

Mönning, Anke; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert

Research Report

Elektromobilität 2035: Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen

IAB-Forschungsbericht, No. 8/2018

Provided in Cooperation with:

Institute for Employment Research (IAB)

Suggested Citation: Mönning, Anke; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert (2018) : Elektromobilität 2035: Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen, IAB-Forschungsbericht, No. 8/2018, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/204764>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

IAB-Forschungsbericht 8/2018

Aktuelle Ergebnisse aus der Projektarbeit des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Elektromobilität 2035

Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch
die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von
Personenkraftwagen

Anke Mönnig
Christian Schneemann
Enzo Weber
Gerd Zika
Robert Helmrich

ISSN 2195-2655

Elektromobilität 2035

Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen

Anke Mönnig (GWS)

Christian Schneemann (IAB)

Enzo Weber (IAB)

Gerd Zika (IAB)

Robert Helmrich (BIBB)

Mit der Publikation von Forschungsberichten will das IAB der Fachöffentlichkeit Einblick in seine laufenden Arbeiten geben. Die Berichte sollen aber auch den Forscherinnen und Forschern einen unkomplizierten und raschen Zugang zum Markt verschaffen. Vor allem längere Zwischen- aber auch Endberichte aus der empirischen Projektarbeit bilden die Basis der Reihe.

By publishing the Forschungsberichte (Research Reports) IAB intends to give professional circles insights into its current work. At the same time the reports are aimed at providing researchers with quick and uncomplicated access to the market.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	6
Zusammenfassung	7
Abstract.....	7
1 Elektromobilität – Stand und Erwartungen	9
2 Modellierung, Szenariotechnik, Definitiorik	12
2.1 Modellierung.....	12
2.2 Szenariotechnik	15
2.3 Definition Elektromobilität	16
3 Annahmen	17
3.1 Generelle Einschätzung – Annahmen 1 bis 3	17
3.2 Investitionsbedarf Autoindustrie.....	20
3.3 Infrastruktur 1 – Ladestation	21
3.4 Infrastruktur 2 – Stromsystem.....	23
3.5 Importbedarf Elektroauto	24
3.6 Vorleistungsimport der Batterie.....	25
3.7 Kosteneffekt 1 – Batterie	26
3.8 Kosteneffekt 2 – Chemie	27
3.9 Kosteneffekt 3 – Kunststoff.....	28
3.10 Kosteneffekt 4 – Elektronik.....	29
3.11 Kosteneffekt 5 – Weiterbildung	30
3.12 Kosteneffekt 6 – Zulieferindustrie	31
3.13 Kraftstoffbedarf 1 – private Haushalte	32
3.14 Kraftstoffbedarf 2 – Geschäftskunden	33
3.15 Produktivitätseffekt.....	35
4 Ergebnisse.....	36
4.1 Wachstumseffekte	36
4.2 Folgen für die Arbeitsnachfrage.....	39
4.3 Gesamtumschlag an Erwerbstätigen	42
5 Schlussfolgerungen	43
Literatur	47

Tabellen

Tabelle 1 Beschäftigungseffekte der Elektrifizierung des Antriebstranges in der Literatur – sortiert nach Erscheinungsjahr	11
Tabelle 2 Liste der Annahmen.....	17
Tabelle 3 Herleitung des Importbedarfs und der Importquote von Elektroautos im Elektromobilitäts-Szenario	25

Abbildungen

Abbildung 1 Pkw-Neuzulassungen und Pkw-Bestand nach Kraftstoffarten im Jahr 2017	10
Abbildung 2 QINFORGE im Überblick	13
Abbildung 3 IAB/INFORGE im Überblick	14
Abbildung 4 Anwendung der Szenariotechnik	16
Abbildung 5 Motorisierungsgrad in unterschiedlichen Referenzszenarien	18
Abbildung 6 Marktdurchdringung nach Kraftstoffarten in unterschiedlichen Referenzszenarien.....	19
Abbildung 7 Marktdurchdringung von Elektroautos in unterschiedlichen Referenzszenarien.....	20
Abbildung 8 Investitionsbedarf der Automobilindustrie im Elektromobilitäts- Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	21
Abbildung 9 Investitionsbedarf von Ladestationen im Elektromobilitäts-Szenario ...	22
Abbildung 10 Bauinvestitionen der öffentlichen Hand im Elektromobilitäts- Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	23
Abbildung 11 Investitionsbedarf Stromsystem im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion	24
Abbildung 12 Importquote der Elektroautos an allen Neuzulassungen von Elektroautos im Elektromobilitäts-Szenario	25
Abbildung 13 Vorleistungsimporte elektronischer Ausrüstung im Elektromobilitäts- Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	26
Abbildung 14 Inputkoeffizient elektrische Ausrüstungen an Auto im Elektro- mobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	27
Abbildung 15 Inputkoeffizient Chemie an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion	28
Abbildung 16 Inputkoeffizient Kunststoff an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	29
Abbildung 17 Inputkoeffizient Elektronik an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	30
Abbildung 18 Inputkoeffizient Weiterbildung an Auto im Elektromobilitäts- Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	31
Abbildung 19 Inputkoeffizient Auto an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion	32

Abbildung 20: Verteilung Verwendungszweck „Betrieb von Privatfahrzeugen“ zwischen Mineralöl und elektrischen Strom im Elektromobilitäts- Szenario	33
Abbildung 21 Verschiebung der realen Inputkoeffizienten Kokerei- und Mineralöl und elektrischen Strom nach zwei ausgewählten Branchen im Elektromobilitäts-Szenario im Jahr 2035	34
Abbildung 22 Arbeitsvolumen der Fahrzeugindustrie im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion.....	35
Abbildung 23 Reales Bruttoinlandprodukt im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion	36
Abbildung 24 Komponenten des realen Bruttoinlandprodukts im Elektromobilitäts- Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion	37
Abbildung 25 Gesamtwirtschaftlichen Stückkostenbestandteile im Elektromobilitäts- Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion	38
Abbildung 26 Reales Bruttoinlandsprodukt im jeweiligen Teil-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion	38
Abbildung 27 Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion	39
Abbildung 28 Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Wirtschaftszweigen	40
Abbildung 29 Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Berufen mit den größten Abweichungen im Jahr 2035.....	41
Abbildung 30 Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Anforderungsniveau	42
Abbildung 31 Saldo und Anzahl der auf- und abgebauten Arbeitsplätze im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion	43

Abkürzungsverzeichnis

AGB	ausschließlich geringfügige Beschäftigte
BA	Bundesagentur für Arbeit
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DE	Deutschland
EU	Europäische Union
EVI	Electric Vehicle Index
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
INFORGE	INterindustry FOrecasting Germany
KIdB	2010 Klassifikation der Berufe 2010
NZL	Neuzulassungen
OEM	Originalausrüstungshersteller
Pkw	Personenkraftwagen
QINFORGE	Qualification and Occupation in the INterindustry FOrecasting Germany
QuBe	Qualifikations- und Berufsprojektionen
SVB	sozialversicherungspflichtige Beschäftigte
TINFORGE	Trade for the INterindustry FOrecasting Germany
VDA	Verband der Automobilindustrie
WZ	Wirtschaftszweige

Zusammenfassung

Dieser Beitrag untersucht für Deutschland die Wachstums- und Beschäftigungseffekte einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs bei Personenkraftwagen (Pkw). Unter Zuhilfenahme der Szenarientechnik wurde eine Reihe von Annahmen getroffen und diese in das Analyseinstrument QINFORGE integriert.

Die Ergebnisse weisen, im Vergleich zum Basisszenario, zwar zunächst einen positiven Wachstums- und Beschäftigungseffekt aus, langfristig wird aber mit einem niedrigeren Bruttoinlandsprodukts- und Beschäftigungsniveau gerechnet werden müssen. Während anfangs insbesondere die notwendigen zusätzlichen Investitionen der Autobranche, die Bauinvestitionen in die Ladeinfrastruktur und die Neuausrüstung des Stromnetzes für positive Effekte sorgen, dominiert langfristig steigende Importbedarf an Elektroautos und Traktionsbatterien. Die Kosteneffekte wirken sich zwar mit Ausnahme der Weiterbildungskosten gesamtwirtschaftlich ebenfalls negativ aus, sind aber bei weitem nicht so dominierend. Auch federt der positive Effekt aus der Änderung des Kraftstoffbedarfes – Strom statt Mineralöl – die negativen Impulse ab. Die produktivitätsbedingten Wachstums- und Beschäftigungsimpulse, die auch erst in langer Frist zum Tragen kommen, federn zwar einerseits ebenfalls den größtenteils importinduzierten Rückgang der Wirtschaftsdynamik ab, tragen andererseits aber zu dem relativ starken gesamtwirtschaftlichen Arbeitsplatzverlust bei.

Insgesamt sind die technologiegetriebenen Arbeitsplatzverluste als relativ stark zu bewerten. Im Jahr 2035 werden knapp 114.000 Plätze aufgrund der Umstellung auf den Elektroantrieb bei Pkws verloren gegangen sein. Die Gesamtwirtschaft wird bis 2035 einen Verlust in Höhe von 20 Mrd. EUR realisieren. Dies entspricht ca. 0,6 Prozent des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes.

Die sektorale Betrachtung der Erwerbstätigeneffekte zeigt, dass mit 83.000 verlorengehenden Arbeitsplätzen der größte Jobabbau im Fahrzeugbau zu erwarten sein dürfte. Andere Branchen geraten zwar ebenfalls in Mitleidenschaft und müssen über 30.000 Stellen abbauen. Allerdings werden auch fast 16.000 neue Stellen geschaffen wie bspw. im Bauwesen, bei den Stromversorgern oder in Teilen des Dienstleistungsbereiches und des Verarbeitenden Gewerbes. Der Gesamtumschlag an Erwerbstätigen, der sich durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Pkws ergibt, beträgt im Jahr 2035 bis zu 150.000. Von der Elektrifizierung des Antriebsstrangs werden vor allem Fachkräfte negativ betroffen sein. Zeitverzögert sinkt auch der Bedarf nach Spezialisten- und Expertentätigkeiten. In der längeren Frist ergeben sich negative Effekte für alle Anforderungsniveaus.

