Wirtschaft und Bildung

f-bb
Forschungsinstitut
Betriebliche Bildung

Auswirkungen der Elektromobilität auf die betriebliche Aus- und Weiterbildung

74

Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

wbv

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH

Wirtschaft und Bildung

f-bb
Forschungsinstitut
Betriebliche Bildung

Auswirkungen der Elektromobilität auf die betriebliche Aus- und Weiterbildung

Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

wbv

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

- Band 74 — Auswirkungen der Elektromobilität auf die betriebliche Aus- und Weiterbildung
- Herausgeber — Günther G. Goth, Susanne Kretschmer, Iris Pfeiffer
- Autoren — Anne Sophie Becker, Matthias Becker, Martin D. Hartmann, Matthias Kohl, Thomas Kretschmer, Stefan Kruse, Rolf-Dieter Kureck, Christine Schmidt, Fritz Staudacher
- Verlag — © wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld 2018
- Gesamtherstellung — wbv Media GmbH & Co. KG
Postfach 10 06 33, 33506 Bielefeld
Telefon: 0521 91101-11, Telefax: 0521 91101-19
E-Mail: service@wbv.de, Internet: www.wbv.de
- Förderhinweis — Der vorliegende Band ist ein Produkt des Projekts „Qualifizierung älterer Beschäftigter in der Automobilbranche für den Umgang mit Hochvoltfahrzeugen“, das vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie gefördert wurde (01.07.2014–30.06.2017). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Insbesondere darf kein Teil des Werkes ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (unter Verwendung elektronischer Systeme oder als Ausdruck, Fotokopie oder unter Nutzung eines anderen Vervielfältigungsverfahrens) über den persönlichen Gebrauch hinaus verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Autoren, der Verlag und der Herausgeber haben sich bemüht, die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Angaben mit größter Sorgfalt zusammenzustellen. Sie können jedoch nicht ausschließen, dass die eine oder andere Information auf irrtümlichen Angaben beruht oder bei Drucklegung bereits Änderungen eingetreten sind. Aus diesem Grund kann keine Gewähr und Haftung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben übernommen werden.

Für alle in diesem Werk verwendeten Warennamen sowie Firmen- und Markenbezeichnungen können Schutzrechte bestehen, auch wenn diese nicht als solche gekennzeichnet sind. Deren Verwendung in diesem Werk berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese frei verfügbar seien.

Printed in Germany

ISBN Print: 978-3-7639-5911-2
ISBN E-Book: 978-3-7639-5912-9
Bestell-Nr. 6004627

Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Inhalt

Vorwort 5
Susanne Kretschmer und Iris Pfeiffer

I Zukunftstechnologie Elektromobilität – neue Kompetenzanforderungen für Beschäftigte in der Automobilbranche

Elektromobilität, Digitalisierung und Industrie 4.0 als Innovationstreiber – neue Produkte und Produktionsprozesse bedingen neue Kompetenzanforderungen 11
Matthias Kohl

Veränderter Qualifizierungsbedarf für Kfz-Mechatroniker/innen durch die Elektromobilität 33
Matthias Becker

II Qualifizierungsstrategien und -ansätze für relevante Akteure

Herausforderungen und Verantwortung der technischen Allgemeinbildung im Bereich Energietechnik und Mobilität . . . 53
Stefan Kruse

Auszubildende in der Automobilindustrie: Praxisnahe Qualifizierung für das Arbeiten an Hochvoltfahrzeugen 75
Matthias Kohl

Auszubildende im Elektrohandwerk: Entstehung neuer Konzepte in der überbetrieblichen Ausbildung 91
Fritz Staudacher und Rolf-Dieter Kureck

Lernen und qualifizieren für digital vernetzte Elektromobilität . 101
Christine Schmidt

Achtung Hochspannung – Innovative Fahrzeugkonzepte als neue Herausforderung für berufserfahrene Fachkräfte 123
Anne Sophie Becker

Aus- und Weiterbildungspersonal in der Automobilbranche: Qualifizierung in Industrie und Handwerk mit digitalen Medien 129
Thomas Kretschmer

III Zusammenfassung und Ausblick

Zum Zusammenhang von beruflichen Handlungsprozessen und beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund von „Industrie 4.0“ 143
Martin D. Hartmann

