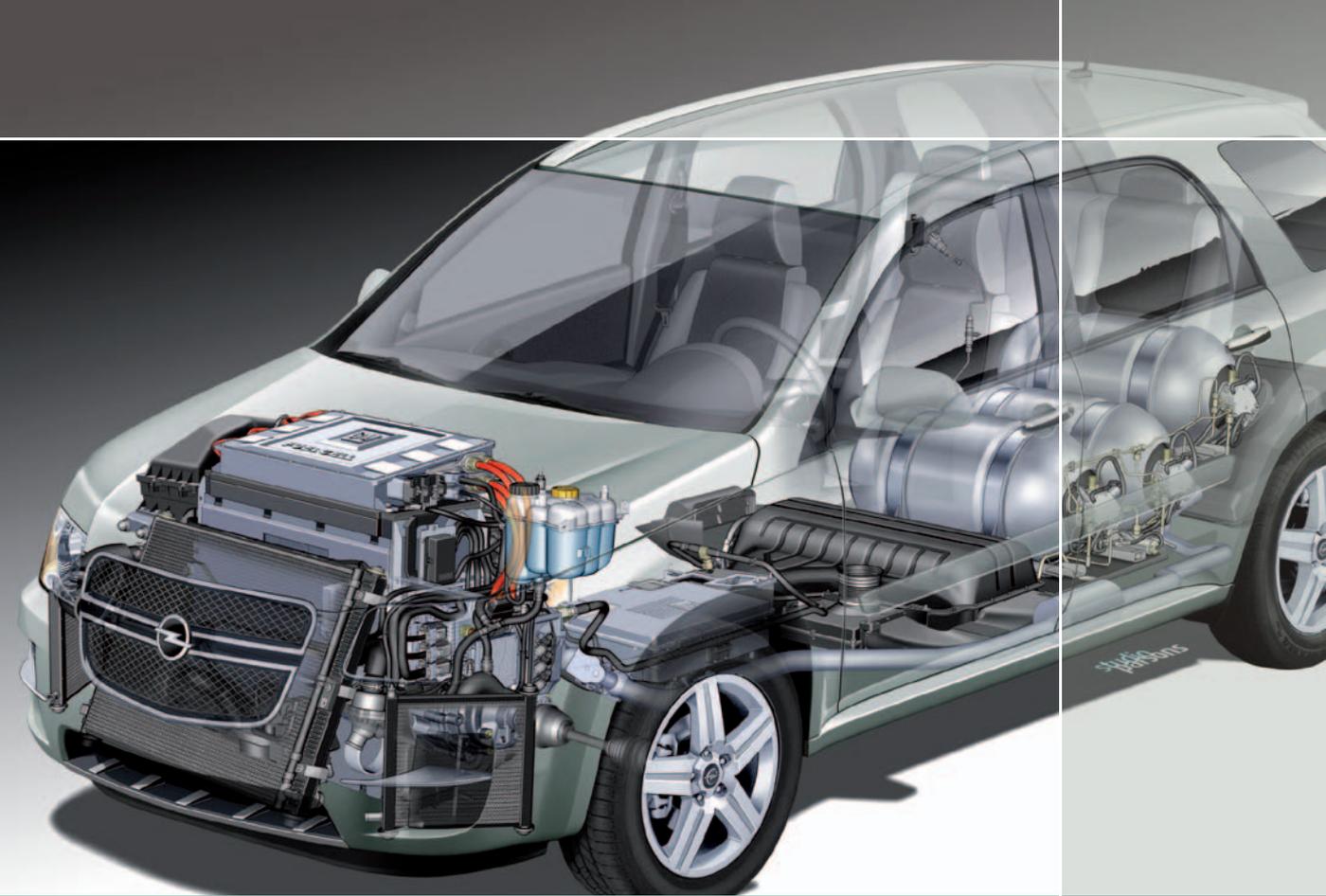
Damit kündigt sich ein Systemwechsel an. Auch wenn der Verbrennungsmotor nicht so schnell verdrängt werden dürfte: Mittel- und langfristig schrumpft der Anteil der mechanischen Komponenten, die in einem Pkw verbaut werden und die bislang zu den Kernkompetenzen hiesiger Hersteller gehören. Die Wertschöpfung verschiebt sich hin zu Komponenten wie Batteriesystem, Brennstoffzellen oder Elektromotor. Sie zählen aber nicht zum klassischen Repertoire der Autoindustrie. Der Systemwechsel führt somit zu einem Wandel der bisherigen Produktionsstrukturen, wenn nicht gar zu einem Strukturbruch.

Klar, dass dieser Prozess höchste Aufmerksamkeit erfordert. Schließlich ist die Automobilindustrie einer der Stützpfeiler der deutschen Wirtschaft. Sie trägt wesentlich zu den Exportüberschüssen bei und spielt mit hohen Ausgaben für Forschung und Entwicklung eine herausragende Rolle im deutschen Innovationssystem. Zuletzt beschäftigte die Branche mehr als 710.000 Frauen und Männer. Rechnet man die Beziehungen zu anderen Wirtschaftszweigen hinzu, dürften 1,7 bis 1,8 Millionen Arbeitsplätze von der Automobilindustrie abhängen.

Welche Beschäftigungseffekte zieht der technologische Wandel hin zur Elektromobilität für die Produktion von Antriebssträngen nach sich? Dies ist die zentrale Fragestellung des Forschungsprojekts ELAB. ELAB steht für Auswirkungen der **Elektrifizierung** des **Antriebsstrangs** auf **Beschäftigung** und Standortumgebung und wurde vom Gesamtbetriebsrat der Daimler AG initiiert und gemeinsam mit dem Unternehmen auf den Weg gebracht. Mit der Bearbeitung wurden drei Forschungsinstitute beauftragt: das Fraunhofer IAO, das IMU Institut Stuttgart und das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte. Getragen und finanziert wird das Forschungsprojekt von der Hans-Böckler-Stiftung, der Daimler AG und der IG Metall Baden-Württemberg. Die Ergebnisse der Studie fasst die vorliegende Broschüre zusammen.

Das erste Kapitel führt kurz in die verschiedenen neuen Antriebskonzepte ein. Im Anschluss werden Marktszenarien, also Schätzungen des künftigen Absatzes, vorgestellt, die als Grundlage für die Berechnung der quantitativen Beschäftigungseffekte dienen. Im Fokus steht dabei der Zeitraum bis 2030. Der dritte Teil befasst sich mit den jeweiligen Produktionsprozessen sowie dem Personalbedarf der einzelnen Komponenten. Dabei betrachtet die ELAB-Studie die Beschäftigungseffekte, die aus der Elektrifizierung des Antriebsstrangs, also aus dem Technologiewandel resultieren. Andere, möglicherweise beschäftigungswirksame Effekte wie internationale Produktionskonzepte, höheres Marktvolumen etc. bleiben bei der ELAB-Analyse ausgeklammert.

Auf dieser Basis wird anschließend der Personalbedarf ohne Fokussierung auf die Sicht eines Markenherstellers (OEM – Original Equipment Manufacturer) in einer idealtypischen Produktion von jährlich einer Million Antriebssträngen ermittelt. Idealtypisch heißt in diesem Fall: Die Untersuchung geht stets von einer Produktion aus, bei der Effekte wie Verteilung und Verlagerung der Wertschöpfung auf verschiedene Unternehmen und Standorte nicht untersucht werden. Teil 5 geht der Frage nach, welche Kompetenzen und Qualifikationen die Beschäftigten künftig mitbringen müssen. Im abschließenden Kapitel werden Formen der Zusammenarbeit behandelt, die inzwischen in der elektromobilen Wertschöpfungskette zu beobachten sind. Außerdem werden die Wirkungen auf das Branchenumfeld untersucht.



Trends in der Fahrzeugtechnik

TEIL 1

Welche Folgen hat die **ELEKTRIFIZIERUNG** des Antriebs für die Produktion von Autos und damit für die Beschäftigung?

Um diese Frage beantworten zu können, muss zunächst die Fahrzeugtechnik unter die Lupe genommen werden.

Welche **ANTRIEBSKONZEPTE** kommen in Betracht, wie funktionieren sie und aus welchen **BAUTEILEN** bestehen sie?

TEIL 1 Trends in der Fahrzeugtechnik

Was ins Auge fällt: Es gibt in Sachen Elektromobilität keinen Königsweg. Vielmehr verfolgen die Hersteller verschiedene Entwicklungspfade, wie die beachtliche Vielfalt von Antriebskonzepten zeigt. Im Rahmen der Analyse wurden insgesamt 62 Fahrzeuge deutscher und ausländischer Produzenten in Augenschein genommen, die entweder bereits auf den Straßen rollen oder sich als Prototypen in der Testphase befinden, vom BMW X6 Active Hybrid über den batteriebetriebenen Audi A1 e-tron bis zur Mercedes-Benz B-Klasse F-CELL mit Brennstoffzellen.

Die weitergehende detaillierte Untersuchung konzentriert sich auf sechs Fahrzeuge, die jeweils für ein bestimmtes Antriebskonzept stehen. Um die technologische Vergleichbarkeit herzustellen, wurden Fahrzeuge der Kompaktklasse mit einer Leistung von rund 100 Kilowatt (kW) gewählt, die „am Rad“ zur Verfügung steht. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Referenzfahrzeuge:

- **Mild-Hybrid:** Wesentliches Merkmal von Hybridfahrzeugen (Hybrid Electric Vehicle – HEV) ist der zusätzlich zum Verbrennungsmotor eingebaute Elektromotor. Dieser ergänzt den konventionellen Antrieb und sorgt beispielsweise für eine bessere Beschleunigung. Überschüssige Energie, die etwa beim Bremsen abfällt, wird in einem Akku gespeichert. Da der Verbrennungsmotor zudem auch im Bereich günstiger Wirkungsgrade arbeiten kann, sinken Verbrauch und Schadstoffausstoß. Je nach Umfang der Hybridisierung wird zwischen verschiedenen Stufen unterschieden. Als Referenz für den „Mild-Hybrid“ dient der Honda Civic mit 85 kW und einem zusätzlichen Elektromotor mit rund 20 kW Leistung.
- **Full-/Plug-in-Hybrid:** Dieser HEV-Typ verfügt über einen im Verhältnis zum konventionellen Antriebsaggregat wesentlich stärkeren Elektromotor und eine größere Batterie. Kann das Fahrzeug darüber hinaus über die Steckdose aufgeladen werden (to plug – einstöpseln), spricht man von einem Plug-in-Hybriden (Plug-in-Hybrid Electric Vehicle – PHEV). Stellvertretend für dieses Konzept steht in der Untersuchung der Toyota Prius III Hybrid, der neben einem Verbrennungsmotor mit 73 kW über einen Elektromotor mit 60 kW verfügt.



- **Range-extended Electric Vehicle – REX:** Dabei handelt es sich um Hybridfahrzeuge, die allein von Elektromotoren angetrieben werden. Der zusätzlich eingebaute Verbrennungsmotor dient primär der Erzeugung von Strom und lädt die Batterie während der Fahrt auf. Damit lässt sich die Reichweite deutlich ausweiten („range extended“). Das Referenzfahrzeug – der Chevrolet Volt – besitzt neben einem 111 kW starken Elektromotor einen Verbrennungsmotor mit 53 kW.
- **Battery Electric Vehicle – BEV.** Dieses Fahrzeug wird rein elektrisch durch Motoren angetrieben, die den Strom von einer Traktionsbatterie beziehen. Als Referenz dient der Ford Focus BEV mit einem 100 kW starken Elektromotor.
- **Fuel Cell Vehicle – FCV.** Fahrzeuge dieser Bauart nutzen zum Antrieb einen Elektromotor, der von einem Brennstoffzellensystem durch Umwandlung von chemischer in elektrische Energie mit Strom versorgt wird. Als Referenz wurde die Mercedes-Benz B-Klasse F-CELL gewählt, die über einen Elektromotor mit 100 kW verfügt.
- **Verbrennungsmotor – Internal Combustion Engine (ICE).** Bei dem zu Vergleichszwecken herangezogenen Fahrzeug mit konventionellem Antrieb handelt es sich um einen Golf VI 1.4 TSI mit 118 kW.



Welche Antriebskonzepte könnten im Jahr 2030 in einer idealtypischen Aggregateproduktion gefertigt werden und welche Bauteile fließen dabei in die Produktion ein? Um diese Fragen zu beantworten, wurden die Antriebsstränge der Referenzfahrzeuge virtuell zerlegt und anschließend die künftigen technischen Entwicklungen der einzelnen Systeme und Komponenten abgeschätzt. Je nach Antriebskonzept zeichnet sich ein mehr oder weniger einschneidender Wandel ab: Komponenten werden modifiziert, neue treten hinzu, bisherige entfallen. So benötigt beispielsweise das Brennstoffzellenfahrzeug weder einen Verbrennungsmotor noch ein aufwändiges Schaltgetriebe, wohl aber als zentrales Element einen Wasserstofftank.