Wird einerseits bedacht, dass das Elektromobilitäts-Szenario „nur“ von einem Elektro-Anteil von 23 Prozent bis 2035 ausgeht, ist davon auszugehen, dass bei einer stärkeren Marktdurchdringung mit deutlich höheren Wachstums- und Beschäftigungseffekten gerechnet werden muss. Andererseits könnte durchaus ein positiver Wachs-

tums- und Beschäftigungseffekt realisierbar sein, wäre Deutschland in der Lage, sowohl den Markt stärker mit inländisch produzierten Autos als auch mit inländisch produzierten Traktionsbatteriezellen zu versorgen.

Auch wenn die Anzahl der gesetzten Annahmen des hier vorgestellten Szenarios bereits relativ umfangreich ist, wird weiterer Forschungsbedarf gesehen. Dies betrifft insbesondere die Stellung der Zulieferbranche und die Unterscheidung nach verschiedenen Kraftstoffarten und die Erweiterung weitere Mobilitätsbereiche (Mergener et al. 2018).

Abstract

This study focuses on the economic effects of the phenomenon of electrification of the powertrain in automobiles (e-mobility). This development involves considerable challenges at enterprises and the political level. Using the scenario technique, a number of assumptions were made and integrated into the analytical tool QINFORGE.

In the beginning of the scenario, the underlying assumptions have a positive effect on the economic development. However, at the long run they lead to a lower GDP and level of employment. The change in technology leads to 114.000 job cuts in the end of 2035. The whole economy loses nearly 20 billion Euro (0.6 % of the GDP). In the scenario we assume a share of only 23 percent of electric compared to all cars in 2035.

The total turnover of the workforce resulting from the electrification of the powertrain of automobiles will reach 150.000 in the year 2035. The electrification of the powertrain will especially affect skilled workers negatively. The demand for specialist and expert activities also decreases with a time delay. In the long run there are negative effects for all requirement levels.

A much higher market penetration could lead to stronger economic effects. Furthermore, a higher market share of domestic produced cars and traction batteries could generate more positive economic effects.

At the moment this scenario includes a lot of assumptions where further research is necessary. This applies in particular to the position of the supplier industry, the distinction between different types of fuel and the expansion of other mobility sectors.

1 Elektromobilität – Stand und Erwartungen

Die Automobilindustrie gehört zu den Leitbranchen der deutschen Industrie. Aufgrund ihres hohen Wertschöpfungsanteils, ihrer hohen Exportquote sowie aufgrund ihrer hohen direkten und indirekten Anzahl an Beschäftigten, gilt die Autoindustrie als systemrelevant und erhält daher ein hohes Maß an politischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Aufmerksamkeit. Dies heute umso mehr, als sich die Branche aktuell in einer Umbruchphase befindet: Kartellverdacht, Softwaremanipulation, Fahrverbote für Dieselmotorkraftfahrzeuge in Städten, das geplante Ende des Verbrennungsmotors in Frankreich oder Großbritannien, E-Quoten in China oder EU-Bußgelder für erhöhten Kohlendioxidausstoß ab 2020 (<95 Gramm CO₂ pro Kilometer) und 2030 (35 % weniger als 2020) drängen die Hersteller zu Veränderungen und befördern gegenwärtig v.a. die Entwicklung des batteriebetriebenen Autos. Die deutsche Autoindustrie hat für die kommenden Jahre eine Modelloffensive im Bereich der Elektroautos angekündigt. Dem mutmaßlichen Leitanbieter (NPE 2016: 2) steht allerdings nicht im gleichen Maße ein Leitmarkt gegenüber: Der Anteil von Elektroautos an den gesamten Pkw-Neuzulassung in Deutschland ist mit 0,7 Prozent sehr gering (Abbildung 1). Die hohen Zuwachsraten von +120 Prozent (2017) sind dem niedrigen Ausgangsniveau geschuldet. Im Bestand nehmen die Elektroautos einen noch geringeren Anteil von 0,12 Prozent ein. 2017 waren in Deutschland 53.861 Elektroautos registriert.

Die Bundesregierung fördert zwar mit unterschiedlichen Maßnahmenpaketen die Elektrifizierung des deutschen Automarktes: 2016 wurde ein Maßnahmenpakt mit einem Investitionsvolumen von knapp einer Milliarde Euro bereitgestellt. Darin enthalten sind vornehmlich drei Marktanreizprogramme, die zum einen Kaufprämien von Elektrofahrzeugen in Höhe von bis zu 4.000 Euro vorsieht, zum anderen werden 200 Millionen Euro zur Verbesserung der Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt und schließlich sollen mindestens 20 Prozent des Bundes-Fuhrparks elektrifiziert sein. Darüber hinaus gilt, dass Elektrofahrzeuge von der Kraftfahrzeugsteuer befreit sind. Daneben existieren Förderprogramme, die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der „Erneuerbaren Mobilität“ unterstützen. Das Ziel bis 2020 1 Mio. Elektroautos in Deutschland zu zählen, kann jedoch gemäß dem aktuellen Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE 2018) nicht erreicht werden. Die Zielmarke wird vermutlich erst 2022 realisiert.

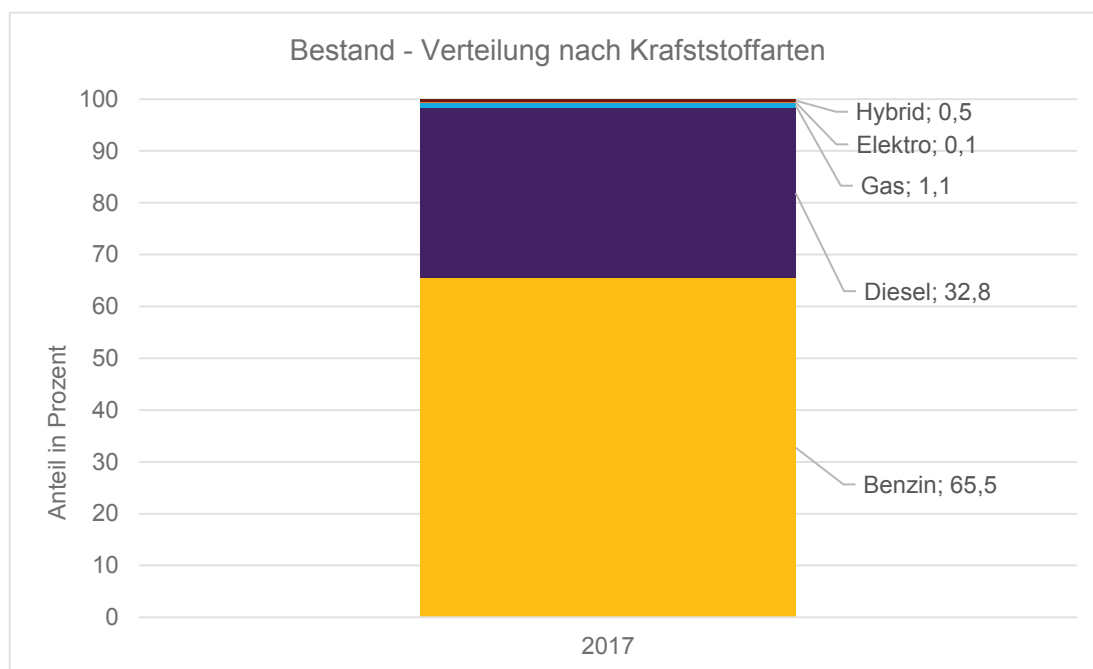
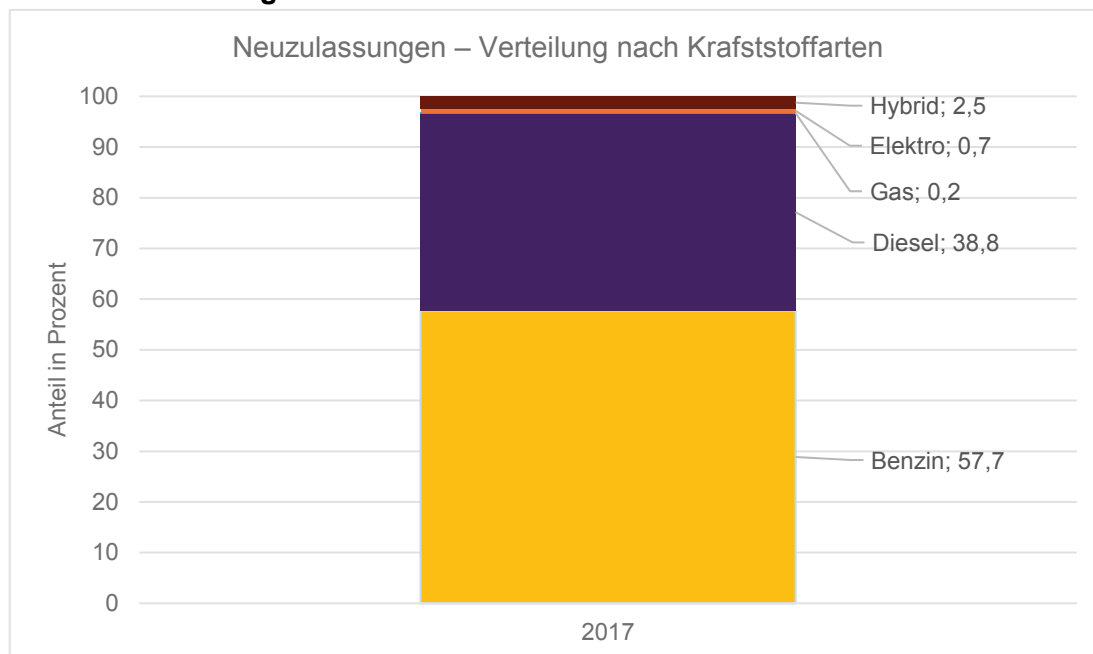
Aufgrund einer fehlenden Infrastruktur, der geringen Reichweite der Batterien sowie des noch hohen Kaufpreises werden die auf Basis des Verbrennungsmotors anfallenden Umsätze zwar in den nächsten Jahren weiterhin dominieren. Dennoch ist angesichts der skizzierten Entwicklungen eine substantielle Änderung in der Motorisierung der Fahrzeuge zu erwarten.