Autorenverzeichnis 185

Vorwort

Susanne Kretschmer und Iris Pfeiffer

Das Thema Elektromobilität hat in den vergangenen Jahren weltweit stark an Bedeutung gewonnen. Der Paradigmenwechsel – weg vom erdölbasierten Verbrennungsmotor hin zu elektrisch und hybrid angetriebenen Fahrzeugmodellen – geht einher mit einem tief greifenden Wandel in der deutschen Automobilwirtschaft. Die Digitalisierung sowohl des Produkts Automobil als auch der Produktionsprozesse (Industrie 4.0) und gesellschaftliche Trends (z. B. Mobilitätsverhalten, Umweltbewusstsein) sind weitere Veränderungstreiber. Mittlerweile bieten die deutschen Hersteller laut Verband der Automobilindustrie (VDA) über 30 Modelle mit Elektroantrieb an. Die beschriebenen Entwicklungen führen nicht zuletzt zu veränderten Kompetenzanforderungen quer durch alle Bereiche der Automobilindustrie, aber auch der unmittelbar oder mittelbar damit verbundenen Branchen (z. B. Automobilhandel, Batterieherstellung, Feuerwehr und Rettungsdienste).

Dies hat Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung: Benötigt werden Fachkräfte, die für den technologischen Wandel angemessen qualifiziert sind und sowohl die notwendigen Arbeiten an elektrifizierten Fahrzeugen sicher und kompetent durchführen können als auch über zukunftsfähige Kompetenzen für die digitalisierte und vernetzte Arbeitswelt 4.0 (z. B. für den Umgang mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik) verfügen. Dies macht nicht nur eine neue inhaltliche Ausrichtung von Berufsbildern erforderlich, sondern auch innovative didaktisch-methodische Konzepte. Diese müssen in sich rasch verändernden Arbeitswelten und bei zunehmend abstrakteren Lerninhalten die Entwicklung übergreifender beruflicher Handlungskompetenz ermöglichen.

Der vorliegende Band beschreibt die Veränderungen von Arbeitsprozessen und Kompetenzanforderungen, die sich aus dem Übergang zur Zukunftstechnologie Elektromobilität ergeben. Vor dem Hintergrund von „Industrie/Arbeit 4.0“ werden einerseits Überlegungen zu fachlichen und personalen Kompetenzen angestellt, die in den nächsten Jahren relevant sein werden; andererseits werden Aus- und Weiter-

bildungskonzepte präsentiert, die dem veränderten Bedarf entsprechen. Vorgestellt wird insbesondere das Projekt „Qualifizierung älterer Beschäftigter in der Automobilbranche für den Umgang mit Hochvoltfahrzeugen“, in dem das Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) in Kooperation mit der AUDI AG unter Förderung durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie ein digital unterstütztes, praxisnahes Qualifizierungskonzept entwickelt hat.

Im **ersten Teil** des Bandes wird zunächst beleuchtet, welche neuen Kompetenzanforderungen für Beschäftigte in der Automobilbranche aus der Zukunftstechnologie Elektromobilität und den weiteren Innovationstreibern resultieren:

Mit Fokus auf die Automobilindustrie beschreibt *Matthias Kohl* Elektromobilität, Digitalisierung und Industrie 4.0 als Innovationstreiber der Branche und leitet Anforderungen an industrielle Fachkräfte in der Entwicklung und Produktion ab. Er beschreibt, welche Kompetenzen Beschäftigte benötigen, um Arbeiten an alternativ angetriebenen Fahrzeugen durchführen zu können, und skizziert Konsequenzen für die berufliche Aus- und Weiterbildung.

Matthias Becker beschreibt anschließend am Beispiel der Berufsausbildung von Kfz-Mechatronikern/innen, wie das Thema Elektromobilität in den Ordnungsmitteln berücksichtigt und in Unterricht und Ausbildung umgesetzt wird. Mit Fokus auf die tatsächlichen Tätigkeiten von Fachkräften in Servicewerkstätten an Hochvoltsystemen arbeitet er heraus, dass hier nur in geringem Maße tatsächlich neue Kompetenzanforderungen entstehen.