Betrachtet man die Systeme des Antriebsstrangs im Einzelnen, ist mit folgenden Entwicklungen zu rechnen:

- Konventionelle **Verbrennungsmotoren** sind technisch noch lange nicht ausgereizt. Die Effizienz von Otto-Motoren lässt sich Schätzungen zufolge um zirka 30 Prozent steigern, bei Dieselmotoren sind es rund 20 Prozent. Gleichzeitig findet ein „Downsizing“ statt: Durch kleinere Aggregate mit weniger Zylindern wird unter der Motorhaube Platz frei gemacht für aufwändige Turbo- und Kompressorsysteme, bei gleichzeitig weiter sinkendem Verbrauch.
- **Getriebe:** Im Zuge der Elektrifizierung des Antriebsstrangs werden Automatikgetriebe an Bedeutung gewinnen. Ein wesentlicher Trend bei

Hybridfahrzeugen ist die Entwicklung von möglichst kleinen Hybridgetrieben mit integrierter elektrischer Maschine, die parallel von Elektro- und Verbrennungsmotoren angetrieben werden können. Um den Verbrennungsmotor im Betriebsoptimum zu halten, kommen Getriebe mit sieben bis neun Gängen zum Einsatz. Bei rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen könnte das Getriebe der Zukunft sowohl stufenlos als auch ein- oder zweistufig ausgelegt sein.

- **Elektromotoren** bieten zwar schon heute hohe Wirkungsgrade von 90 bis 95 Prozent. Ihre Effizienz soll aber weiter gesteigert werden bei gleichzeitiger Verringerung der Baugröße. Die Herausforderung besteht darin, die Aggregate, die bisher meist für industrielle Anwendungen entwickelt wurden, den speziellen Bedingungen in Autos anzupassen. Dabei geht es vor allem um Temperaturbeständigkeit, Wartungsfreiheit und lange Lebensdauer. Außerdem gilt es, die Produktionskosten zu senken, von denen rund 60 Prozent auf das Material entfallen.
- **Batterie:** Die Entwicklung leistungsfähiger und zugleich kostengünstiger Speichersysteme ist die wohl größte Herausforderung bei der Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs. Insbesondere die im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen geringe Energiedichte heutiger Akkumulatoren hat große Auswirkungen auf Fahrzeuggewicht, Platzbedarf und Reichweite. Um dieses Problem zu lösen, wird aktuell an einer Vielzahl von Materialien geforscht. Das größte Potenzial wird kurzfristig Batteriesystemen auf Lithium-Ionen-Basis eingeräumt. Mittelfristig sind auch andere Technologien in der Diskussion.
- **Leistungselektronik** kann grundsätzlich als reife Technologie bezeichnet werden. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, den von der Batterie oder Brennstoffzelle gelieferten Gleich- in Wechselstrom für den Elektromotor umzuwandeln. Die Entwicklung geht hin zur Systemintegration der Leistungselektronik in die Elektromaschine.

Prof. Horst E. Friedrich (DLR):

» Bis zum Jahr 2030 wird eine Vielzahl elektrifizierter Fahrzeugkonzepte parallel am Markt existieren. Rein verbrennungsmotorisch betriebene Fahrzeuge werden auch weiter einen hohen Marktanteil ausmachen. Durch die kontinuierlich steigende Elektrifizierung des Antriebsstrangs werden über Mild-, Voll- und Plug-in-Hybride schließlich auch rein batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge zunehmend marktrelevant.«



- **Brennstoffzelle:** Dieses hoch komplexe System wird seit Jahren intensiv erforscht. Die Herausforderungen bestehen insbesondere darin, eine flächendeckende Infrastruktur bei der Versorgung mit Wasserstoff sicherzustellen sowie die hohen Produktionskosten zu senken. Mehrere Hersteller, darunter Daimler, Honda und Opel, haben eine Serienproduktion für 2014/2015 angekündigt.

Ein weiterer Trend: Da die Elektrifizierung des Antriebs das Gewicht der Fahrzeuge erhöht, wird versucht, mit Leichtbauweisen gegenzusteuern. So besteht die Karosserie des von BMW geplanten, batterieelektrischen Stadtautos aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK). Das Material ist zwar um einiges leichter als Stahl, wegen der schwierigen Verarbeitung aber auch erheblich teurer.



Marktszenarien

TEIL 2

*Die Automobilindustrie muss heute schon **VORAUSSCHAUEN**, welche und wie viele Fahrzeuge morgen und übermorgen vom Band rollen. Dieser Prognosebedarf ist umso dringlicher, als sich mit dem **ÜBERGANG ZUR ELEKTROMOBILITÄT** ein tiefgreifender Systemwandel ankündigt.*

TEIL 2 Marktszenarien

Im Rahmen des ELAB-Projekts wird die Zeitspanne bis 2030 betrachtet. Wie werden sich mittel- und langfristig die Anteile der unterschiedlichen Antriebs-technologien am Fahrzeugabsatz entwickeln? Diese Frage soll mithilfe verschiedener Szenarien beantwortet werden. Ziel ist es, abzuschätzen, welche Marktanteile elektrisch angetriebene Fahrzeuge künftig erobern könnten. Daraus lassen sich dann die jeweiligen Produktionsvolumina für die im vorigen Abschnitt dargestellten Referenzfahrzeuge und deren Antriebsstrangkomponenten ableiten, die in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion gefertigt werden.

Die ELAB-Marktszenarien stützen sich im Wesentlichen auf veröffentlichte Studien, unter anderem von Firmen oder Beratungsunternehmen, sowie auf Ergebnisse nationaler und internationaler Forschungsprojekte. Die einzelnen Erwartungen über die künftige weltweite Marktdurchdringung von „Stromautos“ liegen zum Teil weit auseinander. Die meisten Prognosen gehen aber davon aus, dass der konventionelle Antrieb an Boden verliert und der Anteil von Hybridfahrzeugen deutlich steigt. Sie gelten als „Wegbereiter“ für vollelektrische Lösungen.

Im **ELAB-Referenzszenario** (Abb. 1) werden die Marktanteile der verschiedenen Antriebskonzepte im weltweiten Geschäft mit Neufahrzeugen dargestellt. Zu erkennen ist, dass Hybridvarianten (Mild, HEV und REX)

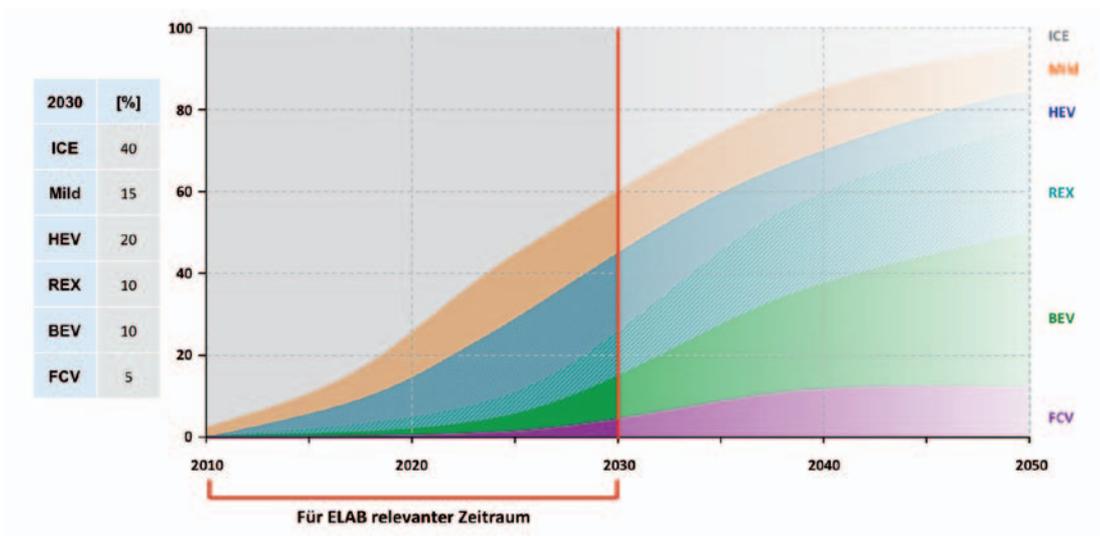


Abbildung 1: Marktanteile des weltweiten Neufahrzeugmarktes im ELAB-Referenzszenario

zunächst überproportional zulegen. Der Marktanteil der Mild- und Vollhybride klettert bis 2030 auf 35 Prozent. Rein elektrisch über Batterie oder Brennstoffzelle betriebene Fahrzeuge (BEV und FCV) kommen zusammen auf 15 Prozent. Gleichzeitig sinkt der Anteil der Fahrzeuge, die ihre Energie ausschließlich aus Verbrennungsmotoren beziehen, bis 2030 auf 40 Prozent. Sie werden aber auch im Jahr 2050 nicht vollständig vom Markt verschwunden sein. Dieser wird in diesem langfristigen Ausblick im Jahr 2050 zur Hälfte von vollelektrischen Lösungen bestimmt. Bei den Hybriden ist im gleichen Zeitraum bis 2050 mit einer Verschiebung hin zu Range-extended-Systemen zu rechnen.

Insgesamt versteht sich dieses Referenzszenario als ausgewogenes Mittel aus den analysierten Studien und unterstellt somit eine denkbare zukünftige Entwicklung. Die Annahmen entsprechen sowohl den nationalen politischen Zielen zur Elektromobilität sowie zur Reduktion von Treibhausgasen und werden als erreichbar eingeschätzt.

Doch was, wenn der Markt in eine völlig andere Richtung geht? Um auch extreme künftige Entwicklungen ins Kalkül ziehen und die möglichen Folgen für die Produktion und Beschäftigung abschätzen zu können, wurden aus dem Basisbefund drei alternative Szenarien abgeleitet (Abb. 2).

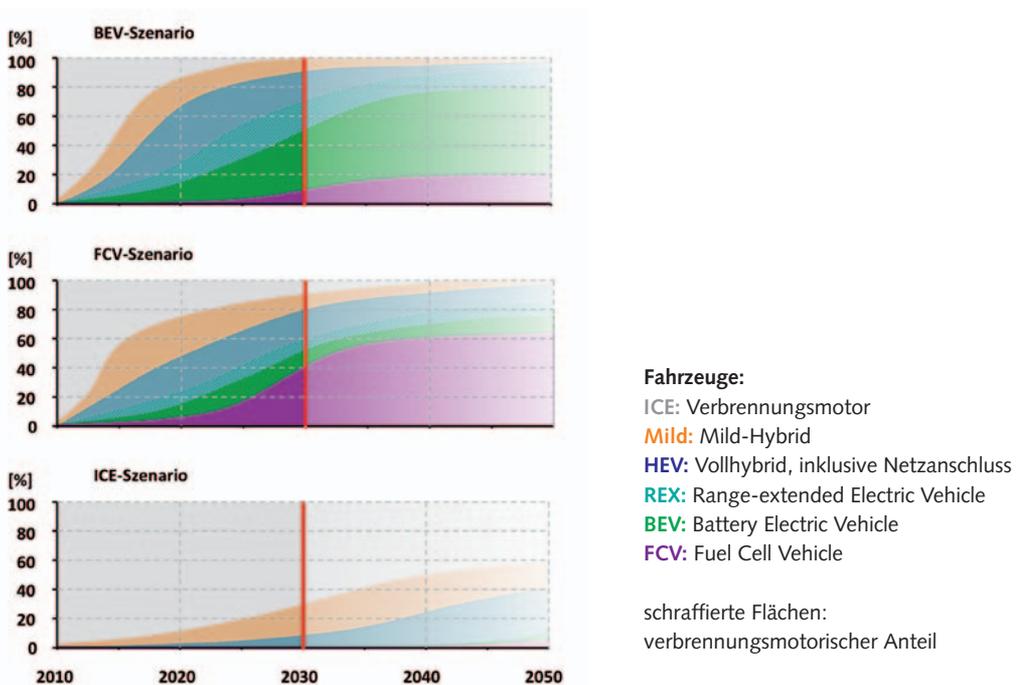


Abbildung 2: Ableitung von drei Alternativszenarien ausgehend vom Referenzszenario

Internal
Combustion
Engine

Das sehr konservative **ICE-Szenario** unterstellt, dass der Verbrennungsmotor weiterhin dominiert und sich rein elektrische Antriebe auch langfristig nicht durchsetzen. Mild-Hybride erreichen in diesem Szenario bis 2030 einen Marktanteil von 20 Prozent, Vollhybride kommen auf zehn Prozent. Mehr als zwei Drittel des Markts werden also noch von Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb bedient. Ihr Anteil schrumpft bis 2050 zwar auf rund die Hälfte, rein elektrische Konzepte können sich allerdings auch hier nicht durchsetzen. Diese Entwicklung ist aus heutiger Sicht aufgrund der zu erwartenden Steigerung der Energiekosten sowie verschärften Umweltauflagen aber unrealistisch und somit als „konservatives“ Extremszenario anzusehen.