Einige Studien haben sich bislang mit den wirtschaftlichen und insbesondere den arbeitsmarktspezifischen Effekten einer Elektrifizierung des Antriebstrangs auseinandergesetzt. Besonders, weil in Elektroautos deutlich weniger und einfachere Teile verbaut sind und die größte und wichtigste Komponente – die Batterie und die dafür notwendigen Batteriezellen – bislang nicht in Deutschland und nicht von deutschen

Herstellern oder Zulieferern gefertigt wird (NPE 2016b), gibt es die Befürchtung hoher Arbeitsplatzverluste im Zuge des Vormarsches der Elektromobilität.

Abbildung 1

Pkw-Neuzulassungen und Pkw-Bestand nach Kraftstoffarten im Jahr 2017



Quelle: Kraftfahrtbundesamt (KBA)

Tabelle 1
Beschäftigungseffekte der Elektrifizierung des Antriebstranges in der Literatur – sortiert nach Erscheinungsjahr

Quelle	Beschäftigungseffekte
ELAB 2010	- In allen Szenarien wird eine stabile bis steigende Beschäftigungssituation in der Antriebsstrangproduktion erwartet. - Allerdings kann es zu starken Verschiebungen und Umbrüchen in der Wertschöpfungskette kommen. - Bestimmt werden Nettoeffekte
TAB 2012	- Erhöhung des BIP um 0,8 Prozent bis 2030 - Beschäftigungszuwachs um 230.000 Personen - Bestimmt werden Nettoeffekte
Schade et al. 2014	- Je nach Szenario werden positive oder negative Beschäftigungseffekte erwartet. - Bestimmt werden Nettoeffekte
NPE 2016	- Eine umfassende Förderung der Elektromobilität schafft bis 2020 etwa 25.000 neue Arbeitsplätze alleine im Automobilsektor im Vergleich zu einem „passiven“ Szenario, das die aktuelle Förderung fortschreibt. - Zuzüglich der Arbeitsplatzgewinne durch den Aufbau und den Betrieb der Ladeinfrastruktur sowie durch fiskalische Effekte werden bis 2020 30.000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen. - Bestimmt werden Bruttoeffekte
ECF 2017	- Mehr Beschäftigung v.a. im Bereich Produktion und Installation von Ladeinfrastruktur. - Weniger Beschäftigung in der Fertigung von Verbrennungsmotoren. - Insgesamt höheres Wachstum. - Produktionsstandort der Batterie entscheidend. - Bestimmt werden Bruttoeffekte
Ifo 2017	- 600.000 Industrie-Arbeitsplätze sind direkt und indirekt betroffen. - Insbesondere Arbeitsplätze in KMU wären bedroht. - Etwa 13 Prozent der Bruttowertschöpfung der deutschen Industrie würde tangiert werden. - Bestimmt werden Nettoeffekte
ELAB 2018	- Der gesamte Beschäftigungseffekt wird in allen Szenarien negativ sein. - Die Spanne reicht von -11 Prozent bis -53 Prozent an Personalbedarf. - Der Beschäftigungsaufbau bei der Produktion alternativer Antriebsstränge kann die Minderung des Personalbedarfs bei Verbrennungsmotoren nicht kompensieren. - Unter Berücksichtigung von Produktivitätssteigerungen fallen die Ergebnisse stärker negativ aus. - Bestimmt werden Nettoeffekte

Quelle: siehe Studien

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Beschäftigungseffekte in der recherchierten Literatur. Die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt unterscheiden sich deutlich, von positiven bis negativen Beschäftigungswirkungen. Diese Uneinheitlichkeit ist zum einen auf die unterschiedlichen zu Grunde liegenden Annahmen zurückzuführen, zum anderen auf die unterschiedlichen Modellierungs- und Prognosemethoden und schließlich auch auf die Berücksichtigung von Brutto- und Nettoeffekten. Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettoeffekten liegt darin, dass bei den Bruttoeffekten nur die direkten und indirekten Effekte einer Maßnahme berücksichtigt werden, aber Folgeeffekte wie z.B. Substitutions- oder Budgeteffekte keinen Eingang in die Analyse finden.¹

2 Modellierung, Szenariotechnik, Definitorik

2.1 Modellierung

Wie oben bereits erwähnt, unterscheiden sich die vorliegenden Studien zum Thema auch in der Unterschiedlichkeit ihrer Methodenwahl. Während der Großteil der Analysen auf Literaturanalysen, Befragungen, einfacher empirischer Analysen mit Szenarientechnik aufbauen (ELAB 2010, ELAB 2018, ifo 2016, NPE 2016), gibt es nur wenige Ansätze, die komplexe ökonomische Modelle für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte heranziehen (TAB 2012, Schade et al. 2014, ECF 2017). Alle drei letztgenannten Studien bauen in der ökonomischen Modellierung auf Input-Output-Tabellen auf. Während TAB (2012) und Schade et al. (2014) das ASTRA-Modell nutzen, verwendet ECF 2017 das E3ME-Modell von Cambridge Econometrics. Beide verwendeten Modelltypen sind Mehrländermodelle. Während das ASTRA-Modell allerdings dem Ansatz eines System Dynamic Modells (Lehr et al. 2011) verfolgt, ist das Input-Output-Modell E3ME von Cambridge Econometrics ein makroökonomisches Prognose- und Simulationsmodell, dessen Eigenschaften über diejenigen eines Allgemeinen Gleichgewichtsmodells hinausgehen. Die Modelle werden ebenfalls in Verbindung mit Szenarientechnik angewendet.

¹ Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettoeffekten findet sich v.a. in der Analyse der Transformation des Energiesystems. Hier werden die Investitionen in Erneuerbare Energien und seine Folgewirkung auf die Beschäftigung als positiver Bruttoeffekt gesehen. Wenn steigende Energiekosten in der Analyse berücksichtigt werden, die als Folge des Umbaus des Energiemixes zu erwarten wären, – würden die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte als Nettoeffekt klassifiziert werden (Dehnen et al. 2015).

Methodenkasten 1: QuBe-Projekt

Die BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen (QuBe-Projekt), die in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) entstanden sind, zeigen anhand von Modellrechnungen auf, wie sich das Angebot und die Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Als Datengrundlage werden mehrere Datenquellen aufeinander abgestimmt. Der Mikrozensus (letztes Erhebungsjahr 2015) liefert als amtliche Repräsentativstatistik des Statistischen Bundesamtes, an der jährlich ein Prozent aller Haushalte in Deutschland beteiligt ist, Informationen über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt. Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2016) ist Grundlage für die Projektion der Gesamtwirtschaft. Die Registerdaten der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) und der ausschließlich geringfügig Beschäftigten (AGB) der Bundesagentur für Arbeit (BA) liefern zusätzliche Informationen zu den Erwerbstätigen nach Beruf und den entsprechend gezahlten Löhnen (in der vorliegenden Projektion bis zum Jahre 2015). Die Ergebnisse werden bis zu 144 Dreistellern (Berufsgruppen) der KldB 2010 differenziert.

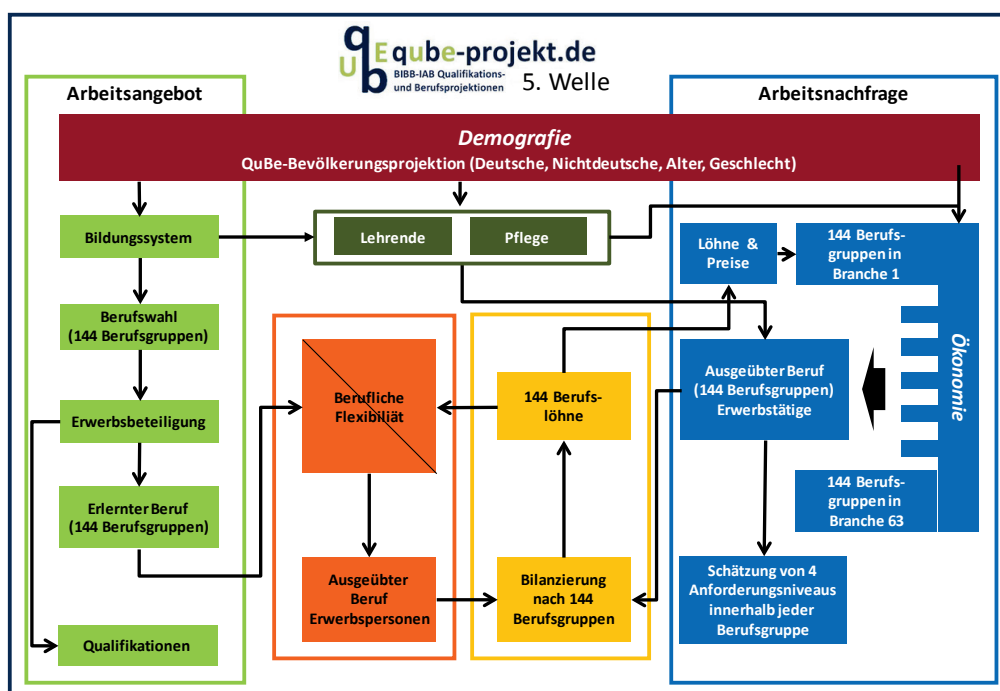
Das Alleinstellungsmerkmal des QuBe-Projektes liegt in der Verknüpfung des Arbeitsangebots nach einem erlernten Beruf mit der berufsspezifischen Arbeitsnachfrage durch die Verwendung beruflicher Flexibilitätsmatrizen. Hierdurch kann eine fachliche Bilanzierung des Arbeitsmarktes durch den Vergleich von Erwerbspersonen und Erwerbstätigen nach Berufsgruppen erfolgen.

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf der Basisprojektion der fünften Projektionswelle. Diese baut auf den Methoden der vorherigen Wellen auf (Helmrich und Zika 2010; Maier et al. 2014; Maier et al. 2016, Zika et al. 2012) und nimmt zudem weitere Erneuerungen mit auf. Für die Ermittlung des Personalbedarfs in Pflege, Erziehung und Unterricht sind detaillierte Module („Pflege“ und „Lehrende“) entwickelt worden, die nicht nur die Nachfrage nach Arbeitskräften, sondern auch die ökonomischen Folgen für das Gesundheits- und Sozialwesen berücksichtigen. Wie das überarbeitete Haushaltsmodul, das die Anzahl der Haushalte mit deutschem und nichtdeutschem Vorstand ermittelt, basieren diese Module auf der QuBe-Bevölkerungsprojektion.