Im **zweiten Teil** des Bandes werden elektromobilitätsbezogene Qualifizierungsstrategien und -ansätze für unterschiedliche Personengruppen in der Automobilbranche und angrenzenden Bereichen anhand von Lernkonzepten, Praxisbeispielen und Erfahrungsberichten beleuchtet:

Stefan Kruse beschäftigt sich mit den Defiziten technischer Allgemeinbildung und plädiert für eine stärkere Berücksichtigung der Themen Energietechnik und Mobilität in der allgemeinbildenden Schule. Anhand von sechs Beispielen erläutert er Möglichkeiten der unterrichtlichen Gestaltung technischer Grundbildung zu Themen wie Energietechnik und Elektromobilität.

In einem weiteren Beitrag stellt *Matthias Kohl* mit dem Hybrid-Lernkonzept einen digital unterstützten Qualifizierungsansatz zum Thema Hochvolttechnik für Auszubildende der Automobilindustrie vor, das ortsunabhängig und arbeitsplatznah einsetzbar ist. Er erläutert hierzu zunächst konzeptionelle Grundlagen und didaktische Prinzipien, beschreibt die Integration in den Ausbildungsverlauf und verdeutlicht außerdem die Notwendigkeit einer fachlich sowie medienpädagogisch qualifizierten Lernprozessbegleitung.

Fritz Staudacher und *Rolf-Dieter Kureck* beschreiben in ihrem Beitrag die Chancen, die sich dem Elektrohandwerk durch die Elektromobilität eröffnen, wenn es etwa darum geht, eine Ladeinfrastruktur zu errichten und darüber hinaus weitere Geschäftsfelder wie regenerative Energieerzeugung, Stromspeicherung und intelligente Gebäudeautomation zu erschließen. Die Autoren berichten vor diesem Hintergrund von neuen Konzepten in der überbetrieblichen Ausbildung im Elektrohandwerk.

Christine Schmidt stellt betriebliche Weiterbildung für eine digital vernetzte Elektromobilität in Smart Cities in den Mittelpunkt ihres Beitrags. Sie beschreibt das im Rahmen eines Berliner Modellvorhabens entwickelte und erprobte Weiterbildungssystem Energietechnik und präsentiert anhand von Beispielen Ergebnisse der Umsetzung in Zusammenarbeit mit betrieblichen und außerbetrieblichen Institutionen.

Auf die Gruppe der älteren Kfz-Fachkräfte und deren Spezifika hebt *Anne Sophie Becker* in ihrem Beitrag ab. Sie stellt ein Weiterbildungskonzept für berufserfahrene Beschäftigte in der Produktion von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben vor, das auf neue Anforderungen im Themenfeld Hochvolttechnik vorbereitet, beschreibt die Besonderheiten der Zielgruppe, erläutert den arbeitsprozessnah gestalteten, digital unterstützten Qualifizierungsansatz und skizziert Erfahrungen aus der Erprobung.

Das ausbildende Personal und dessen Medien- und medienpädagogische Kompetenz und damit zentrale Erfolgsfaktoren für die betriebliche Aus- und Weiterbildung nimmt *Thomas Kretschmer* in den Blick: Weil neue fachliche Inhalte zunehmend mit Unterstützung digitaler Medien erlernt werden, müssen die pädagogischen Fachkräfte in der Kfz-Branche zunächst den kompetenten Umgang mit neuen digitalen

Medien erlernen. Am Beispiel des Projekts „MobiMeTech“ beschreibt er Anforderungen an eine entsprechende berufsbegleitende Qualifizierungsmaßnahme und stellt deren didaktische Ausgestaltung und methodische Umsetzung vor.

Im abschließenden Beitrag, der den **dritten Teil** des Bandes bildet, erweitert *Martin D. Hartmann* den Blickwinkel, indem er den Zusammenhang von beruflichen Handlungsprozessen und beruflicher Kompetenzentwicklung vor dem Hintergrund des aktuell allgegenwärtigen Themas „Industrie 4.0“ diskutiert. Hartmann arbeitet hierbei die zukünftige Bedeutung komplexen und vernetzten Denkens heraus und verdeutlicht, dass immer abstraktere Lerninhalte wie z. B. Elektromobilität und Hochvolttechnik möglichst situationsbezogen ausgestaltet werden müssen, um konkret erfahrbar zu bleiben.