Battery Electric
Vehicle

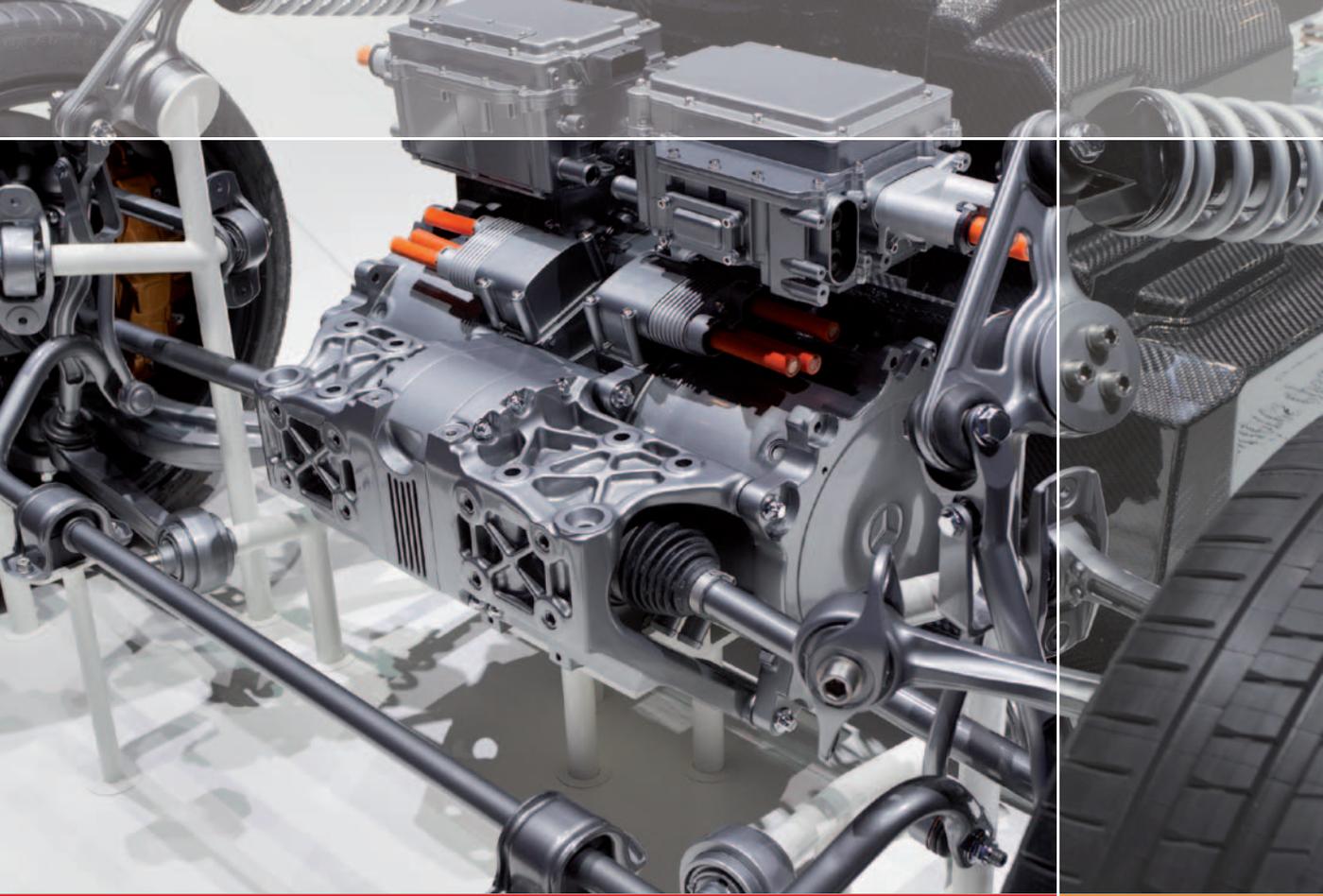
Genau in die andere Richtung weist das **BEV-Szenario**. Es geht davon aus, dass konventionelle, nicht-elektrifizierte Antriebsstränge bis 2030 völlig vom Markt verdrängt werden. Batteriefahrzeuge erreichen dann einen Anteil von 40 Prozent. Weitere zehn Prozent entfallen auf Lösungen mit Brennstoffzellen. Auch in diesem Szenario wird unterstellt, dass Hybridtechnologien als eine Art Wegbereiter für rein elektrische Antriebe dienen. Der Anteil von Mild- und Vollhybriden wächst zunächst überproportional, später holt der REX auf. Auf lange Sicht – bis 2050 – haben sich Batteriefahrzeuge zwei Drittel des Marktes sichern können. Autos mit Brennstoffzellen spielen allerdings nur eine untergeordnete Rolle. Dieser Ausblick zeigt eine aus heutiger Sicht extreme und progressive, aber noch denkbare Entwicklung auf. Falls etwa die CO₂-Gesetzgebung verschärft wird und die Rohölpreise deutlich steigen, ist dieses Szenario als erreichbar einzustufen.

Fuel Cell
Vehicle

Im zweiten, für die Elektromobilität optimistischen **FCV-Szenario** gibt die Brennstoffzellentechnik gewissermaßen Gas. Konventionelle Antriebsstränge fallen bis 2030 auf einen Marktanteil von zehn Prozent zurück. Wie bereits im BEV-Szenario gelten die Hybridfahrzeuge als Wegbereiter für voll-elektrische Antriebe. Diese machen im Jahr 2030 rund die Hälfte des Neugeschäfts aus, wobei die rein elektrischen Batteriefahrzeuge allerdings nur

eine geringe Rolle spielen. Auch die REX-Modelle können sich gegenüber Fahrzeugen mit Brennstoffzellen nicht behaupten und erreichen bis 2030 nur einen Marktanteil von zehn Prozent. Die Dominanz der Brennstoffzellenvarianten bildet einen Extremfall ab, der nur unter sehr speziellen Randbedingungen – niedrigere Systemkosten für Brennstoffzellen und verfügbare Wasserstoffinfrastruktur – denkbar ist.





Produktionsprozesse und Personalbedarf auf Komponentenebene

TEIL 3

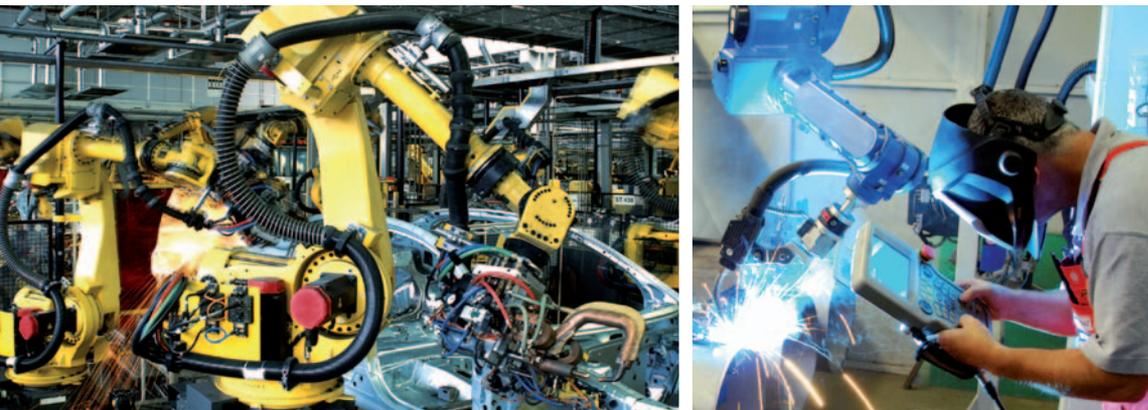
Wie wirkt sich die **ELEKTRIFIZIERUNG** des Antriebsstrangs auf die Produktion von Komponenten aus?

Welche Prozesse sind in der **FERTIGUNG** zu beherrschen?

Diese Fragen gilt es zu klären, bevor abgeschätzt werden kann, wie viel **PERSONAL** nötig ist, um die jeweiligen Antriebsstränge herzustellen.

TEIL 3 Produktionsprozesse und Personalbedarf auf Komponentenebene

Wenn nach einem anschaulichen Beispiel für den technischen Fortschritt gesucht wird, gehört die Automobilproduktion zur ersten Wahl. In kaum einem anderen Wirtschaftszweig lässt sich der tiefgreifende Wandel der Produktionsverfahren in Fertigung und Montage derart plastisch vor Augen führen wie in der Fabrikation von Fahrzeugen. Wo einst hunderte von Arbeitern an einem langen Fließband beschäftigt waren, sind heute kleine Fertigungsinseln eingerichtet und flexible Industrieroboter installiert, die unter optimalen Produktionsbedingungen ihre Arbeit verrichten.



Die ausgefeilten heutigen Abläufe kommen im Zuge der Elektromobilität erneut auf den Prüfstand. Die Untersuchung zeigt, dass sich die Situation durch die zukünftige Herstellung von Komponenten des elektrifizierten Antriebsstrangs in vielen Bereichen wandeln wird. Um die sehr hohen Anforderungen im Automobilbau in Bezug etwa auf Kosten, Qualität oder Sicherheit zu erfüllen, müssen bestehende Prozesse optimiert und zum Teil gänzlich neue Produktionstechnologien eingesetzt werden.

Exemplarisch für den sich abzeichnenden Strukturwandel steht die Hybridtechnik. Das System erfordert neben konventionellen Verbrennungsmotoren weitere Komponenten wie die Leistungselektronik, Batterien oder elektrische Maschinen. Diese Komponenten lassen sich aber nur durch den Einsatz zusätzlicher Fertigungsverfahren herstellen, die derzeit im Automobilbau nicht eingesetzt werden.

Ein noch tiefgreifenderer Umbruch ist zu erwarten, wenn sich der Verbrennungsmotor tatsächlich als Auslaufmodell erweisen sollte. Was dies bedeutet, zeigt ein einfacher Vergleich: Motor und Getriebe eines konventionellen Fahrzeugs bestehen aus rund 1.400 Teilen. Bei einem Elektromotor sind es samt Getriebe lediglich etwa 200. Gravierende Folgen hätte eine Verdrängung des Verbrennungsmotors vor allem für die herkömmliche Metallbearbeitung. Nach einer Studie, die der Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung erstellte, könnten vor allem klassischen Bearbeitungsverfahren, wie dem Zerspanen, eine deutlich geringere Bedeutung zukommen. Dieses Extremszenario ist aber vorerst nicht relevant. Im Gegenteil: Mit dem mittelfristig steigenden Absatz von Hybridfahrzeugen dürfte der Anteil dieser Verfahren (Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen) einer anderen Untersuchung zufolge sogar um rund ein Zehntel zulegen.

Neben traditionellen Verfahren wie dem Gießen geraten neue Techniken wie etwa das Laserschweißen ins Blickfeld. Ihr Einsatz in der Produktion von Antriebssträngen wird derzeit diskutiert. Zudem erfordern die sehr komplexen Montage- und Wickelprozesse innovative Lösungen für die Handhabungstechnik, sodass verstärkt an dem Einsatz etwa von flexiblen Industrierobotern gearbeitet wird. Veränderungen kündigen sich schließlich auch in Sachen Materialauswahl an. Der Anteil von Kunststoffen dürfte im Automobilbau weiter steigen.

Wie die Abbildung (Abb. 3) zeigt, lassen sich die Entwicklungen in der

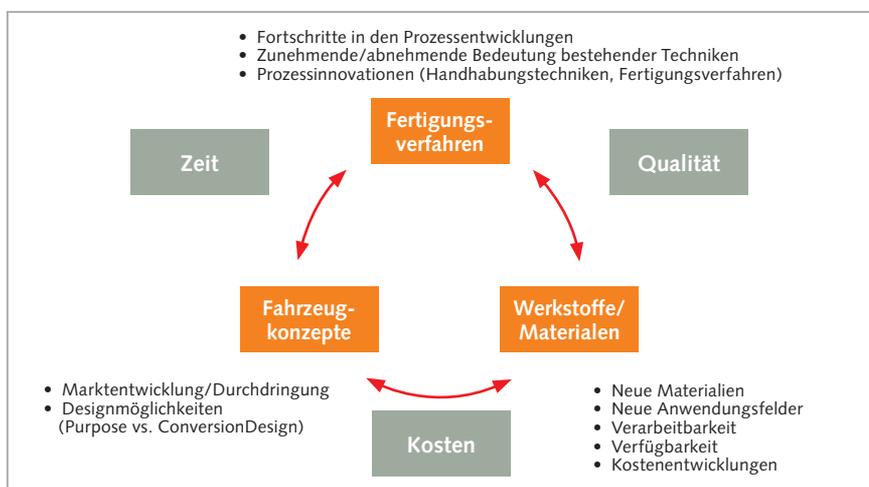
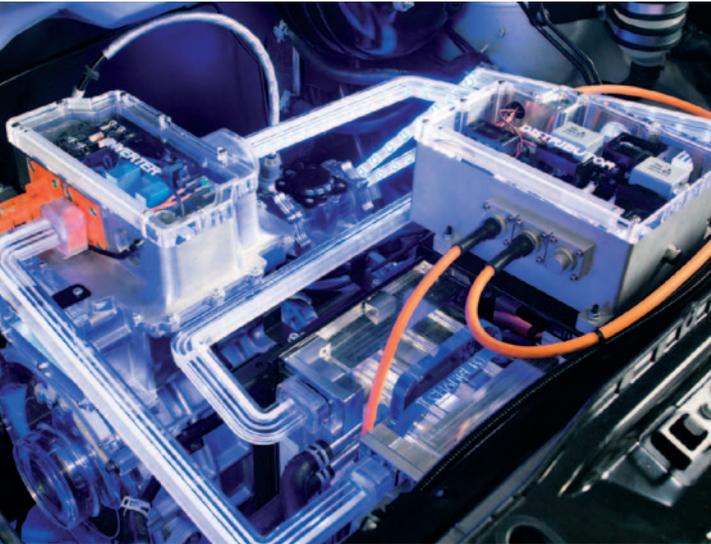


Abbildung 3: Wirkungszusammenhänge bei der Herstellung elektrifizierter Antriebsstrangkomponenten



Produktionstechnik für Komponenten und Systeme nicht separiert betrachten. Vielmehr besteht – im Spannungsfeld von Kosten, Qualität und Zeit – eine Wechselwirkung zwischen Fahrzeugkonzepten, Fertigungsverfahren und Werkstoffen. Um neuen Antriebssystemen zum Durchbruch zu verhelfen, gilt es nicht nur, die Produktionskosten zu senken. Eine große Herausforderung besteht auch darin, die Fertigung so zu gestalten, dass sie die im Zuge der Elektrifizierung steigenden Stückzahlen bewältigen kann (Skalierung). Zudem ist davon

auszugehen, dass künftige Strukturen mit einer größeren Zahl von Produktvarianten umgehen müssen. Dies bedingt wiederum neue Anlagenkonzepte und integrierte Prozessketten.