Mit dem QuBe-Projekt wird in der Basisprojektion ein Empirie-basiertes Konzept verfolgt: Es werden nur bislang nachweisbare Verhaltensweisen in die Zukunft projiziert. In der Vergangenheit nicht feststellbare Verhaltensänderungen sind somit nicht Teil der Basisprojektion. Dies gilt auch für die modellierten Marktanpassungsmechanismen. Die nachfolgende Abbildung gibt einen groben Überblick über die Funktionsweise des Modells.

Weitere Informationen unter www.QuBe-Projekt.de; Ergebnisse finden sich unter www.qube-data.de

Abbildung 2
QINFORGE im Überblick

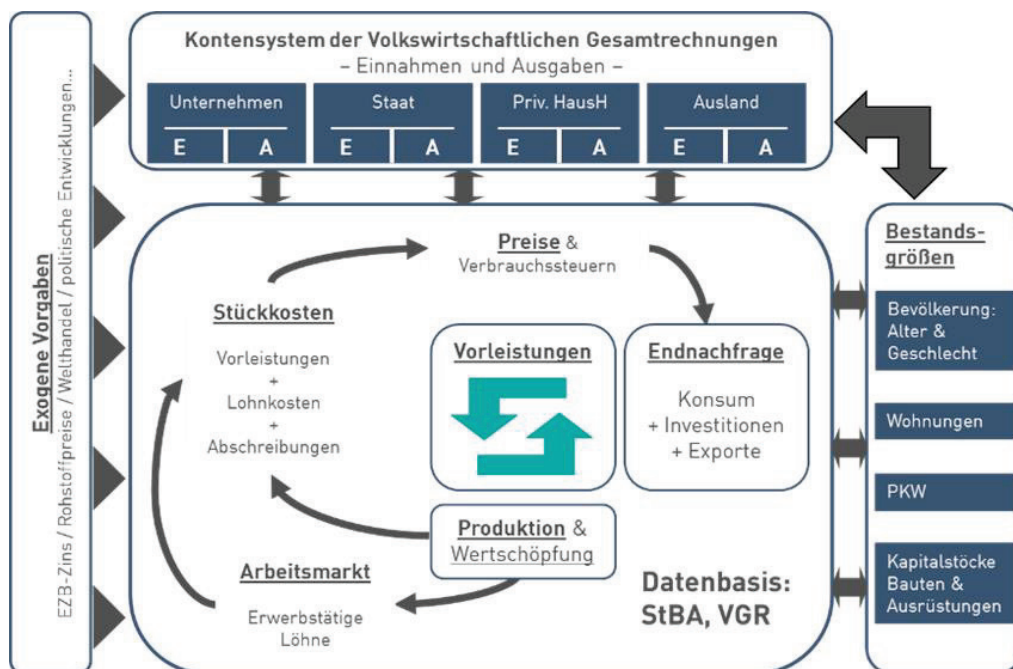


Quelle: QuBe-Projekt

Methodenkasten 2: Das IAB/INFORGE-Modell

Das IAB/INFORGE-Modell ist ein nach Produktionsbereichen und Gütergruppen tief disaggregiertes ökonometrisches Prognose- und Simulationsmodell für Deutschland, das von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) entwickelt worden ist und seit 1996 durchgehend betrieben und aktualisiert wird (Ahlert et al. 2009). Das Modell beruht auf den Konstruktionsprinzipien „bottom-up“ und „vollständige Integration“. „Bottom-up“ besagt, dass die einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft sehr detailliert modelliert und die gesamtwirtschaftlichen Variablen durch Aggregation im Modellzusammenhang gebildet werden. Damit gelingt sowohl eine lückenlose Darstellung der einzelnen Sektoren im gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang und in der intersektoralen Verflechtung als auch eine Erklärung gesamtwirtschaftlicher Zusammenhänge, die die Volkswirtschaft als Summe ihrer Branchen begreift. „Vollständige Integration“ meint eine Modellstruktur mit der Abbildung der interindustriellen Verflechtung und einer Erklärung der Einkommensverwendung der privaten Haushalte aus der Einkommensentstehung in den einzelnen Sektoren (Abbildung 2). Die Exportnachfrage wird über das Welthandelsmodell TINFORGE (Wolter et al. 2014) bestimmt, welches die bilateralen Handelsverflechtungen von 154 Ländern und eine Region projiziert. Die in TINFORGE prognostizierte Importnachfrage nach deutschen Produkten bestimmt über bilaterale Handelsmatrizen die güterspezifischen Exporte Deutschlands.

Abbildung 3
IAB/INFORGE im Überblick



Quelle: QuBe-Projekt

Die von uns gewählte Methode folgt dem Ansatz der komplexen ökonomischen Modellierung in Verbindung mit Szenarientechnik, wie sie auch von ECF (2017), TAB (2012) und Schade et al. (2014) verfolgt wird. Dabei ähnelt das hier verwendete makroökonomische Input-Output-Modell INFORGE in vielen Bereichen dem Modell E3ME. Der Fokus liegt aber nicht auf einer Mehrländermodellierung, sondern auf einer Abbildung der Arbeitsnachfrage nicht nur nach Branchen, sondern auch nach Berufen und Anforderungsniveaus. Auch erlaubt die bottom-up Struktur branchenspezifische Annahmen zu setzen.

INFORGE ist der ökonomische Kern des im Rahmen des QuBe-Projektes (siehe Methodenkasten 1) erweiterten Modells QINFORGE. INFORGE ist ausführlich in Ahlert

et al. (2009) beschrieben. Seine wichtigsten Eigenschaften können im Methodenkasten 2 nachgelesen werden.

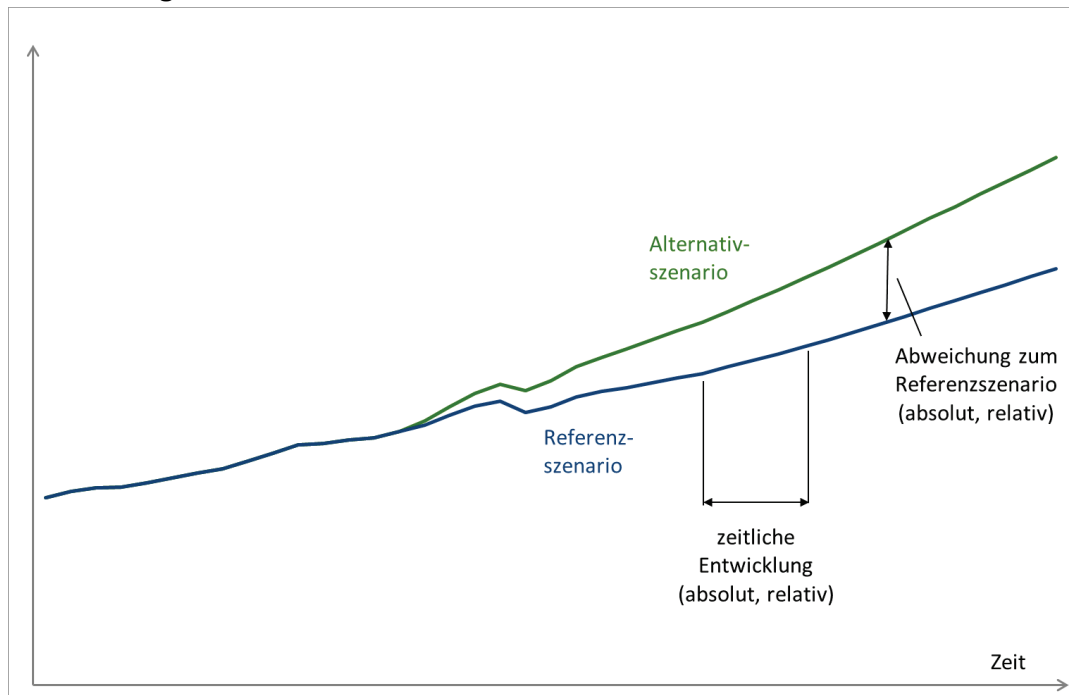
2.2 Szenarientechnik

Die Effekte von bestimmten (ökonomischen, technologischen, sozialen) Entwicklungen werden üblicherweise mittels „Was-wäre-wenn“-Analysen untersucht, um die Implikationen von divergierenden Annahmen zu berechnen.² Der Vergleich von zwei Szenarien offenbart die Implikationen verschiedener Annahmen. Ein Szenario ist das Referenzszenario, das plausible und konsistente zukünftige Entwicklungen darstellt. In einem Alternativszenario werden andere Annahmen z. B. bezüglich der wirtschaftlichen oder demografischen Entwicklung variiert. Die Modellzusammenhänge bleiben dabei unverändert, sodass Differenzen in den Ergebnissen allein auf die geänderten Annahmen zurückgeführt werden können. Die Darstellung der Ergebnisse kann im zeitlichen Ablauf für ein Szenario erfolgen oder im Vergleich zweier Szenarien zu einem Zeitpunkt (Abbildung 4). Im hier verwendeten Modellrahmen führten bereits Wolter et al. (2016) eine solche Szenarioanalyse zu den Wirkungen von Wirtschaft 4.0 in Deutschland durch. In der vorliegenden Studie wird die Szenariotechnik eingesetzt, um die Folgen einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf die Wirtschaft und die Beschäftigung zu quantifizieren.

Als Referenzszenario wird die Basisprojektion der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektion (QuBe-Basisprojektion) verwendet, die im Rahmen der 5. Welle der QuBe-Projektion (Maier et al. 2018 im Erscheinen; Methodenkasten 1) veröffentlicht wurde. Die darin beschriebene Entwicklung enthält bereits Annahmen bzgl. der Entwicklung des Motorisierungsgrades, der Neuzulassungen und Bestandes an Personenkraftwagen insgesamt. Eine Differenzierung nach Motortypen liegt nicht vor und muss in Form von Annahmen in der Szenarienentwicklung aufgegriffen werden. Weitere Folgewirkungen einer Elektrifizierung, die über das endogene Maß der Modellierung herausgehen wie bspw. Investitions- und Weiterbildungsbedarf, Kostenimplikationen für Batterie, Chemie oder Kunststoff oder Verschiebungen im Handel müssen ebenfalls Bestandteil der getroffenen Annahmen sein.