I

Zukunftstechnologie Elektromobilität – neue Kompetenzanforderungen für Beschäftigte in der Automobilbranche

Elektromobilität, Digitalisierung und Industrie 4.0 als Innovationstreiber – neue Produkte und Produktionsprozesse bedingen neue Kompetenzanforderungen

Matthias Kohl

1 Einleitung

Die deutsche Automobilindustrie als einer der zentralen Wirtschaftsbereiche des Landes befindet sich in einer Phase des Umbruchs. Während das Produkt Automobil mit seiner auf fossile Brennstoffe ausgerichteten Antriebstechnik und auch die zugrunde liegenden Produktionsprozesse über viele Jahre und Jahrzehnte kontinuierlich weiterentwickelt wurden, haben die aktuellen Innovationstreiber Elektromobilität und Digitalisierung einerseits und gesellschaftliche Veränderungen (z. B. Umweltschutzanforderungen, Mobilitätsverhalten) andererseits disruptives Potenzial. Dieses erfasst alle Bereiche der Automobilbranche und führt zu veränderten Anforderungen an die Beschäftigten.

Der vorliegende Beitrag beschreibt zentrale Entwicklungen und daraus resultierende Herausforderungen für die Beschäftigten in der Automobilindustrie. Auf dieser Grundlage werden Schlussfolgerungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung gezogen. Vor diesem Hintergrund wird aufgezeigt,

- welche Anforderungen die Elektromobilität an die Beschäftigten neu stellt und welche Bedeutung dies für die berufliche Bildung hat,
- welche besonderen Kompetenzen Mitarbeitende benötigen, um Arbeiten an alternativ angetriebenen Fahrzeugen durchführen zu können, und
- wie Qualifizierungskonzepte gestaltet werden müssen, die zum Umgang mit solchen Fahrzeugen befähigen.

2 Elektromobilität – ein Systemwechsel mit Folgen

Das Ziel der Europäischen Union ist es, bis zum Jahr 2030 ihren CO_2-Ausstoß gegenüber 1990 um 40 Prozent zu verringern. Neben Programmen und Initiativen zur Förderung sauberer und effizienter Mobilität in Europa (z. B. Leitinitiative Ressourcenschonendes Europa innerhalb der Strategie Europa 2020) schreibt die EU hierzu in ihrer Verordnung zur Verminderung der CO_2-Emissionen von Personenkraftwagen auch Grenzwerte von Neufahrzeugflotten fest. Dementsprechend soll der CO_2-Ausstoß für diese bis 2020 auf durchschnittlich 95 g/km reduziert werden. Diese Zielvorgaben für CO_2-Emissionen sind von den Automobilherstellern einzuhalten: Elektromobilität kann einen bedeutenden Beitrag dazu leisten, um die klima- und verkehrspolitischen Zielsetzungen zu erfüllen.

Auch die Bundesregierung verfolgt das Ziel, der Elektromobilität zum Durchbruch zu verhelfen. So soll sich Deutschland bis zum Jahr 2020 zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität entwickeln. Konkretisiert wird dieses Ziel dadurch, dass bis 2020 eine Million, bis 2030 sechs Millionen Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs sein sollen. Um dies zu erreichen, verabschiedete das Bundeskabinett im Mai 2011 das Regierungsprogramm Elektromobilität. Hierbei setzt die Bundesregierung einen Schwerpunkt auf Forschung und Entwicklung und fokussiert darüber hinaus den Aufbau und die Förderung regionaler Schaufenster, die Elektromobilität erfahrbar machen und Synergieeffekte bewirken sollen. In den groß angelegten regionalen Demonstrations- und Pilotvorhaben wird Elektromobilität an der Schnittstelle von Energiesystem, Fahrzeug und Verkehrssystem erprobt.

Angesichts der politischen Zielvorgaben und des internationalen Wettbewerbsdrucks investiert auch die deutsche Automobilindustrie in hohem Umfang in neue Technologien, die im Kontext nachhaltiger Mobilität stehen. So sind die aktuellen Entwicklungen stark von Innovationen im Bereich der Elektrifizierung von Fahrzeugen geprägt: Hersteller arbeiten weltweit an der Serienreife elektrisch und hybrid angetriebener Fahrzeuge oder bieten diese bereits an. Der Systemwechsel vom herkömmlichen Verbrennungsmotor zu alternativen Antriebskonzepten ist in vollem Gang: Es werden verschiedene neue

technologische Konzepte ausdifferenziert, die u. a. veränderte Wertschöpfungsketten und Abläufe im industriellen Bereich zur Folge haben, und Unternehmensstrategien werden an die veränderten Entwicklungen angepasst. Neben den etablierten Akteuren treten auch neue Akteure als Hersteller (Tesla) oder Zulieferer der Automobilindustrie (Samsung) in den Markt ein und verschärfen den weltweiten Wettbewerb.