Was die einzelnen Komponenten betrifft, zeichnen sich unter anderem folgende Trends in der Fertigung ab, die zum Teil noch intensiverer Forschung bedürfen:

- Bei der **elektrischen Maschine** stehen vor allem Aspekte beim Wickeln der Drahtspulen (Erhöhung des Füllfaktors und Wirkungsgrads), die Steigerung des Automatisierungsgrads und Verbesserung von Handhabungsvorgängen in der Montage oder wesentliche Vorgänge in der Qualitätssicherung durch intelligente Prüf- und Testverfahren im Fokus zukünftiger Forschungsanstrengungen.
- Die **Batterie** als eine der Schlüsselkomponenten erfordert zahlreiche aufwändige Fertigungsprozesse. Für Großserien kritische Punkte sind beispielsweise die elektrische Kontaktierung in den Modulen oder deren Verschraubung mit dem Gehäuse. Hier wird derzeit der Einsatz neuer Schweißtechnik (Laser oder Ultraschall) und spezieller Roboter diskutiert.

- In der **Leistungselektronik** wird der Einsatz neuer Techniken für Verbindungen erforscht. Um die notwendige hohe Qualität der Bauteile zu erreichen, sind alle direkten negativen Einflüsse in der Fertigung zu eliminieren.
- **Brennstoffzellen** erfordern neue Produktionskonzepte, die helfen, sowohl die Material- als auch die Fertigungskosten zu senken. Das Gesamtsystem weist durch die Vielzahl der Komponenten eine hohe Komplexität auf und verlangt einen hohen Montageaufwand. Zentrale Bauteile sind der Brennstoffzellen-Stack (Stapel) mit seinen Subkomponenten und Bipolarplatten. Im Produktionsprozess ist chemische Kompetenz nötig.
- Der **Wasserstoffdrucktank** stellt erhebliche Herausforderungen an die Wahl des Konzepts, die Materialien sowie die Fertigungsprozesse. Gleichzeitig gilt es, das Kostenproblem zu lösen.
- Bei **Verbrennungsmotoren** stehen neben neuen Werkstoffen unter anderem die rückstandsfreie Fertigung sowie die Trockenbearbeitung auch für Aluminiumteile auf der Agenda.
- Auch in Bezug auf **Getriebe** wird intensiv an neuen Werkstoffen geforscht. Innovative Fertigungsverfahren könnten die Kosten erheblich sinken lassen.

Auf Basis dieser Untersuchungsergebnisse ging es im nächsten Schritt darum, den Personalbedarf für die Produktion der Komponenten abzuschätzen. Um qualitativ hochwertige Daten zu erhalten, wurden neben bereits veröffentlichten Analysen vor allem Interviews mit Experten aus Produktionsbetrieben sowie des Anlagenbaus als Informationsquelle genutzt.



Was die Produktion konventioneller Antriebsstränge betrifft, liegt eine Vielzahl von Erkenntnissen vor. Bei den Komponenten für die alternativen Konzepte ist das Angebot mangels Großserienfertigung naturgemäß kleiner. Hier wurden unter anderem Daten extrapoliert – aus kleinen Losgrößen auf hohe Stückzahlen hochgerechnet – oder aus ähnlichen Bauteilen abgeleitet („Recherche in Analogiefeldern“). Um sicherzustellen, dass die ermittelten Werte eine hohe Güte aufweisen, kam schließlich eine so genannte Delphi-Studie, also eine mehrstufige Befragung von Experten mit Rückkoppelung, zum Einsatz.

Bei der Ermittlung des Personalbedarfs ging es ausschließlich um die Produktion. Effekte der Elektrifizierung auf andere Unternehmensbereiche wie Forschung und Entwicklung, Planung oder Verwaltung wurden nicht berücksichtigt. Die Tätigkeiten in der Produktion wurden in drei Gruppen eingeteilt:

- (1) direkte Mitarbeiter, die direkt am Produkt in Fertigung und Montage arbeiten,
- (2) produktionsnahe indirekte Mitarbeiter, beispielsweise für Logistik, Instandhaltung oder Qualitätssicherung, sowie
- (3) indirekte Mitarbeiter wie Meister oder Betriebsingenieure.

Auch unterscheidet die Studie beim Personalbedarf zwischen Brutto- und Nettogrößen. Der Nettobedarf bestimmt das für die Produktion erforderliche theoretische Minimum an Personal. In der Bruttobetrachtung wird ein Mehrbedarf durch Urlaub, Krankheit und Ähnliches unterstellt und damit die praktisch notwendige Personalstärke betrachtet.



Personalbedarf einer idealtypischen Produktion

TEIL 4

*Ob und in welchem Ausmaß die Elektromobilität die **ZAHL DER ARBEITSPLÄTZE** in der Automobilindustrie beeinflusst, ist eine Frage, die nicht nur die direkt Betroffenen umtreibt. Wegen des wirtschaftlichen Gewichts der Branche hat sie auch erhebliche gesellschaftliche Bedeutung. Im Rahmen des ELAB-Projekts wurde sie enger gefasst: Wie stark ist der Einfluss der **ELEKTRIFIZIERUNG** auf den gesamten Personalbedarf in einer **IDEALTYPISCHEN ANTRIEBSSTRANGPRODUKTION**?*

TEIL 4 Personalbedarf einer idealtypischen Produktion

Wenn es um die „Arbeitskräftebilanz“ der Elektromobilität geht, sind sich die Experten alles andere als einig. Die bisherigen großräumigen Untersuchungen jedenfalls kommen zu höchst unterschiedlichen Ergebnissen. Schätzungen, denen zufolge der Technologiewandel per saldo zahlreiche neue Arbeitsplätze schafft, stehen Prognosen gegenüber, die herbe Stellenverluste befürchten.

Was bislang fehlte, ist eine feinkörnige, praxisbezogene Analyse der Beschäftigungswirkungen, die das Problem nicht von oben („Top-down“) betrachtet, sondern – „Bottom-up“ – von der Produktion des Antriebsstrangs ausgehend. Hier setzt die ELAB-Studie an. Wesentliche Bausteine wurden in den vorherigen Abschnitten bereits kurz dargestellt: Aus den Marktscenarien lassen sich die künftigen Anteile der jeweiligen Antriebsstränge ableiten. Der Personalbedarf für die einzelnen Komponenten wurde mithilfe vor allem von Interviews und Expertengesprächen ermittelt.

Abgefragt wurde der jeweils benötigte Personalbedarf für alle betrachteten Komponenten in Abhängigkeit von Ausbringungsmenge, Anzahl der Linien und des Automatisierungsgrads – ohne Fokussierung auf Sicht eines OEM – in der idealtypischen Produktion von Antriebssträngen.

Idealtypisch heißt in diesem Fall: Die Untersuchung geht stets von einer Produktion aus, bei der Effekte wie Verteilung und Verlagerung der Wertschöpfung auf verschiedene Unternehmen und Standorte nicht untersucht werden. Zudem konzentriert sich ELAB auf die Produktion von Antriebssträngen. Es erfolgt also keine detaillierte Analyse von zugekauften Komponenten. Angenommen wird eine jährliche Produktion von einer Million Antriebssträngen.

Diese Informationen werden nun in aufwändigen Rechenschritten zusammengeführt und ausgewertet. Als Resultat ergibt sich der gesamte Personalbedarf, der für eine idealtypische Produktion von Antriebssträngen erforderlich ist.

Das Ergebnis aus dem **Referenzszenario** zeigt folgende Abbildung (Abb. 4). Die Gesamtzahl der benötigten Beschäftigten in der idealtypischen Produktion von Antriebssträngen steigt von zuletzt 6.000 bis 2030 auf 7.200 Personen. Im Zeitverlauf sind drei Phasen erkennbar.

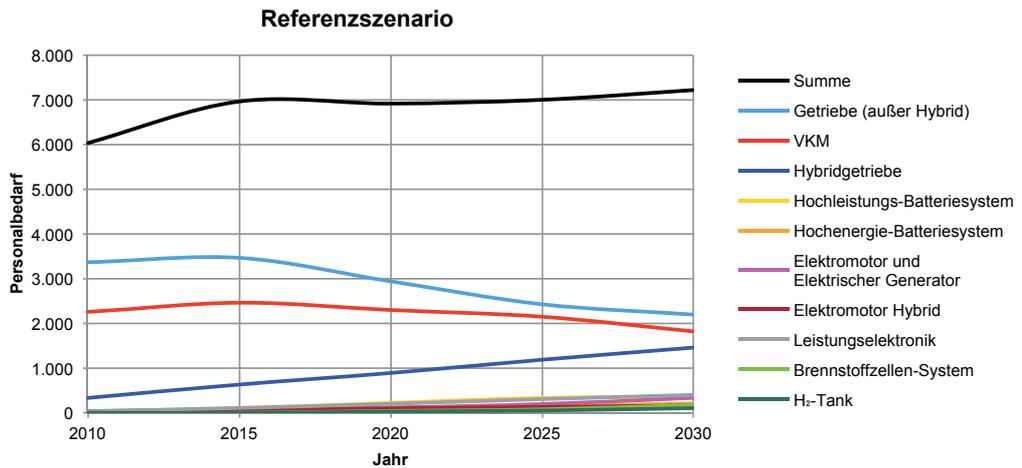


Abbildung 4: Personalbedarf im Referenzszenario

- Im ersten Abschnitt bis 2015 nimmt der Gesamtbedarf deutlich zu. Auch in der Produktion der konventionellen Komponenten Verbrennungskraftmaschine (VKM) und Getriebe (außer Hybrid) steigen die Zahlen leicht. Der Grund: Zusätzlich zur weiterhin hohen Produktion für ICE, Mild und HEV müssen nun auch Verbrennungsmotoren für REX sowie Getriebe (außer Hybrid) für REX und BEV gefertigt werden. Wegen der zunächst kleinen Stückzahlen ergibt sich aber noch kein Massendegressionsvorteil („Economies of Scale“), weil bereits ein Grundbedarf an Personal besteht. Trotz des sehr kleinen Marktanteils der Konzepte BEV und REX von zusammen drei Prozent in 2015 steigt die Beschäftigung in der Produktion konventioneller Bauteile.
- Von 2015 bis 2020 wächst der Personalbedarf für die neuen Komponenten weiter, nimmt aber bei den konventionellen Antriebssträngen ab. Der Gesamtbedarf schrumpft leicht.
- In der dritten Phase von 2020 bis 2030 ist wieder ein leichter Anstieg des Gesamtbedarfs zu erkennen. Der Rückgang bei Automatikgetrieben wird durch das Plus bei Hybridgetrieben ausgeglichen. Der Bedarf für die anderen neuen Komponenten legt etwas stärker zu.

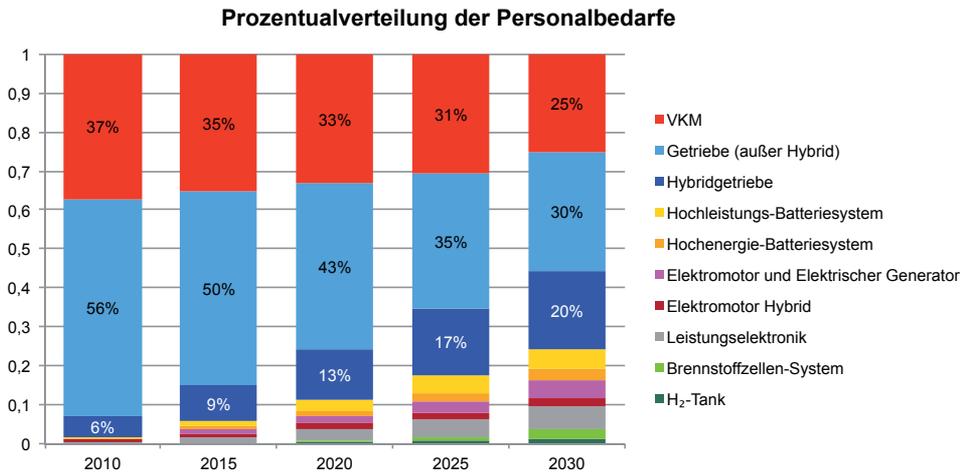


Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der Personalbedarfe

Wie sich der gesamte Personalbedarf in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion auf die einzelnen Komponenten verteilt, stellt Abbildung 5 dar. Es fällt auf, dass der Anteil am Gesamtpersonalbedarf für die Produktion von VKM und herkömmlichen Getrieben, die für das ICE-Konzept benötigt werden, bis 2030 von 93 auf 55 Prozent fällt. Der Zuwachs bei den Hybridgetrieben kann den Rückgang bei herkömmlichen Getrieben nicht ausgleichen.