² Zur Methode siehe auch: Helmrich/Zika 2018

Abbildung 4
Anwendung der Szenariotechnik



Quelle: QuBe-Projekt

Für die Szenarienanalyse ist vor allem die detaillierte Modellierung der Branchen mit ihren Kostenstrukturen auf Basis der Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes und die feingliedrige Darstellung nach 63 Wirtschaftszweigen, 144 Berufen und 4 Anforderungsniveaus wertvoll. Dadurch sind Veränderungen der Produktionsweise in den Branchen, wie auch der Berufs- und Anforderungsstrukturen nach Branchen abbildbar.

2.3 Definition Elektromobilität

Das Kraftfahrbundesamt definiert Elektrofahrzeuge als „Fahrzeuge mit ausschließlich elektrischem Antrieb“ (KBA 2017: 6). Diese Definition der Elektroautos ist enger als die der Bundesregierung, die neben rein elektrisch betriebenen Autos auch Kombinationen von E-Motoren und kleinen Verbrennungsmotoren und am Stromnetz aufladbare Hybridfahrzeuge als Elektrofahrzeuge versteht.³ Wir folgen der Definition des Kraftfahrbundesamtes, wonach im Weiteren ausschließlich Personenkraftwagen mit elektrischem Antrieb betrachtet werden. Dies schließt auch Brennstoffzellenfahrzeuge ein, die ebenfalls als Elektroautos eingestuft werden, da sie elektrische Energie zur Fortbewegung nutzen und diese zwischenzeitlich in Traktionsbatterien speichern. Hybrid-Fahrzeuge, die mindestens zwei unterschiedliche Antriebsarten besitzen, fallen allerdings in den „Restbereich“ der Personenkraftwagen. Außerdem werden im Folgenden nur Personenkraftwagen betrachtet. Leichte Lastkraftwagen, kleine Transporter oder Sprinter sind nicht Bestandteil der Analyse.

³ Siehe <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/>

3 Annahmen

Die Operationalisierung des Elektromobilitäts-Szenarios beruht auf insgesamt 17 Annahmen und 14 quantitativen Einstellungen, die neben den notwendigen Investitionen sowohl Komponenten der Endnachfrageseite als auch die Kostenstruktur einzelner Branchen und die Produktivität des Fahrzeugbaus betreffen (vgl. Tabelle 2). Die Komplexität dieses Szenarios erfordert daher eine Vielzahl an Eingriffen, deren gesamtwirtschaftlichen Effekte in ihrer Gesamtheit ohne modelltheoretischen Hintergrund nicht abzuschätzen sind. Einzelne Einstellungen können sich in ihren Wirkungen verstärken, abschwächen oder ausgleichen – der Gesamteffekt ist daher a priori völlig offen. Umso entscheidender sind die Festlegung der notwendigen Stellschrauben und die gesetzten Annahmen. Diese formen über die Modellmechanismen den Output und bedürfen daher einer genauen Beschreibung und Begründung.

Tabelle 2 listet alle Annahmen auf. Sie werden in den folgenden Unterkapiteln „Generelle Einschätzung“ bis „Produktivitätseffekt“ erläutert.

Tabelle 2
Liste der Annahmen

	Annahmen	Teilszenario
1	Motorisierungsgrad	-/-
2	Marktdurchdringung	-/-
3	Export	-/-
4	Investitionsbedarf Automobilindustrie	Elektromobilität_4
5	Infrastruktur 1 – Ladestationen	Elektromobilität_4-5
6	Infrastruktur 2 – Stromsystem	Elektromobilität_4-6
7	Importbedarf E-Pkws	Elektromobilität_4-7
8	Vorleistungsimport Batterie	Elektromobilität_4-8
9	Kosteneffekt 1 – Batterie	Elektromobilität_4-9
10	Kosteneffekt 2 – Chemie	Elektromobilität_4-10
11	Kosteneffekt 3 – Kunststoff	Elektromobilität_4-11
12	Kosteneffekt 4 – Elektronik	Elektromobilität_4-12
13	Kosteneffekt 5 – Weiterbildung	Elektromobilität_4-13
14	Kosteneffekt 6 – Zulieferindustrie	Elektromobilität_4-14
15	Kraftstoffbedarf 1 – private Haushalte	Elektromobilität_4-15
16	Kraftstoffbedarf 1 – Gewerbliche Nachfrage	Elektromobilität_4-16
17	Produktivitätseffekt Automobilindustrie	Elektromobilität_4-17

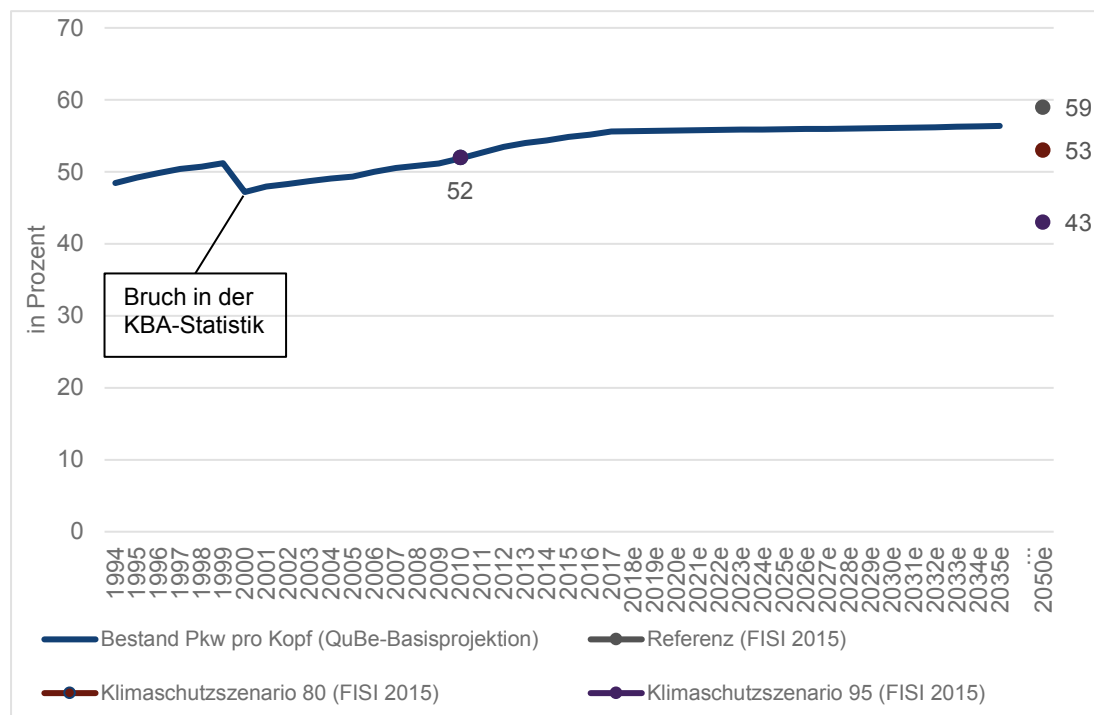
Quelle: QuBe-Projekt

3.1 Generelle Einschätzung – Annahmen 1 bis 3

Der **Motorisierungsgrad** – gemessen am Bestand der Personenkraftwagen an der Bevölkerung – wird insbesondere in Klimastudien als eine wichtige Einflussgröße auf die zukünftige Erreichung von z.B. CO₂-Emissionsminderungszielen herangezogen (FISI 2015). Da eine Elektrifizierung des Antriebsstranges aber nicht per se auch eine Änderung des Fahrverhaltens oder gar der Nachfrage nach Kraftfahrzeugen impliziert, nehmen wir im Weiteren an, dass es im Vergleich zum Referenzszenario zu keiner Änderung des Motorisierungsgrades kommen wird. Diese Annahme besagt

auch, dass es keine Veränderung des Mobilitätsverhaltens der privaten und gewerblichen Nachfrager nach Fahrzeugen über das im QuBe-Basiszenario angenommene Maß hinausgehen wird. Wie Abbildung 5 zeigt, liegt der Motorisierungsgrad momentan bei knapp 55,6 Prozent. Bis 2035 wird der Bestand pro Kopf leichtzunehmen und 2035 bei 56,4 Prozent liegen. Damit liegt die Erwartung unterhalb der Annahmen des Referenzszenarios aus der Studie von FISl (2015). Sie liegt aber deutlich über den Erwartungen bei den für FISl (2015) errechneten Klimaschutzszenarien.

Abbildung 5
Motorisierungsgrad in unterschiedlichen Referenzszenarien

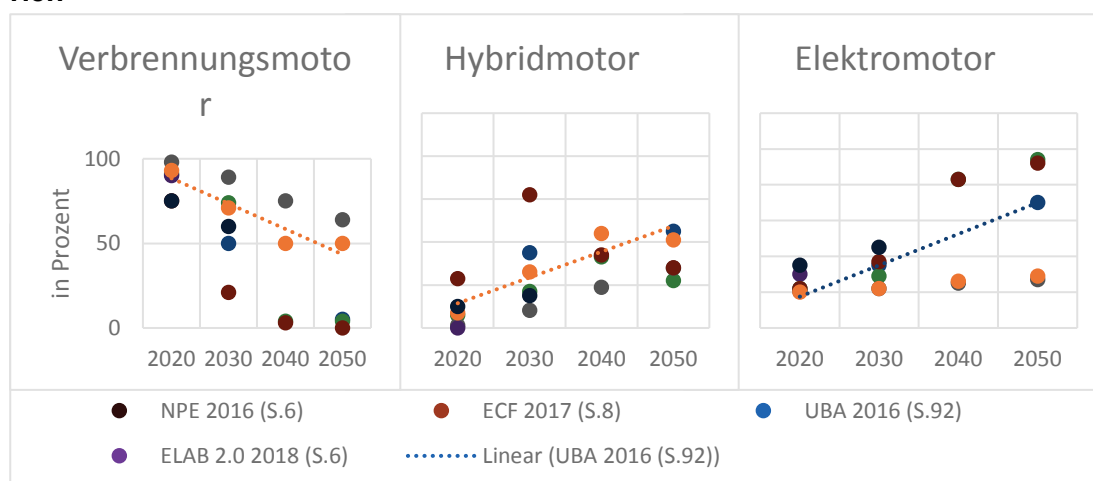


Quelle: KBA, FISl 2015, QuBe-Basisprojektion

Die **Marktdurchdringung** von elektrisch angetriebenen Personenkraftwagen ist eine entscheidende Annahme für die nachfolgende Analyse, da darauf alle anderen Annahmen aufbauen. Gegenwärtig ist die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen sowohl bei den Neuzulassungen als auch im Bestand in Deutschland sehr gering (vgl. Abbildung 1). Wie die zukünftige Marktdurchdringung aussehen wird, ist tatsächlich die Folge von politischen, wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Änderungen. Eine zwingende Elektroquote – wie sie bspw. in China eingeführt und auch schon auf EU-Ebene diskutiert wurde – ist gegenwärtig in Deutschland nicht abzusehen. Von daher ist die im Folgenden angenommene Marktdurchdringung – die hier exogen vorgegeben wird und sich nicht endogen aus dem Modellkontext ergibt – eher als Mittel zum Zweck für die Analyse der Beschäftigungseffekte zu sehen, statt als eigentliche Bestimmungsgröße. Es wird also keine Prognose für die Möglichkeiten der Erreichbarkeit dieser Marktdurchdringung angestellt, sondern die Wirkung auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt bei Erreichen einer angenommenen Marktdurchdringung betrachtet.