Bei der strategischen Entwicklungsplanung der deutschen Automobilhersteller und -zulieferer nimmt die Zukunftstechnologie Elektromobilität mittlerweile eine zentrale Rolle ein. Laut dem Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA) ist Deutschland bereits aktuell hinter China zweitgrößter Produzent von Elektrofahrzeugen und wird laut einer Studie von McKinsey in fünf Jahren mit 1,3 Millionen E-Autos sogar der größte Produzent von Elektroautos sein – vor den USA und China mit jeweils rund 850.000 Fahrzeugen. Bis zum Jahr 2020 plant die deutsche Automobilindustrie rund 40 Milliarden Euro an Investitionen in alternative Antriebe (dazu gehört auch die Nutzung synthetischer Kraftstoffe), um ihre gute Wettbewerbsposition zu festigen und auszubauen. Der Verband rechnet bis 2025 bei den Neuzulassungen mit ca. 15 bis 25 Prozent an Elektro- bzw. Hybridautos, so VDA-Präsident Matthias Wissmann. Hierfür planen die deutschen Automobilhersteller, ihr Modellangebot an E-Autos von derzeit 30 auf knapp 100 Modelle bis 2020 mehr als zu verdreifachen. Bereits aktuell wächst der Markt für Elektroautos deutlich stärker als der Pkw-Gesamtmarkt – auch wenn er insgesamt noch sehr klein ist: So erhöhten sich die Neuzulassungen von E-Pkw in den ersten vier Monaten des laufenden Jahres um gut 87 Prozent, während der Pkw-Gesamtmarkt lediglich um 3 Prozent wuchs (vgl. VDA 2017).

Auch wenn das für 2020 anvisierte Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen auf Deutschlands Straßen aller Voraussicht nach nicht erreicht wird, zeigen die beschriebenen Entwicklungen deutlich auf, dass Elektromobilität und Digitalisierung als dynamische Innovationstreiber eine zentrale Rolle für die Zukunft der Automobilindustrie spielen: Inzwischen entfallen 85 Prozent der Patente im Antriebsbereich auf alternative Antriebe. Zeitgleich hält die moderne Informations- und Kommunikationstechnik Einzug in das Automobil und die Arbeitsbereiche der Branche. Vor allem das ver-

netzte und automatisierte Fahren sind hierbei Innovationsschwerpunkte, bei denen die deutsche Automobilindustrie einen Anteil von 58 Prozent der weltweiten Patente hält und in den nächsten drei bis vier Jahren weitere 16 bis 18 Milliarden Euro in Technologien der Digitalisierung investieren will (vgl. ebd.). Fahrzeuge werden so für den Informationsaustausch mit anderen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur gerüstet, darüber hinaus erfolgt auch die moderne Fahrzeugdiagnose computergestützt über digitale Softwaresysteme, und das Produktionsumfeld wird flächendeckend intelligent vernetzt (Industrie 4.0).

Unabhängig davon, ob sich die laufende technologische Revolution im Automobilbau schnell oder zögerlich vollzieht; die erforderlichen Kompetenzen für Herstellung und Wartung der Fahrzeuge verändern sich auf jeden Fall. Insofern verweisen die Prognosen des VDA zugleich auf die personalpolitischen Herausforderungen, vor denen die Unternehmen stehen, sowie auf die erforderlichen Qualifizierungsmaßnahmen. Auch wenn sich diese Anforderungen gegenüber den traditionell erforderlichen Kompetenzen aktuell noch als geringfügig ausnehmen, bestimmen sie doch die Zukunft der Arbeit. Prognosen der Hans-Böckler-Stiftung gehen davon aus, dass 2030 bereits 45 Prozent aller Mitarbeiter/innen in der Fertigung mit dem Bau von Elektromobilen befasst sein werden (Hans-Böckler-Stiftung 2012, S. 30).