Ein starker Anstieg ist bei den neuen Komponenten zu beobachten. Der Personalbedarf wächst in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion von einem zu vernachlässigenden Anteil auf rund 25 Prozent. Zwar wird in dem Szenario angenommen, dass das ICE-Konzept im Jahr 2030 nur noch 40 Prozent der Gesamtproduktion ausmacht. Da die entsprechenden Komponenten VKM und Getriebe aber auch in andere Systeme einfließen, liegt ihr Beschäftigungsanteil wesentlich höher. Umgekehrt bleibt der Personalbedarf für jene Komponenten, die für die neuen Antriebsstränge benötigt werden, prozentual mit 45 Prozent hinter dem angenommenen Marktanteil dieser alternativen Konzepte – 60 Prozent – zurück. Der Unterschied beruht vor allem darauf, dass die Herstellung von Batteriesystemen, Elektromotoren und Leistungselektronik weniger arbeitsintensiv ist als die konventioneller Bauteile. Bei Brennstoffzellen und Wasserstofftanks steigt der Personalbedarf hingegen mit den Marktanteilen.

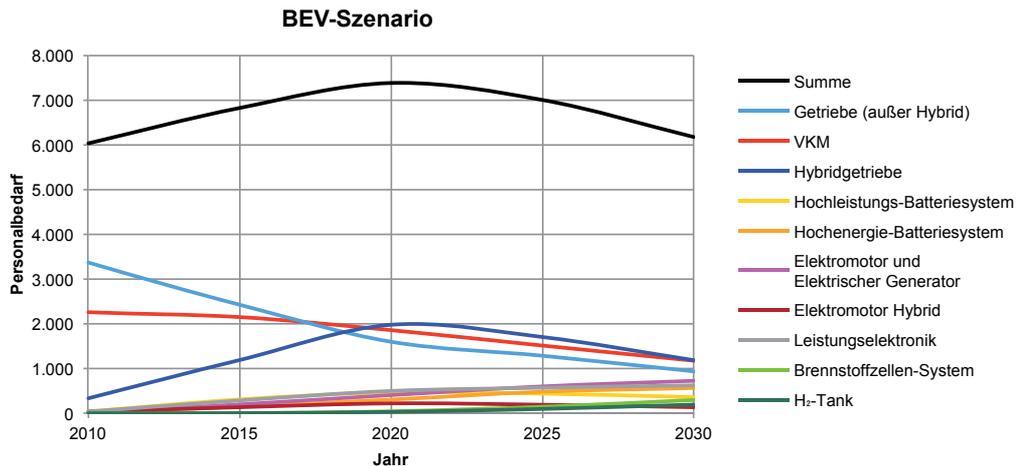


Abbildung 6: Personalbedarf im BEV-Szenario

Im **BEV-Szenario** (Abb. 6) wird ein drastischer Rückgang des ICE-Konzepts erwartet. Der Gesamtpersonalbedarf in der idealtypischen Produktion von Antriebssträngen schwankt zwischen 6.000 und 7.400. Zwei Phasen sind erkennbar:

Battery Electric Vehicle

- Bis 2020 steigt der Gesamtpersonalbedarf an. Die Gründe: Der Zuwachs bei Hybridgetrieben und neuen Komponenten gleicht den Rückgang bei den konventionellen Getrieben mehr als aus. Gleichzeitig sinkt der Anteil des Verbrennungsmotors nur leicht.
- Nach 2020 knickt die Kurve ab, da nun auch Hybridgetriebe an Bedeutung verlieren: Der Marktanteil der Hybridkonzepte Mild und HEV sinkt, der der Fahrzeuge mit Batterieantrieb steigt. Außerdem schrumpft die Produktion von Verbrennungsmotoren stärker als zuvor.

Im **FCV-Szenario** bewegt sich die Belegschaftsstärke in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion zwischen 6.000 und 7.800. Die Grafik (Abb. 7) lässt drei Phasen erkennen.

Fuel Cell Vehicle

- Bis 2015 nimmt der gesamte Personalbedarf zu. Der Rückgang in der Produktion herkömmlicher Getriebe wird durch die Steigerung bei den Hybridgetrieben mehr als wettgemacht. Für mehr Beschäftigung sorgt

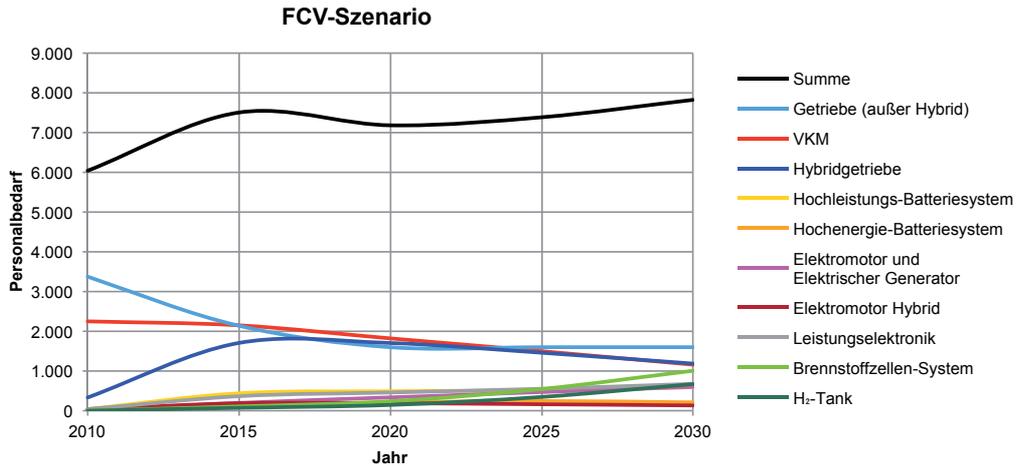


Abbildung 7: Personalbedarf im FCV-Szenario

zudem das Plus bei den Komponenten Leistungselektronik und Hochleistungs-batterien.

- Von 2015 bis 2020 nimmt der Gesamtpersonalbedarf ab, da die Komponente Hybridgetriebe nun an Gewicht verliert.
- Nach 2020 legt der Personalbedarf für die arbeitsintensive Produktion von Brennstoffzellen und Wasserstofftanks beschleunigt zu, was die sonstigen Rückgänge überwiegt.

Internal
Combustion
Engine

Das **ICE-Szenario** (Abb. 8) zeigt einen stetigen Anstieg des gesamten Personalbedarfs in der idealtypischen Antriebsstrangfertigung, da hier die Konzepte BEV, REX und FCV kaum eine Rolle spielen und Hybridfahrzeuge zu Lasten des ICE-Konzepts leicht zulegen. Dennoch sind zwei Phasen erkennbar:

- Bis 2015 ändert sich der Personalbedarf kaum.
- Nach 2015 kommen Hybridkonzepte stärker auf, was zu einem höheren Bedarf der Komponente Hybridgetriebe führt. Dieser gleicht den Rückgang bei anderen Getrieben aus. Gleichzeitig steigt der Bedarf für die neuen Komponenten leicht.

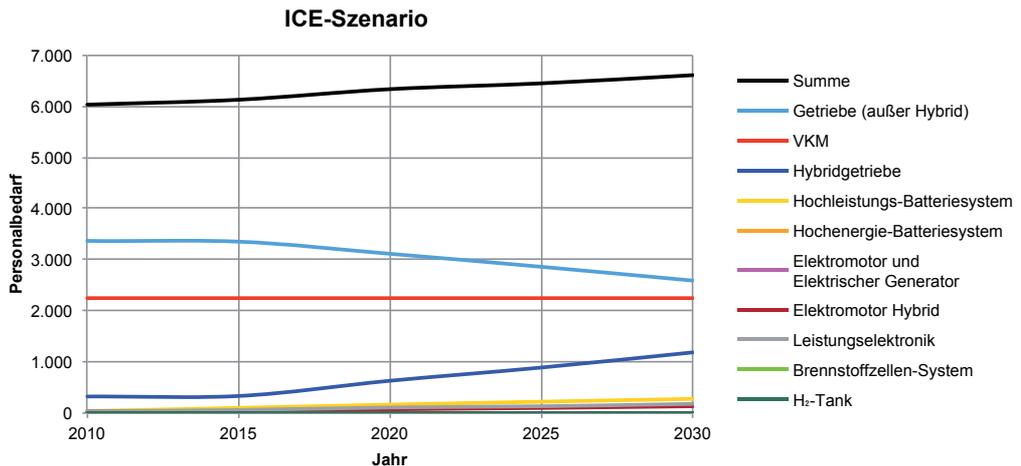


Abbildung 8: Personalbedarf im ICE-Szenario

Insgesamt bewegt sich der Bedarf an Beschäftigten in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion zwischen 6.000 und 6.600.

Um die Szenarien vergleichen zu können, werden die jeweiligen Bedarfswerte in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion in einer weiteren Betrachtung gegenübergestellt (Abb. 9). Drei Phasen lassen sich unterscheiden:

Gesamt-
vergleich

- Bis zirka 2018 hat das FCV-Szenario gewissermaßen die Nase vorne. Der Grund: Es sieht mehrere Antriebskonzepte wie Mild, HEV und REX vor, die parallel alte und neue Komponenten erfordern.
- Ab 2018 steigt das BEV-Szenario zum personalstärksten auf. Während in der FCV-Variante von 2020 an die arbeitsintensiven ICE-Antriebsstränge stark reduziert werden und das ebenfalls arbeitsintensive FCV-Konzept mit sieben Prozent noch keinen signifikanten Anteil an der Produktion hat, legen nun die Systeme Mild, HEV und REX kräftig zu. Bei ihnen werden aber sowohl alte als auch neue Komponenten benötigt.
- Nach zirka 2022 sinkt der Gesamtpersonalbedarf des BEV-Szenarios stark, während FCV wieder anzieht. Der Hauptgrund ist die hohe Komplexität der Brennstoffzelle, die im FCV-Szenario bis 2050 erhebliche Marktanteile gewinnt.