Für Herleitung der Annahme bezüglich der Marktdurchdringung von Elektroautos, wurden die Annahmen aus einer Vielzahl an Studien gesammelt und zusammengeführt. Da alle Studien – ähnlich wie die Vorliegende – die Marktdurchdringung exogen vorgeben, liegen in der Regel unterschiedliche Zielszenarien der Marktdurchdringung vor. In den Referenzszenarien wird eine Marktdurchdringung beschrieben, die aus heutiger Perspektive und ohne eine stärkere Förderung von Elektroautos erreicht werden könnten. Aus diesem Grund fallen die Marktanteile der Elektroautos durchgehend geringer im Referenzszenario aus als in den alternativen Zielszenarien. Ein Überblick über die Marktdurchdringung nach Kraftstoffarten in den Referenzszenarien zeigt Abbildung 6. Grundsätzlich wird in allen Szenarien deutlich – wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung – dass sich in langer Frist der Marktanteil zwischen Verbrennungs- und Elektromotoren zu Ungunsten des Verbrenners verschiebt.

Abbildung 6
Marktdurchdringung nach Kraftstoffarten in unterschiedlichen Referenzszenarien

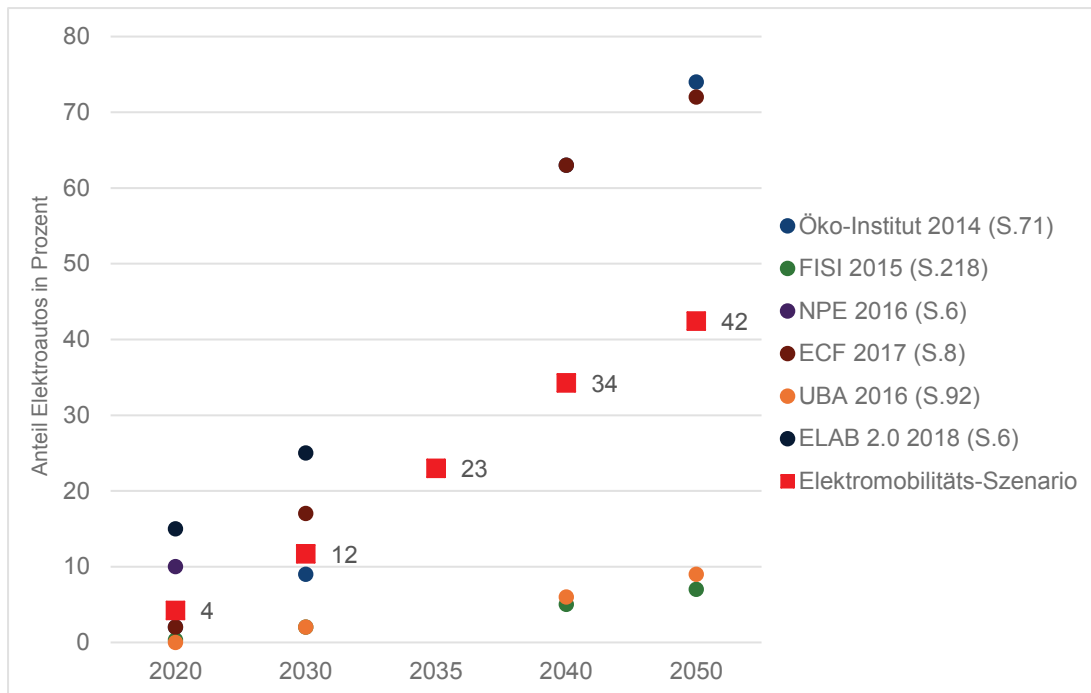


Quelle: siehe Studien

Wird ein Mittelwert über die Annahmen gezogen, so ergibt sich für den reinen Elektroantrieb eine Marktdurchdringung von 23 Prozent bis zum Jahr 2035 (vgl. Abbildung 7).

Die Studien divergieren in ihren Annahmen zusehends je weiter in die Zukunft geblickt wird. Während die beiden Studien FIS (2015) und UBA (2016) einen nur sehr schwachen Anstieg der Marktdurchdringung von Elektroautos von unter 10 Prozent bis zum Jahr 2050 annehmen, halten das Öko-Institut (2014) und ECF (2017) eine Marktdurchdringung von über 70 Prozent für möglich. Unter den hier getroffenen Annahmen werden die Neuzulassungen von Elektroautos im Jahr 2035 eine Höhe von knapp 600.000 erreichen.

Abbildung 7
Marktdurchdringung von Elektroautos in unterschiedlichen Referenzszenarien



Quelle: QuBe-Projekt, siehe Studien

Bei einer **Exportquote** von heute 75,5 Prozent (Wietschel 2017: 9) gehen etwa 74.000 in Deutschland produzierte Elektroautos in den Export. Damit liegt die Elektroauto-Exportquote ähnlich hoch wie bei den Verbrennern. Gemäß dem McKinsey's Electric Vehicle Index (EVI)⁴ hält Deutschland einen Anteil von 18 Prozent an der weltweiten Produktion von Elektroautos. Zusammen mit der hohen Exportquote wird dadurch das Bild eines Leitanbieters bestätigt. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Projektion keine zusätzliche Annahme zu der (nominalen) Exportentwicklung von Elektro-Pkws getätigt. Das Exportvolumen von Kraftfahrzeugen wird sich auf dem von der Basisprojektion vorgegebenen Pfad entwickeln. Diese Annahme ist eine entscheidende Annahme bezüglich der Wachstumsaussichten der Automobilbranche. Würden sich die Exportchancen durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs erhöhen (oder senken), könnte Deutschland auf mehr (oder weniger) Wachstum in Zukunft hoffen.

3.2 Investitionsbedarf Autoindustrie

Um in der Herstellung des elektrischen Antriebsstrangs Kompetenz aufzubauen, muss die Autoindustrie zum einen Investitionen in Forschung und Entwicklung leisten. Zum anderen liegt Investitionsbedarf in der Erweiterung und/oder Änderung der Produktionsplattformen vor, damit auch die elektrifizierten Kraftwagen produziert werden können. Für beides beziffert der Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA)⁵

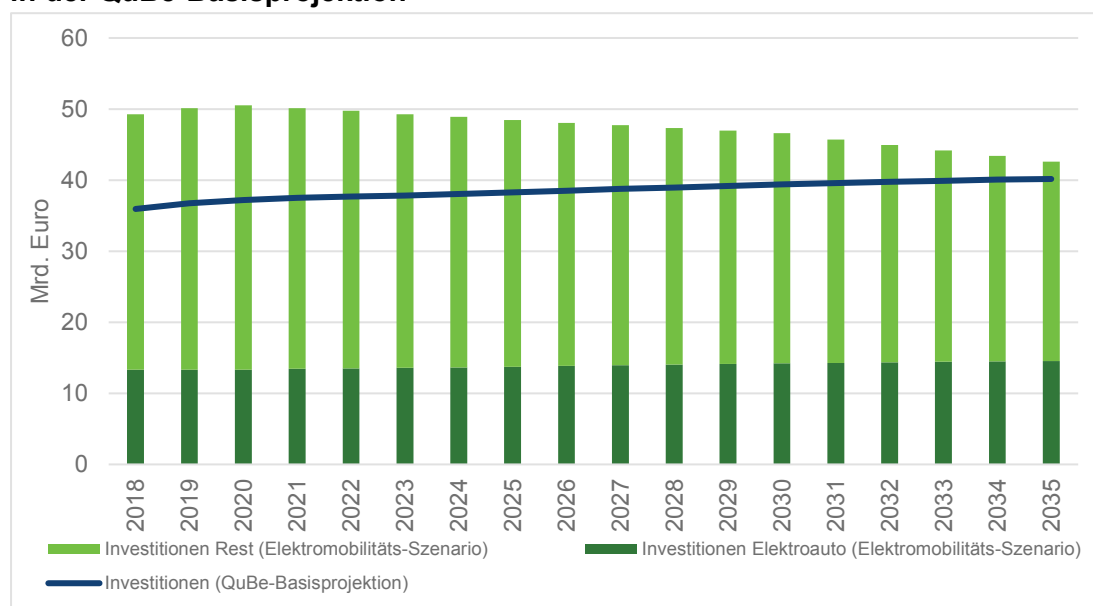
⁴ <https://www.mckinsey.de/branchen/automobil-zulieferer/electric-vehicle-index>

⁵ VDA-Pressemitteilung 03. Juli 2018 "Mattes: Deutsche Automobilindustrie setzt auf Elektromobilität, Digitalisierung und Vernetzung".

den Investitionsbedarf der Automobilindustrie für die Jahre 2018 bis 2020 auf 40 Mrd. Euro.

Im Szenario werden die 40 Mrd. Euro gleichverteilt über die Jahre 2018 bis 2020 auf die Investitionen der Automobilindustrie in Ausrüstungen und Sonstige Anlagen addiert. Das sind 13,3 Mrd. Euro zusätzliche Investitionen pro Jahr.