3 Neue Herausforderungen durch neue Endprodukte, Fahrzeugkomponenten und Produktionsprozesse

Die Realisierung der Elektromobilität entlang der Kette von Entwicklung, Produktion und Distribution/Service macht sich für die Beschäftigten der Branche bereits als eine gravierende Veränderung bemerkbar. Aber die Automobilindustrie und ihr Personal stehen nicht nur vor der Herausforderung, alternative Antriebe zu realisieren; durch die Verschmelzung des Internets mit der industriellen Produktion (Industrie 4.0) stehen sie auch vor der Frage, wie der Weg von der Teilautomatisierung zur Hochautomatisierung und später zur Vollautomatisierung am besten beschritten werden kann.

3.1 Elektrifizierung des Antriebsstrangs

Gegenüber den Komponenten, die bisher in erster Linie das Automobil mit seinem Verbrennungsmotor als Kern ausmachten, gibt es gravierende Veränderungen. Diese erfordern für die Produktions- und Arbeitsprozesse parallel zu den heute noch dominanten klassischen Formen zum Teil einen neuen Zuschnitt. Die Bedeutung mechanischer Komponenten, deren Entwicklung und Produktion bisher zu den Kernkompetenzen der Hersteller oder Zulieferbetriebe zählt, nimmt ab. Dies betrifft zuvorderst den Verbrennungsmotor und voraussichtlich auch den Motorblock, da die Elektromotoren z. T. heute schon direkt in den Rädern untergebracht werden. Ohne Verbrennungsmotor sind auch das Getriebe mit Schaltknüppel und -gestänge, die Antriebswellen, der Katalysator und die Auspuffanlage, die Bremshydraulik, Anlasser, Kühler und Kupplung in der bisherigen Form obsolet. Die hydraulische Lenkung wird durch eine elektrische ersetzt, wodurch die Lenksäule überflüssig wird. Aber auch Lichtmaschine, Ölwanne, Bleibatterie, Tank und Zündanlage, Pumpen und Luftfilter werden nicht mehr benötigt (vgl. Döring/Benzer/Vode 2012).

Neue Komponenten wie Elektromotoren und Hochvoltbatteriesysteme, die bislang kaum im Portfolio der Automobilhersteller zu finden waren, gewinnen dagegen erheblich an Bedeutung. Hierbei sind vor allem die fünf Fahrzeugkomponenten Zellen, Batterie, Leistungselektronik, Elektromotor und Karosserie zu nennen (siehe Abbildung 1), hinzu kommen Veränderungen im Rahmen der Fahrzeugmontage.

Zur Schlüsselkomponente des Antriebsstrangs hat sich hierbei zunehmend die Batterie entwickelt, während die Leistungselektronik zentral für alle Steuerprozesse ist (Döring/Benzer/Vode 2012, S. 29 ff.). Der elektrische Antriebsmotor ist wesentlich einfacher aufgebaut und besteht im Vergleich zum Verbrennungsmotor aus viel weniger Einzelbauteilen (ca. Verhältnis 1 zu 10). Die Karosserie von Elektro- oder Hybridautomobilen ist bislang vorrangig auf Basis herkömmlicher Bauteile konstruiert. Mit dem Durchbruch des Elektromobils in Massenfertigung spielt unter dem Gesichtspunkt Gewichtsreduzierung angesichts bislang relativ schwacher Batterieleistungen auch die Neukonstruktion der Karosserie eine wichtige Rolle. Hierbei wird im Karosseriebau zukünftig carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK) ver-

mehrt eingesetzt werden, denn CFK-Komponenten bieten gegenüber herkömmlichen Bauteilen Vorteile wie hohe Steifigkeit, Korrosionsbeständigkeit und beanspruchungsgerechte Auslegung bei geringem Gewicht. Machen heute CFK-Werkstoffe bis 30 Prozent in der Herstellung aus, so werden bis 2030 ca. zwei Drittel prognostiziert (ebd., S. 37) – Hersteller wie BMW (i-Baureihe) sammeln derzeit bereits Erfahrungen mit der CFK-Verarbeitung in der Massenproduktion.