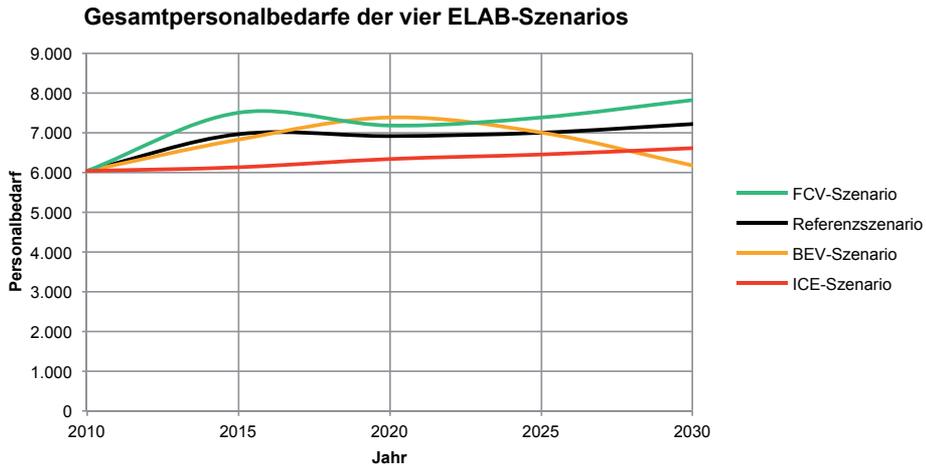


Abbildung 9: Vergleich der Gesamtpersonalbedarfe

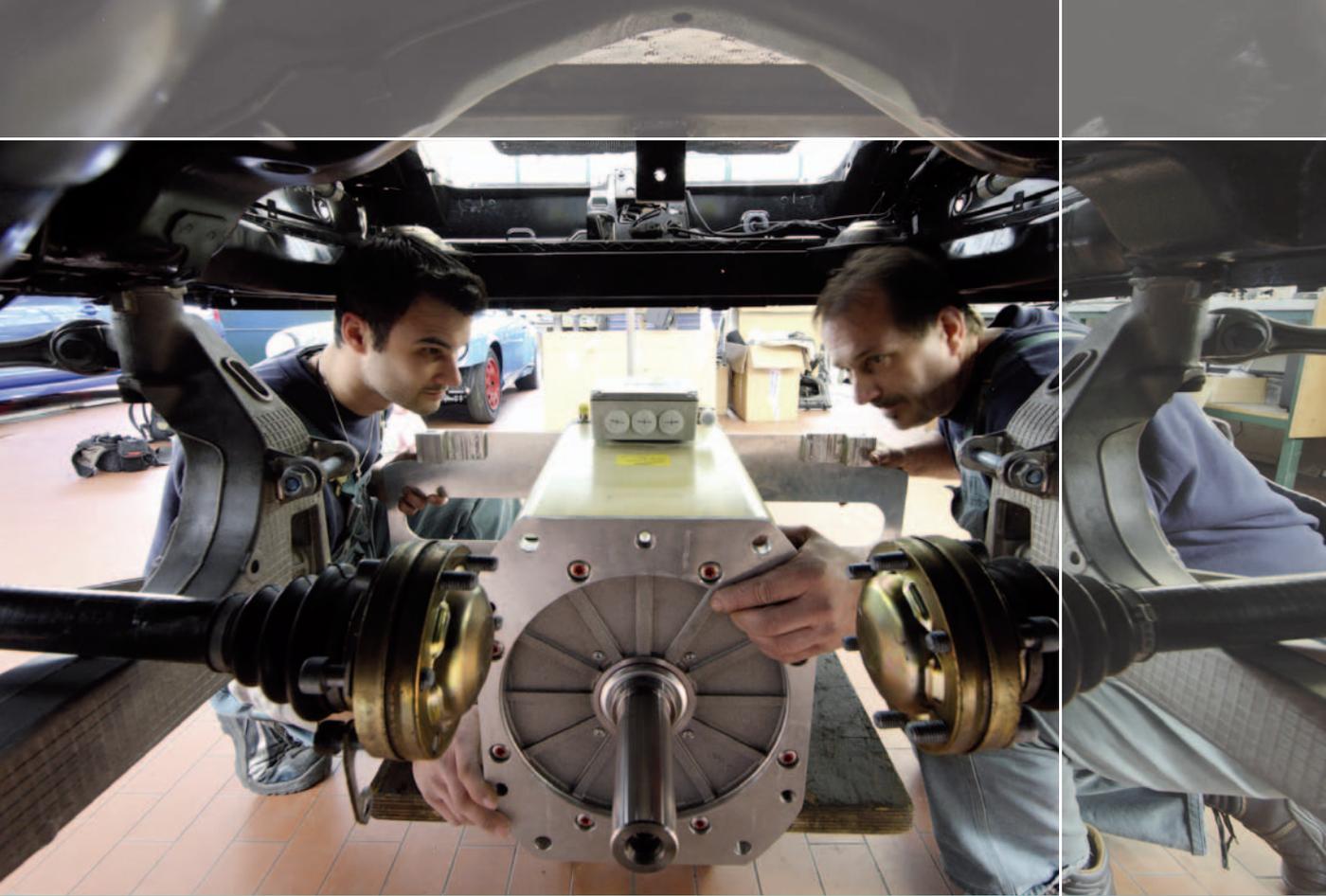
Es zeigt sich, dass für den Gesamtpersonalbedarf in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion stets ausschlaggebend ist, wie groß die Anteile der Antriebsstrangkonzeppte mit alten und neuen Komponenten (Mild, HEV, REX) sind. Erst am Ende des Analysezeitraums ändert sich dieses Bild, da hier im FCV-Szenario das hoch arbeitsintensive Brennstoffzellenfahrzeug einen Marktanteil von 40 Prozent erreicht.

Betrachtet man den Gesamtpersonalbedarf für die idealtypische Antriebsstrangproduktion im Jahr 2030, ergibt sich folgende Rangliste.

Rangfolge nach Gesamtpersonalbedarf 2030

1.	FCV-Szenario	7.816
2.	Referenzszenario	7.213
3.	ICE-Szenario	6.607
4.	BEV-Szenario	6.173

Das FCV-Szenario benötigt die meisten Beschäftigten für die Produktion von einer Million Antriebssträngen. Es folgt das Referenzszenario mit rund 600 Mitarbeitern weniger. Wird die gesamte Zeitspanne bis 2030 in Augenschein genommen, überrascht der stets vergleichsweise geringe Personalbedarf des ICE-Szenarios.



Kompetenzanforderungen und Qualifikation

TEIL 5

Wie wirkt sich der technologische Wandel auf die Kompetenzanforderungen aus?

*Welche Qualifikation benötigen die **BESCHÄFTIGTEN IN DER PRODUKTION** von neuen Antriebssträngen?*

*Antworten auf die Frage nach den qualitativen Beschäftigungseffekten der **ELEKTROMOBILITÄT** zu finden, ist das zweite zentrale Anliegen des ELAB-Projekts.*

TEIL 5 Kompetenzanforderungen und Qualifikation

Die Elektromobilität, das zeigen die vorherigen Kapitel, wird die bekannten Produktionsprozesse in der Automobilindustrie dramatisch verändern. Mit modifizierten oder gar gänzlich neuen Verfahren ist aber immer auch ein Wandel der Arbeitsinhalte und damit der Fähigkeiten verbunden, die die Beschäftigten an den Tag legen müssen. Dies betrifft im Fall der Elektrifizierung des Antriebsstrangs die gesamte Prozesskette von Forschung und Entwicklung (FuE) bis hin zum Recycling (siehe Abb. 10). Im Fokus der ELAB-Analyse liegen die neuen Kompetenzanforderungen für die Fertigung und Montage von Komponenten der alternativen Antriebsstränge.

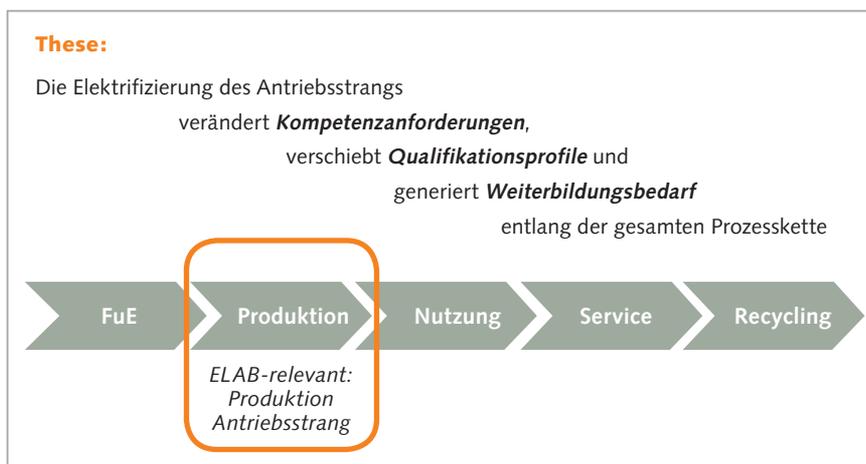


Abbildung 10: Prozesskette „Elektrifizierung des Antriebsstrangs“

Um Kompetenzanforderungen und Qualifizierungsbedarfe zu ermitteln, wurde ein Methodenmix aus drei Bausteinen gewählt: Die ELAB-Analyse der Produktionsprozesse, Gespräche mit insgesamt 35 Experten aus Unternehmen, Forschungsinstituten und anderen Einrichtungen, die sich mit dem Thema befassen, sowie drittens eine Literaturlauswertung.

Eine der wesentlichen Entwicklungen ist bereits seit Längerem zu beobachten: Im Automobil werden immer mehr elektrische und elektronische Teile (E/E) verbaut. Dieser unter anderem durch Infotainmentsysteme beförderte Trend erhält im Zuge der Elektromobilität einen weiteren enormen Schub. Damit verschieben sich auch die Wertschöpfungsanteile deutlich von

Metall/Mechanik (M/M) hin zu E/E. Bosch zufolge steigt der wertmäßige E/E-Anteil von 40 Prozent bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf 75 Prozent beim Elektroauto. Bereits diese massiven Verschiebungen der Wertschöpfung zeigen, dass hinter der Elektrifizierung des Antriebsstrangs nicht nur eine Motorvariante steckt, sondern ein grundlegender Systemwechsel in der Automobilindustrie. Daraus leitet sich die Notwendigkeit ab, langfristige Bildungsstrategien für die Beschäftigten in Fertigung und Montage in Richtung E/E-Kompetenzen zu entwickeln.

Schon die deutlich geringere Anzahl der Bauteile im elektrischen Antriebsstrang ist ein Indiz für starke Veränderungen. In dem Maße, in dem der Verbrennungsmotor Marktanteile einbüßt, verliert auch die spanende Metallbearbeitung (Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen) an Bedeutung (siehe Abb. 11). Diese formgebenden Fertigungsverfahren werden sukzessive von Montageprozessen, die bei der Produktion von Elektromotoren, Batterien oder Brennstoffzellen eine größere Rolle spielen, abgelöst. Entsprechend verändern sich die Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten in der Komponentenfertigung.

Mit der Verlagerung des Schwerpunkts hin zu Montageprozessen ist aber nicht unbedingt – wie auf den ersten Blick vermutet werden könnte – eine Dequalifizierung verbunden. Vielmehr wird die Montage in vielen Bereichen

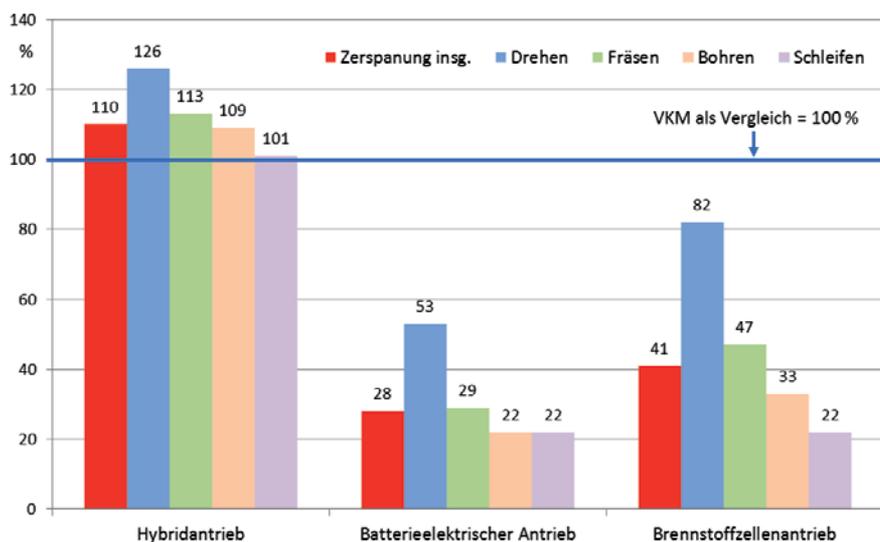
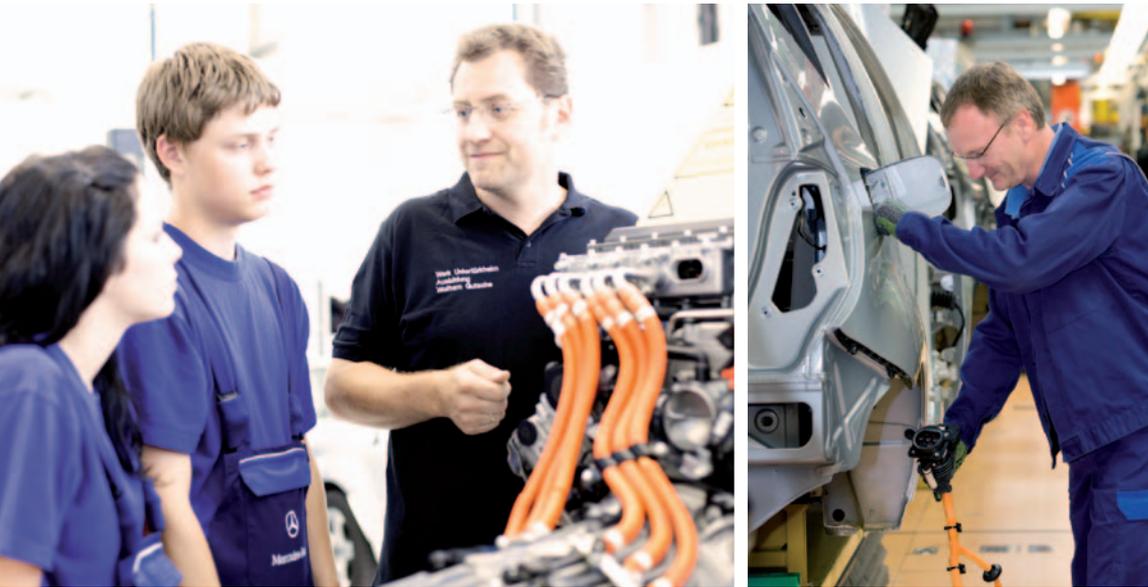


Abbildung 11: Auswirkungen des Wandels zum Elektroantrieb auf die Zerspanungszeiten der Antriebsstrangkomponenten (Quelle: IMU Institut, nach Abele et al. 2009)*

* Abele, E., Hohenstein, J., Pfeiffer, P., Wihl, E. (2009). Wandel im PKW-Antriebsstrang: Auswirkungen auf Produktionskonzepte. *Maschinenbau und Metallbearbeitung*, S. 12-16.



komplexer und anspruchsvoller und kann deshalb nicht per se als „nur“ einfache Arbeit bezeichnet werden. Dies allein schon deshalb, weil die steigende Vielfalt an Fahrzeugvarianten, schnellere Produktwechsel und der schwankende Absatz eine hohe Flexibilität auch von den Montearbeitern verlangen. Viele Arbeitskräfte in der Montage sind zwar formal niedrig qualifiziert, konnten sich aber im Umgang mit komplexen Produkten und in automatisierten Arbeitsumgebungen im Lauf des Berufslebens eine hohe Kompetenz, ein großes Erfahrungswissen aneignen. Dies wird immer stärker anerkannt.

Als zentrales neues Qualifikationserfordernis für Beschäftigte in Produktion und Montage wird der Umgang mit Hochvoltssystemen gesehen. In diese Kategorie fällt Wechselspannung ab 25 Volt und Gleichspannung von mehr als 60 Volt. Während Beschäftigte in der Produktion von Autos mit Verbrennungsmotor mit niedrigen elektrischen Spannungen zu tun haben, werden sie bei elektrifizierten Antriebskonzepten mit bis zu 1.000 Volt konfrontiert. Sie müssen entsprechend in der Lage sein, elektrotechnische Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefahren zu erkennen und sich zu schützen. Für die Beschäftigten in der Produktion reicht jedoch meist eine „Hochvoltsensibilisierung“ als Qualifikationsschritt aus. Diejenigen, die Hochvoltssysteme in Betrieb nehmen, prüfen oder nacharbeiten, müssen dagegen zusätzlich zur entsprechenden Elektrofachkraft qualifiziert werden.