Abbildung 8
Investitionsbedarf der Automobilindustrie im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

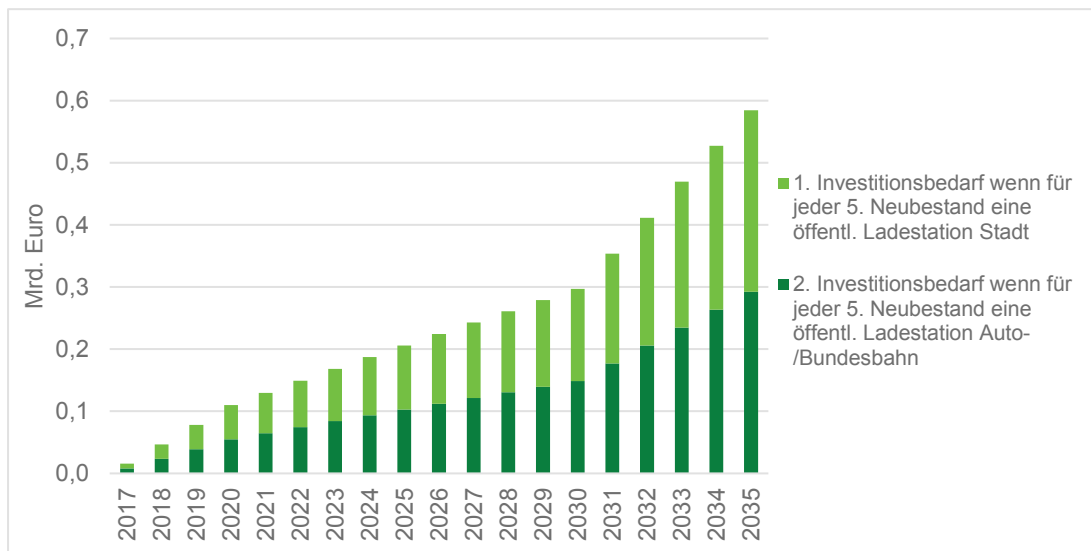
In den Folgejahren werden die mit Verbrennungsmotoren in Verbindung stehenden Investitionen gemäß deren anteiligen Rückgang an den Neuzulassungen sinken. Dies gilt sowohl für die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten als auch für Ausrüstungsinvestitionen. Dagegen werden die für die Produktion von Elektroautos notwendigen Investitionen weiterhin steigen. Entsprechend des unterstellten Produktivitätsfortschritts (vgl. Kapitel Produktivitätseffekt) gehen wir davon aus, dass die Investitionen pro Elektroauto schneller steigen als die Investitionen pro Verbrenner in der QuBe-Basisprojektion. Abbildung 8 zeigt, dass sich der Investitionsverlauf langfristig dem Niveau aus der QuBe-Basisprojektion annähern wird.

3.3 Infrastruktur 1 – Ladestation

Eine flächendeckende Ladeinfrastruktur ist Voraussetzung für eine Marktdurchdringung von Elektroautos. Entsprechend muss eine Annahme über den Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladestationen – Normal- und Schnellladestationen – getroffen werden.

Aktuell liegt die Anzahl öffentlich zugänglicher Ladestationen bei 11.371. Etwa 12 Prozent davon sind Schnellladesäulen.⁶ Bei einem Elektroauto-Bestand von gegenwärtig 53.861 ergibt sich daraus ein Verhältnis von 4,7 – das heißt, auf fast jedes fünfte Elektroauto im Bestand kommt eine Ladestation. Wenn kein Mehrausbau in die Infrastruktur getätigt werden würde, würden 2035 fast 524 Elektroautos eine Ladestation teilen.

Abbildung 9
Investitionsbedarf von Ladestationen im Elektromobilitäts-Szenario



Quelle: QuBe-Projekt

Um das Verhältnis Elektroauto zu Ladestation bei 5:1 halten zu können (ECF 2017: 2016), entsteht ein zusätzlicher Investitionsbedarf in die Ladeinfrastruktur. Der Investitionsbedarf entsteht sowohl in der Stadt zur Vermeidung von Unterversorgung, als auch auf Autobahnen und Bundesstraßen, um eine durchgehende E-Mobilität zu gewährleisten. (NPE 2015). Abbildung 9 zeigt den geschätzten Investitionsbedarf gemäß der angenommenen Entwicklung des Elektroautobestandes.

Für den Bau und die Wartung werden durchschnittlich 2.000 Euro pro Ladestation angesetzt.⁷ Die notwendigen Bauinvestitionen werden vom Staat getragen, da der Aufbau von Schnellladeinfrastruktur überwiegend im Rahmen von Förderprogrammen erfolgt (NPE 2015).

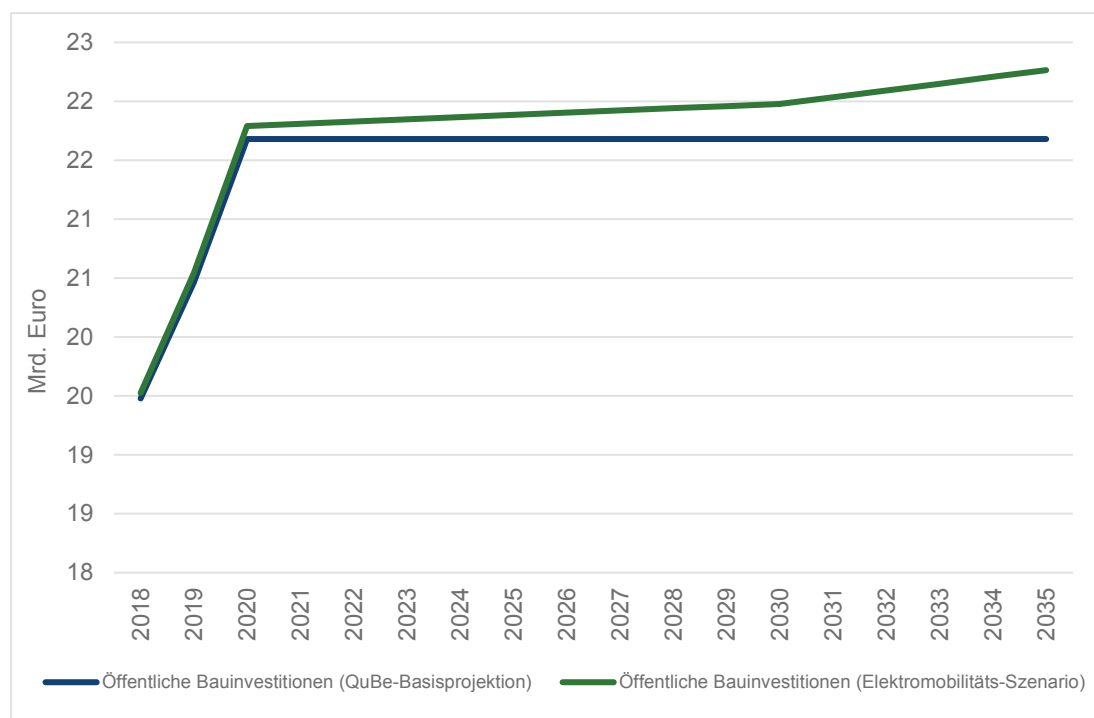
Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der Bauinvestitionen in der QuBe-Basisprojektion und im Elektromobilitäts-Szenario. Es ergeben sich kumuliert bis 2035 Zusatzinvestitionen von knapp 5 Mrd. Euro. Möglicherweise sinkende Ersatzinvestitionen bei Kraftstoff-Tankstellen werden nicht betrachtet.

⁶ Ladesäulenregister Bundesnetzagentur, Stand 05.09.2018

⁷ Die Kosten für Bau und Wartung von Ladestationen variieren derzeit noch stark (vgl. <http://www.just-park.de/fakten/ladestation-kosten>). Die hier angesetzten Kosten von 2.000 Euro pro Ladestation sind etwas höher als der Mittelwert, enthalten aber auch Wartungskosten.

Abbildung 10

Bauinvestitionen der öffentlichen Hand im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



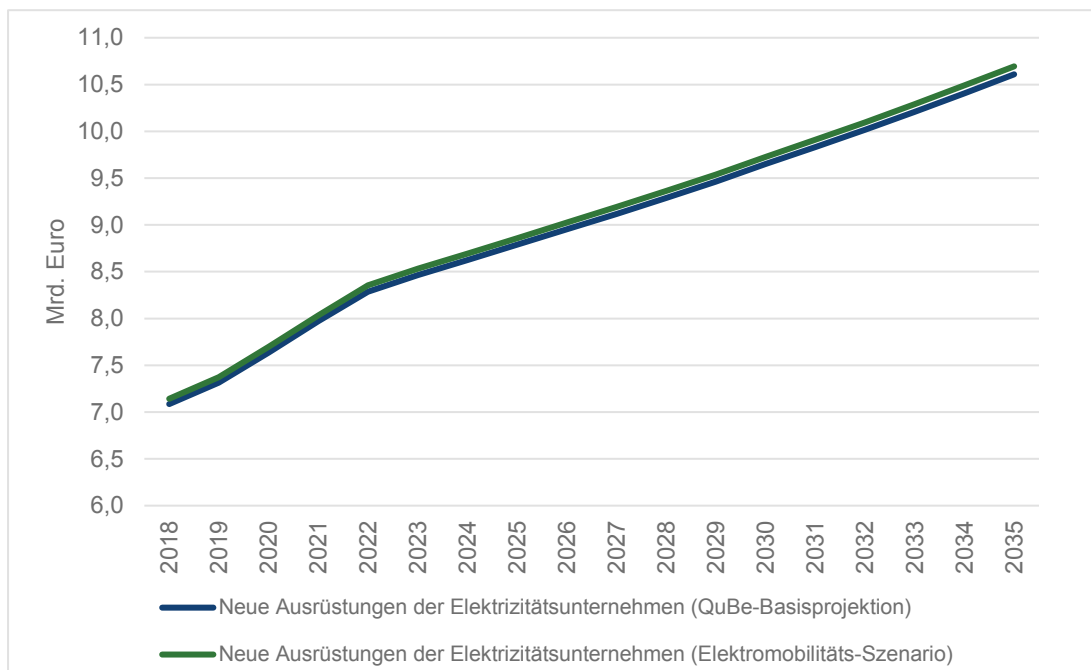
Quelle: QuBe-Projekt

3.4 Infrastruktur 2 – Stromsystem

Die Marktdurchdringung von Elektroautos bedingt neben dem Aufbau einer flächen-deckenden Ladeinfrastruktur auch eine Modernisierung des Stromnetzes. Die Sys-tembelastung, die von einem (unkoordinierten) Aufladen von immer mehr Elektroau-tos verursacht würde, dürfte für Stromspitzen (insbesondere abends) sorgen und so-mit „zu erhöhten Kapazitätsanforderungen an das Netz und die Stromerzeugung füh-ren und mit hohem Stromproduktionskosten einhergehen“ (ECF 2017: 14). Intelli-gente Ladesysteme könnten negative Auswirkungen auf die Stromverteilung und -erzeugung verhindern.