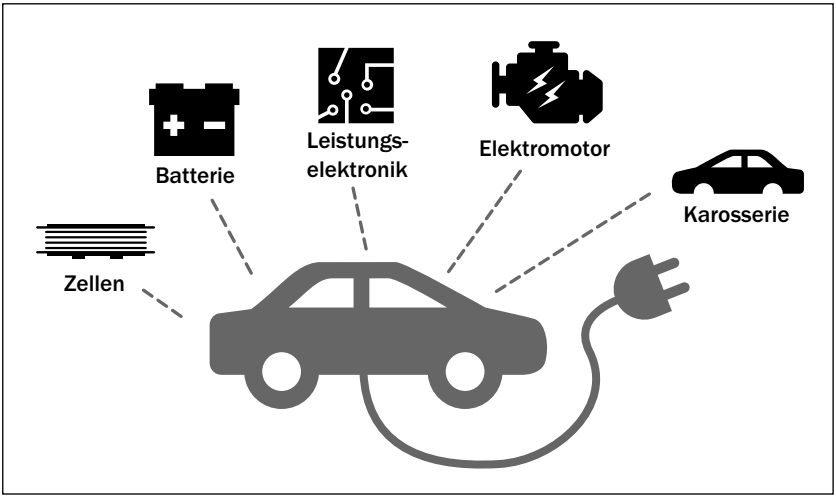


Abbildung 1: Komponenten mit Bedeutungsgewinn

(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Döring/Benzer/Vode 2012, S. 22)

Alle hier aufgezählten Komponenten sind im Vergleich zum konventionell angetriebenen Fahrzeug neu oder erheblich modifiziert, benötigen andere Herstellungs- und Verarbeitungsformen, zum Teil neue Sicherheitsbestimmungen und veränderte Produktionsabläufe und haben damit Auswirkungen auf die Kompetenzanforderungen an Beschäftigte in der Automobilindustrie.

3.2 Veränderte Produktionsprozesse durch Industrie 4.0

Neben der Fahrzeugtechnologie ist vor allem die Veränderung der branchenspezifischen Arbeitsprozesse und -aufgaben zentraler Inno-

vationstreiber: Die von Politik und Wirtschaft gleichermaßen proklamierte vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) beschreibt den „flächendeckenden Einzug von Informations- und Kommunikationstechnik sowie deren Vernetzung zu einem Internet der Dinge, Dienste und Daten, das eine Echtzeitfähigkeit der Produktion ermöglicht“ (Spath 2013, S. 2). Diese Entwicklungen prägen nicht nur das Produktionsumfeld der Zukunft, sondern spielen bereits jetzt in der Fertigung und Montage eine immer größere Rolle. Während in den letzten Jahren die Produktion im Automobilbereich nach den Prinzipien der *Lean Production* gestaltet, die Flexibilität erhöht und so deutliche Produktivitätssteigerungen erzielt wurden, steht die Branche aktuell vor einem Umbruch. Durch den Einsatz von Cyber-Physischen Systemen (CPS) entstehen in allen Bereichen der Wertschöpfungskette neue Möglichkeiten dezentraler Steuerung, wirtschaftlicher Produktindividualisierung (hohe Variantenzahl bei geringen Losgrößen) und weiterer Flexibilisierung, weil durch Aktoren und Sensoren ergänzte, vernetzte und miteinander kommunizierende Objekte, Geräte, Produktionsanlagen, Logistikkomponenten etc. neue Möglichkeiten bis hin zur autonomen Fabriksteuerung durch intelligente, selbstlernende Maschinen bieten. Auch wenn die Studienergebnisse zur zukünftigen Bedeutung menschlicher Arbeit und den technikbedingten Substituierbarkeitpotenzialen in diesem Kontext weit auseinandergehen (vgl. z. B. Frey/Osborne 2013, Bonin et al. 2015, Wolter et al. 2015), wird aller Voraussicht nach auch zukünftig qualifiziertes Personal zur Steuerung, Überwachung, Problemlösung usw. benötigt. Diese Personen stehen vor der Herausforderung, dass sie in hochautomatisierten Arbeitsumgebungen Kontroll- und Steuerungsaufgaben übernehmen sollen, die Prozesse aufgrund von Automatisierung und Digitalisierung jedoch kaum noch kognitiv erfassbar und nachvollziehbar sind. Dies führt insgesamt voraussichtlich zu deutlich höheren Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlöseanforderungen an die Beschäftigten, was in Qualifizierungsansätzen angemessen berücksichtigt werden muss (vgl. Spöttl/Windelband 2017, S. 10 ff.)

3.3 Ausblick auf zukünftige IT-getriebene Veränderungsprozesse

Neben den bereits in den Blick genommenen Veränderungen am Automobil und in dessen Produktionsprozessen, die sich direkt auf die