Aber auch in der Produktion konventioneller Antriebsstränge verändert sich das Kompetenzprofil. Die Fertigungsverfahren für optimierte Verbrennungsmotoren und Getriebe erfordern hohe Genauigkeit, Sorgfalt sowie den Umgang mit Reinraumtechnologien. Gleichzeitig werden neue Werkstoffe und Leichtbauweisen für das gesamte Fahrzeug immer wichtiger, woraus sich ebenfalls neue Kompetenzanforderungen für Facharbeiter und Entwickler ableiten.

Die Berufsausbildung im deutschen dualen System ist prinzipiell auf den Wandel vorbereitet. Die gewerblich-technischen Berufsbilder sind offen für die Integration innovativer, die Elektromobilität betreffende Inhalte und werden somit den neuen Qualifikationsanforderungen gerecht. Zusätzliche Module, wie zum Beispiel der Umgang mit Hochvolt-systemen, können in die bestehenden Berufsbilder integriert werden.

Um die Bildungsinfrastruktur auf den Technologiewandel auszurichten, ist es wichtig – so auch ein Ergebnis der Nationalen Plattform Elektromobilität – alle Akteure der beruflichen und akademischen Bildung in ein Netzwerk einzubinden. Auf diese Weise lassen sich abgestimmte Konzepte für zukünftige Aus- und Weiterbildungsschritte sowie eine koordinierte, transparente Umsetzung erreichen.

Mit der Verschiebung der Wertschöpfungsanteile von M/M zu E/E geht ein struktureller Wandel im Mix der Ausbildungsberufe einher. Mechatronikerinnen oder der Elektroniker für Automatisierungstechnik ersetzen zunehmend die klassischen Metaller. Dieser Trend wird sich durch die Elektrifizierung fortsetzen.

Neue Kompetenzanforderungen führen zu Qualifikationsbedarfen, die einerseits durch Ausbildung von Fachkräften abgedeckt werden, andererseits durch Fort- und Weiterbildung. Hier ist die große Frage, wie Unternehmen die vorhandenen Beschäftigten auf den Technologiewandel einstellen. Methodisch sollte hier verstärkt das Konzept der am Arbeitsprozess orientierten

Dr. Jürgen Dispan (IMU Institut):

» Mit der Produktion von Hybrid- und Elektroautos ändern sich auch Qualifikationsanforderungen, die entsprechende Bildungsstrategien für die Beschäftigten in Produktion und Montage erfordern. Einen wichtigen Part nimmt dabei die Qualifizierung ›Umgang mit Hochvolt-systemen‹ ein. Erweiterte Kompetenzanforderungen für Produktionsbeschäftigte resultieren zusätzlich aus der Optimierung des Verbrennungsmotors. Nur mit qualifizierten Fachkräften kann die Industrialisierung der neuen Komponenten des elektrifizierten Antriebsstrangs in Deutschland gelingen – und damit Beschäftigung und Wertschöpfung gesichert werden. «



Weiterbildung zum Zuge kommen, bei dem Arbeiten und Lernen eng miteinander verknüpft sind. Wichtig ist zudem, Standards für Qualifizierungsinhalte und -abschlüsse festzulegen – insbesondere im stark wachsenden Angebot der Weiterbildung rund um den Umgang mit Hochvoltssystemen.

Die größten Auswirkungen auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz sind durch den Umgang mit Traktionsbatterien zu erwarten. Mit Risiken durch elektrische Spannungen in Hochvoltssystemen und durch zusätzliche Gefahrstoffe wie etwa Lithium ist insbesondere in Produktion und Werkstätten zu rechnen.

Für die einzelnen Komponenten ergeben sich jeweils spezifische Qualifikationserfordernisse.

- Traktionsbatterien: Die Kompetenzen betreffen im Wesentlichen die Verbindungs- und Füge­technik, Qualitätssicherung, Prüfung und Tests. Bei künftig höheren Stückzahlen ist eine sehr hohe Automatisierung zu erwarten.
- Elektromotoren werden künftig ähnlich hochautomatisiert gefertigt. Deshalb sind Fähigkeiten wie Einrichten, Bedienen, Überwachen und Warten ebenso wie Testen, Prüfen und Qualitätssicherung gefragt.
- Leistungselektronik erfordert in der Produktion zum einen Facharbeiter mit Ausbildung Elektronik oder Mechatronik, die hochautomatisierte Anlagen überwachen und instandhalten, zum anderen angelernte Beschäftigte für die Bestückung.
- Brennstoffzellensysteme verlangen in der Produktion technische Kompetenzen rund um die Dünnschichtbearbeitung und elektrochemische Beschichtung sowie Kompetenzen in Sachen Sorgfalt, Reinheit, Qualitätssicherung. Für die Fertigung von Wasserstofftanks sind spezifische Kenntnisse insbesondere im Leichtbau und Hochdruck erforderlich.

Der dargestellte Wandel als ein Teil der „neuen Arbeitswelt“ kann als gesichert gelten, sofern sich elektrifizierte Antriebsstränge auf dem Automobilmarkt durchsetzen. Welche weiteren qualitativen Wirkungen auf die Arbeitswelt mit Elektromobilität einhergehen, ist dagegen weitgehend offen. Die nächsten Jahre werden zum einen zeigen, ob ein Trend zu höherer Flexibilisierung von

Unternehmen und Beschäftigten einsetzt. Laut „Flexibilisierungsthese“ ist Elektromobilität ein Treiber für die weitere Flexibilisierung von Arbeit, weil die komplexe Entwicklung und Produktion von Elektroautos mit Unsicherheiten für Hersteller und Zulieferer verbunden ist. Eine Erhöhung der externen Flexibilität steht aber im Spannungsfeld mit der Notwendigkeit, qualifizierte Arbeitskräfte aus den „neuen Kompetenzfeldern“ an das Unternehmen zu binden.

Zum anderen wird sich auch in den nächsten Jahren erst zeigen, ob es in der Komponentenproduktion in Folge zunehmender Bedeutung von Montageprozessen zu Strukturverschiebungen von Facharbeitertätigkeiten hin zu Angelerntentätigkeiten bzw. industrieller Einfacharbeit kommt. Eine solche – möglicherweise plausible – „Dequalifizierungsthese“ könnte durch eine sehr



hohe Automatisierung der Komponentenproduktion konterkariert werden – dann werden zwar insgesamt weniger Arbeitskräfte benötigt, die dafür aber umso besser qualifiziert sind. Steigende Qualifikationsanforderungen könnten auch in der weiteren Prozesskette eine Rolle spielen: Zumindest in der langen Übergangsphase mit verschiedenen Antriebskonzepten wird sich die Komplexität im Pkw-Montagewerk erhöhen. Wenn konventionelle Antriebsstränge im

Mix mit elektrifizierten und rein elektrischen Antriebssträngen verbaut werden, kommt es zu „komplizierteren Hochzeiten im Aufbauwerk“, weil die „Umstellung auf einen solchen Mischverbau bei der Pkw-Montage für viele Mitarbeiter schwierig ist“, so ein Experte. Kompetenzanforderungen in der Linie steigen also, was auch hier einer Dequalifizierungsthese widersprechen würde.



Wertschöpfungskette und strategische Allianzen

TEIL 6

Der sich anbahnende **TECHNOLOGISCHE WANDEL**, das lässt sich bereits heute absehen, stellt die Automobilindustrie vor enorme Herausforderungen. Um sie zu bewältigen, setzt die Branche unter anderem auf strategische Allianzen, also eine engere **ZUSAMMENARBEIT** in der elektromobilen Wertschöpfungskette.

Veränderungen stehen aber nicht nur **HERSTELLERN UND ZULIEFERERN** ins Haus. Das gesamte Umfeld ist betroffen und beeinflusst wiederum seinerseits die Entwicklung.

TEIL 6 Wertschöpfungskette und strategische Allianzen

Die Fertigung neuer Antriebsstränge erfordert Kompetenzen in der technischen Entwicklung, der Verarbeitung von Materialien oder der Prozesstechnologie, über die Autoproduzenten in den wenigsten Fällen verfügen. Gleichwohl und unter erheblicher Marktunsicherheit sind die Markenhersteller (OEM) gefordert, ihr Produktportfolio zu planen und umzusetzen. Um Wissen zu bündeln und sich gegen finanzielle Risiken abzusichern, suchen sie Kooperationspartner. Dabei werden strategische Allianzen nicht nur branchenintern geknüpft, sondern auch mit Unternehmen aus anderen Wirtschaftszweigen wie Chemie oder Elektronik. Derartige Allianzen sind zwar keine neue Erscheinung. Im Zuge der Elektromobilität erhalten sie aber zusätzlichen Schub.

Der Wandel in der automobilen Wertschöpfungskette wird über kurz oder lang die Strukturen zwischen den Unternehmen grundlegend ändern (Abb. 12): Aus der klassischen Pyramide, bestehend aus Zulieferern unterschiedlicher Stufen (zu engl. Tier) und dem Automobilhersteller, entwickelt sich ein Geflecht miteinander verwobener Netzwerkbeziehungen.

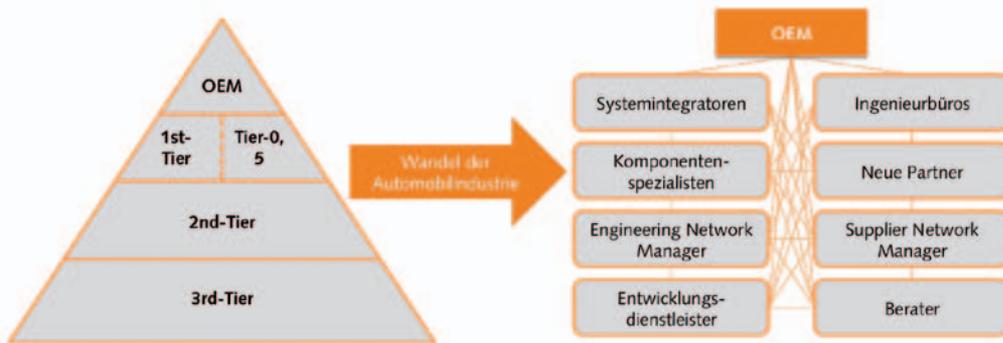
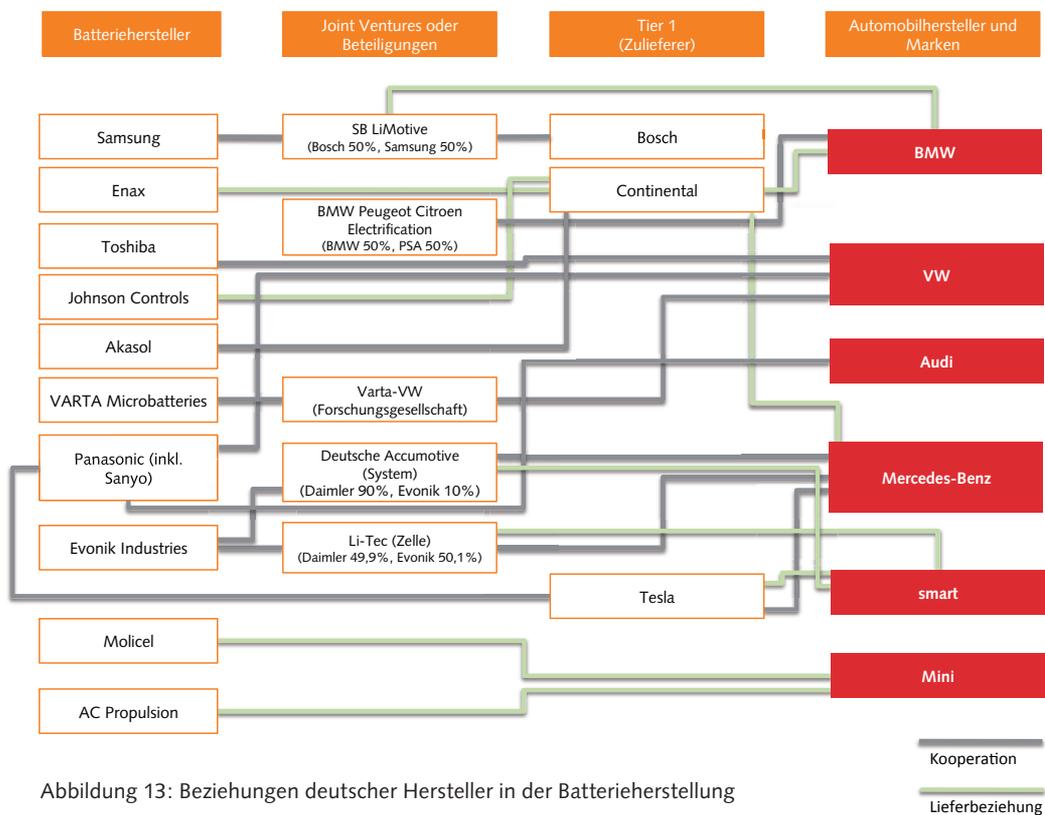


Abbildung 12: Wandel in der Automobil- und Zuliefererindustrie (nach Schneider 2011)*

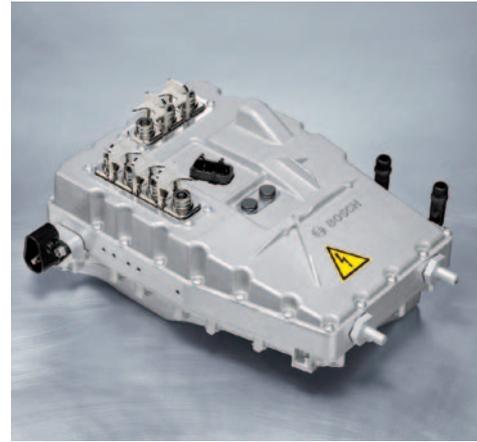
Dieser Prozess ist bereits in vollem Gang. Das zeigt etwa das Beispiel Batteriesystem. Der Energiespeicher ist die Kernkomponente bei der Elektrifizierung des Antriebsstrangs und bietet technisch noch große Potenziale, die es auszuschöpfen gilt. Gerade wegen des großen Entwicklungsbedarfs lässt sich in der Batterietechnik eine hohe Dynamik bei strategischen Allianzen be-

* Schneider, K. (2011). *Modernes Sourcing in der Automobilindustrie*. Wiesbaden: Gabler.

obachten. So wie Autokonzerne in Japan kümmern sich auch hiesige Produzenten um entsprechende Kooperationen für die Entwicklung und Produktion von Batteriesystemen (Abb. 13). Ähnliche Verbünde bestehen bei Komponenten wie Elektromotor, Leistungselektronik oder Brennstoffzellen. Besonderes Interesse richtet sich auf eine Allianz zwischen Daimler und Bosch. Beide Unternehmen wollen gemeinsam einen Elektromotor entwickeln und produzieren.



Vor allem an den Batteriesystemen wird deutlich, dass europäische, amerikanische und asiatische OEM jeweils andere Strategien verfolgen. Japanische Firmen bleiben ebenso unter sich wie koreanische. Die großen US-Produzenten wiederum haben bislang auf Kooperationen verzichtet und setzen auf traditionelle Lieferbeziehungen. Demgegenüber verfolgen deutsche Hersteller eine mehrgleisige Politik mit vielfältigen Allianzen. Sie erhoffen sich durch die parallele Zusammenarbeit einen verstärkten Wettbewerb zwischen Zu-



lieferern und wollen vermeiden, in eine Abhängigkeit zu geraten. Möglicherweise stecken die hiesigen OEM aber noch in der Findungsphase und steuern nach japanischem Vorbild langfristige Kooperationen an.

Auch die Wirkungen des Technologiewandels Elektromobilität auf die Wertschöpfungskette und insbesondere auf Zuliefererstrukturen beleuchtet die ELAB-Studie. Die Chancen und Herausforderungen, denen sich insbesondere kleine und mittlere Zulieferer gegenübersehen, werden dabei am Beispiel Baden-Württemberg betrachtet, einem der weltweit bedeutendsten Automobilstandorte. In dem Bundesland hat sich eine breit gefächerte Zulieferindustrie mit rund 190.000 Beschäftigten gebildet, die jedoch stark auf den Verbrennungsmotor ausgerichtet ist. Langfristig sehen sich die ent-

sprechenden Firmen so genannten Substitutionsrisiken gegenüber: Zahlreiche von ihnen produzierte Bauteile werden nicht mehr benötigt.

Die großen Systemlieferanten gelten zwar als gut gerüstet für den Wandel. Die meisten dieser weltweit tätigen Unternehmen bereiten sich strategisch darauf vor, künftig wegfallende Zulieferteile für konventionelle Antriebe durch neu entwickelte Komponenten zu ersetzen. Sie investieren in die Entwicklung alternativer



Antriebskomponenten und erweitern häufig ihr Portfolio um Produkte für neue Kunden aus anderen Branchen wie der Automobilindustrie. Kleinere und mittlere Firmen, also das Gros der Branche, sind jedoch weniger gut aufgestellt. Neben Innovations- und Technologiedefiziten ist bei diesen oft ein mangelndes Bewusstsein für die Problematik und die Folgen für das eigene Unternehmen festzustellen.

Andererseits werden auch kleineren und mittleren Unternehmen gute Chancen eingeräumt. Die mittelständischen Zulieferer ab der Tier-2-Ebene, also die klassischen Lieferanten von Komponenten und Teilen, zeichneten sich durch hervorragende Prozesskompetenzen aus und seien nicht so sehr auf Produkte fokussiert, womit sie zumindest theoretisch über eine nicht zu unterschätzende Diversifikationsfähigkeit verfügten, zitiert die ELAB-Studie einen Experten. Diese Fähigkeit lässt sich nicht nur für neue Arbeitsfelder in der Automobilindustrie nutzen. Manche Zulieferer suchen auch außerhalb der eigenen Branche nach zusätzlichen Absatzmärkten.

Prof. Dieter Spath (Fraunhofer IAO):

» Arbeitsplätze hinsichtlich der Elektrifizierung des Antriebsstrangs entstehen nicht nur in der Forschung und Entwicklung, sondern auch in der Produktion. Antriebsstrangproduzenten, die neben den konventionellen auch die nicht-konventionellen Antriebsstrangkomponenten wettbewerbsfähig produzieren können, werden in jedem der untersuchten Markt-szenarien mit mindestens gleichbleibender Beschäftigung rechnen können. «

Zusammenfassung

- Es gibt für die Elektromobilität keinen Königsweg. Auf mittlere Sicht werden verschiedene Antriebskonzepte parallel am Markt existieren.
- Der Technologiewandel ist in vollem Gang, alle Konzepte, die konventionellen eingeschlossen, werden weiter entwickelt.
- Auch die Marktszenarien deuten darauf hin, dass im Jahr 2030 mit einem Mix verschiedener Antriebskonzepte zu rechnen ist.
- Um Komponenten für den elektrifizierten Antriebsstrang produzieren zu können, müssen die Hersteller bislang im Automobilbau nicht eingesetzte und auch gänzlich neue Fertigungsverfahren integrieren.
- Durch den Wandel zur Elektromobilität ist in den nächsten zwei Jahrzehnten unter den modellhaften Bedingungen der Studie eine stabile Beschäftigungssituation in der Antriebsstrangproduktion zu erwarten. Damit ist allerdings keine Aussage darüber getroffen, wie sicher die Arbeitsplätze in den bestehenden Produktionsstrukturen bzw. in regionalen Automobilclustern sind. Innerhalb der Wertschöpfungskette kann es zu massiven Verschiebungen und Umbrüchen kommen.



- Es bilden sich neue Produktionsstrukturen. Auf der Suche nach optimalen Lösungen beschäftigen sich Hersteller und große Zulieferer mit Fragen wie: Worin besteht unsere Kernkompetenz? Was produzieren wir selbst, was wird zugeliefert? Wo sind – auch auf längere Sicht – Kooperationen sinnvoll? Klar ist: Alle Beteiligten müssen sich auf Veränderungen einstellen.
- Mit dem Umstieg auf Elektromobilität ist auch ein Wandel in der Arbeitswelt verbunden. Kompetenzanforderungen und Qualifikationen der Beschäftigten werden sich nach und nach verändern. In der Produktion von Antriebssträngen werden Kenntnisse in Elektrik/Elektronik immer wichtiger. Klassische Qualifikationen in Metall und Mechanik sind künftig weniger gefragt. Gleichzeitig gewinnen Montageprozesse im Vergleich zu formgebenden Fertigungsverfahren an Bedeutung.
- Die Lehrinhalte in der beruflichen Aus- und Weiterbildung müssen an die besonderen Qualifikationen, die die Elektromobilität erfordert, angepasst werden. Bestehende Angebote sollten stärker in Richtung Kompetenzen in Elektrik/Elektronik erweitert werden. Wichtig ist dabei die Standardisierung von Qualifizierungsinhalten und -abschlüssen.



Über die Hans-Böckler-Stiftung

Die Hans-Böckler-Stiftung ist das Mitbestimmungs-, Forschungs- und Studienförderungswerk des Deutschen Gewerkschaftsbundes. Gegründet wurde sie 1977 aus der Stiftung Mitbestimmung und der Hans-Böckler-Gesellschaft. Die Stiftung wirbt für Mitbestimmung als Gestaltungsprinzip einer demokratischen Gesellschaft und setzt sich dafür ein, die Möglichkeiten der Mitbestimmung zu erweitern.

Mitbestimmungsförderung und -beratung

Die Stiftung informiert und berät Mitglieder von Betriebs- und Personalräten sowie Vertreterinnen und Vertreter von Beschäftigten in Aufsichtsräten. Diese können sich mit Fragen zu Wirtschaft und Recht, Personal- und Sozialwesen oder Aus- und Weiterbildung an die Stiftung wenden. Die Expertinnen und Experten beraten auch, wenn es um neue Techniken oder den betrieblichen Arbeits- und Umweltschutz geht.

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut (WSI)

Das Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Institut (WSI) in der Hans-Böckler-Stiftung forscht zu Themen, die für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer von Bedeutung sind. Globalisierung, Beschäftigung und institutioneller Wandel, Arbeit, Verteilung und soziale Sicherung sowie Arbeitsbeziehungen und Tarifpolitik sind die Schwerpunkte. Das WSI-Tarifarchiv bietet umfangreiche Dokumentationen und fundierte Auswertungen zu allen Aspekten der Tarifpolitik.

Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK)

Das Ziel des Instituts für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) in der Hans-Böckler-Stiftung ist es, gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge zu erforschen und für die wirtschaftspolitische Beratung einzusetzen. Daneben stellt das IMK auf der Basis seiner Forschungs- und Beratungsarbeiten regelmäßig Konjunkturprognosen vor.

Forschungsförderung

Die Stiftung vergibt Forschungsaufträge zu Mitbestimmung, Strukturpolitik, Arbeitsgesellschaft, Öffentlicher Sektor und Sozialstaat. Im Mittelpunkt stehen Themen, die für Beschäftigte von Interesse sind.

Studienförderung

Als zweitgrößtes Studienförderungswerk der Bundesrepublik trägt die Stiftung dazu bei, soziale Ungleichheit im Bildungswesen zu überwinden. Sie fördert gewerkschaftlich und gesellschaftspolitisch engagierte Studierende und Promovierende mit Stipendien, Bildungsangeboten und der Vermittlung von Praktika. Insbesondere unterstützt sie Absolventinnen und Absolventen des zweiten Bildungsweges.

Öffentlichkeitsarbeit

Mit dem 14-tägig erscheinenden Infodienst „Böckler Impuls“ begleitet die Stiftung die aktuellen politischen Debatten in den Themenfeldern Arbeit, Wirtschaft und Soziales. Das Magazin „Mitbestimmung“ und die „WSI-Mitteilungen“ informieren monatlich über Themen aus Arbeitswelt und Wissenschaft.

Mit der Homepage www.boeckler.de bietet die Stiftung einen schnellen Zugang zu ihren Veranstaltungen, Publikationen, Beratungsangeboten und Forschungsergebnissen.

Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39
40476 Düsseldorf
Telefon: 02 11/77 78-0
Telefax: 02 11/77 78-225
www.boeckler.de

**Hans Böckler
Stiftung** 

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

GLOSSAR

ELAB:

Auswirkungen der **E**lektrifizierung des **A**ntriebsstrangs auf **B**eschäftigung und Standortumgebung

ANTRIEBSSTRANGKONZEPTE:

ICE (Internal Combustion Engine):

Konventioneller Antriebsstrang mit Verbrennungsmotor.

Mild-Hybrid:

Antriebsstrangkzept mit zusätzlich zum Verbrennungsmotor eingebautem Elektromotor und elektrischem Energiespeicher.

HEV (Hybrid Electric Vehicle):

Hybridantriebsstrangkzept mit größer dimensionierter Traktionsbatterie und stärkerem Elektromotor für rein elektrische Reichweiten bis zu 10 km. Als Plug-in-Hybrid Electric Vehicle (PHEV) zusätzlich mit Möglichkeit zur Aufladung an einer Steckdose.

BEV (Battery Electric Vehicle):

Rein batterieelektrisch angetriebenes Fahrzeug.

REX (Range-extended Electric Vehicle):

Durch Elektromotor angetriebenes Fahrzeug mit zusätzlichem Verbrennungsmotor zur Aufladung der Batterie.

FCV (Fuel Cell Vehicle):

Fahrzeug mit Brennstoffzellensystem zur Erzeugung von Strom für den elektrischen Antriebsmotor.

SZENARIEN:

Referenzszenario:

Realistisch denkbares Szenario, mit einer ausgegogenen Verteilung der Antriebsstrangkzepte.

BEV-Szenario:

Annahme, dass konventionelle, nicht-elektrifizierte Antriebsstränge bis 2030 völlig vom Markt verdrängt werden.

FVC-Szenario:

Annahme, dass konventionelle, nicht-elektrifizierte Antriebsstränge bis 2030 nahezu vom Markt verdrängt werden und Fahrzeuge mit Brennstoffzelle den größten Marktanteil aufweisen.

ICE-Szenario:

Annahme, dass der Verbrennungsmotor weiterhin dominiert und sich rein elektrische Antriebe langfristig nicht durchsetzen.

Hans **Böckler**
Stiftung 

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

Hans-Böckler-Straße 39
40476 Düsseldorf
Telefon: 0211/77 78-0
www.boeckler.de