Im Elektromobilitäts-Szenario wird daher angenommen, dass die Elektrizitätsunter-nehmen in den Ausbau eines intelligenten Ladesystems interessiert sind. Der Inves-titionsbedarf wird von ECF (2017: 18) übernommen, der sich auf 1,350 Mrd. Euro ku-muliert bis 2035 erstreckt (vgl. Abbildung 11).

Abbildung 11
Investitionsbedarf Stromsystem im Elektromobilitäts-Szenario und in der
QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

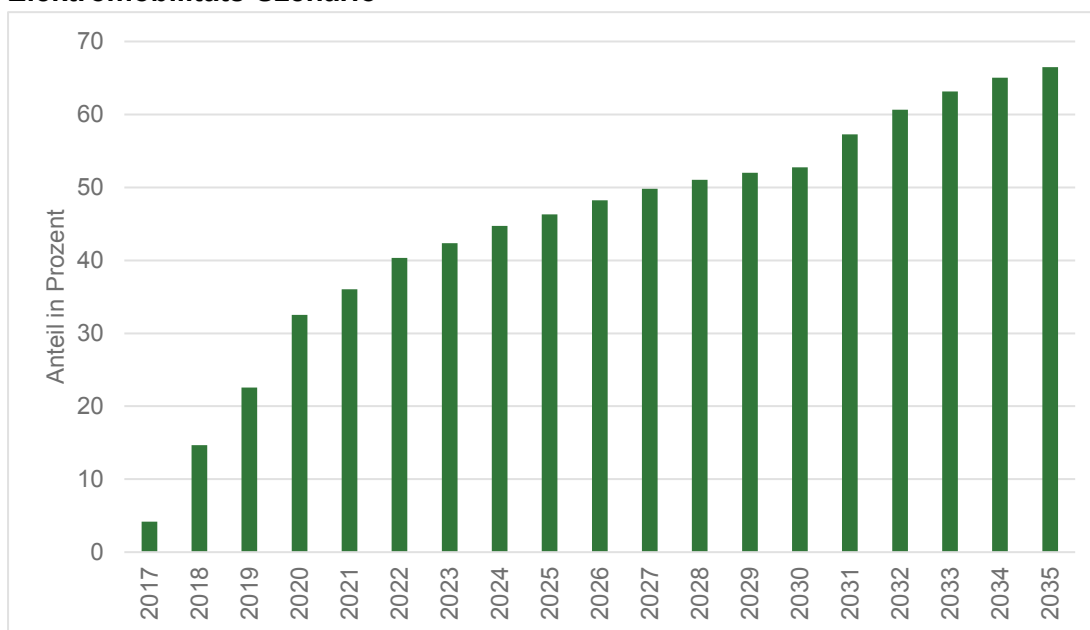
3.5 Importbedarf Elektroauto

Der Importbedarf an Elektroautos wird von keiner bekannten Datenbank veröffentlicht. Die Herleitung der importierten Elektroautos erfolgt gemäß Tabelle 3. Aus Wiet-schel et al. (2017: 10) ist bekannt, dass ca. 98.000 E-Fahrzeuge in Deutschland pro-duziert werden. Der Inlandsabsatz liegt bei rund 24.000 Autos und ist das Ergebnis aus der Subtraktion der inländischen Produktion mit dem Export von Elektroautos: der Mehrbedarf an Elektroautos muss – wenn nicht aus der eigenen Produktion be-friedigt – aus den Importen gedeckt werden. Vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) sind die Neuzulassungszahlen nach Kraftstoffarten bekannt. 2017 wurden 25.056 Elektroau-tos neu zugelassen. Der Importbedarf ist das Residuum zwischen Neuzulassungen und Inlandsabsatz. Als Anteil zu den Neuzulassungen ergibt sich die Importquote von geschätzten 4 Prozent.

Tabelle 3**Herleitung des Importbedarfs und der Importquote von Elektroautos im Elektromobilitäts-Szenario**

	2017
E-Fahrzeugproduktion in DE	98.000
Absatz von Elektroautos in DE	24.010
Export von Elektroautos in DE	73.990
Neuzulassungen an Elektroautos in DE	25.056
Importbedarf an Elektroautos	1.046
Elektroauto Importquote (Importe/NZL)	4,2 %

Quelle: QuBe-Projekt

Abbildung 12**Importquote der Elektroautos an allen Neuzulassungen von Elektroautos im Elektromobilitäts-Szenario**

Quelle: QuBe-Projekt

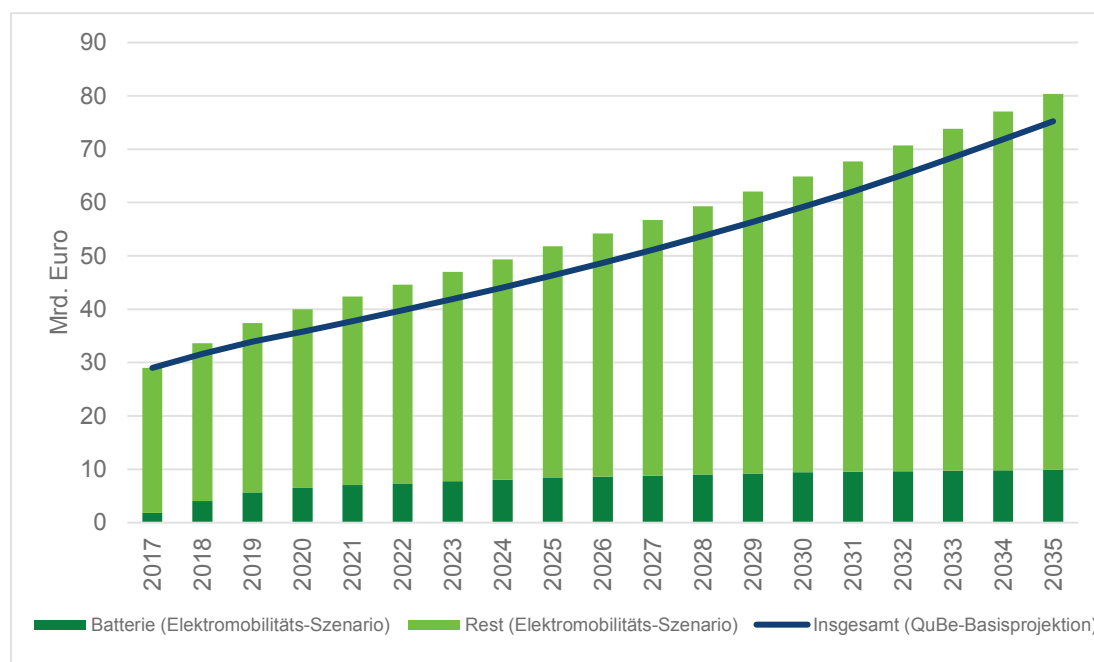
Im Elektromobilitäts-Szenario wird davon ausgegangen, dass der Importbedarf steigt, da (wie bei Verbrennern auch) die Inlandsproduktion abzüglich der Exporte nicht ausreicht, um den steigenden Bedarf zu decken. Die Importquote erhöht sich annahmegemäß entsprechend der Entwicklung der E-Anteile an den Neuzulassungen insgesamt. Abbildung 12 zeigt die Importquote der Elektroautos. Bis 2035 wird die Importquote auf 66 Prozent ansteigen. Damit wird sie dann in etwa auf dem Niveau der Importquote bei den Verbrennungsmotoren (2017: 64 %) liegen. Der Anteil der Elektroautos an den Importen aller Kraftfahrzeuge nimmt dann 31 Prozent an – 2017 lag der Anteil noch bei 0,05 Prozent.

3.6 Vorleistungsimport der Batterie

Während die vorangegangene Annahme sich auf den Importbedarf ganzer Elektroautos bezog, wird im Folgenden eine Annahme bezüglich des Importbedarfes der für den Antrieb von Elektroautos notwendigen Batterie getroffen. Traktionsbatterien werden für den Betrieb von Elektroautos benötigt. Seit 2015 gibt es in Deutschland keine Fabrik, die die Herstellung von für Traktionsbatterien notwendigen Batteriezellen in

ausreichender Anzahl leisten kann (NPE 2016b: 5). Da die Transaktionsbatterie zelle einen Anteil von 60-70 Prozent an der Wertschöpfung des gesamten Batteriepacks einnimmt (NPE 2016b: 5), erhält sie eine hohe Systemrelevanz. Für die inländische Produktion von Elektroautos wird demnach eine verstärkte Vorleistungsnachfrage nach Traktionsbatterie zellen nötig sein. Die deutschen Hersteller konzentrieren sich aber bislang auf die Zusammensetzung der Batteriepacks. Die Batterie zellen müssen aus dem Ausland importiert werden. V.a. Japan, Korea und China sind die dominierenden Anbieter.

Abbildung 13
Vorleistungsimporte elektronischer Ausrüstung im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

In der Wirtschaftszweigsystematik werden Batterien dem Wirtschaftszweig elektronische Ausrüstungen (WZ-27) zugeordnet. Der Importanteil der Batterien an den elektronischen Ausrüstungen insgesamt nimmt ungefähr 6,7 Prozent ein. Allerdings beinhaltet dies alle Batterien (und Akkumulatoren) und nicht nur die für Elektroautos relevanten Traktionsbatterien. Der Importanteil an elektronischen Ausrüstung mit 6,7 Prozent wird daher überschätzt. Der Importbedarf an Batterien wird mit der inländischen Produktion von Elektroautos fortgeschrieben. Entsprechend steigen die Vorleistungsimporte elektronischer Ausrüstungen stärker als in der QuBe-Basisprojektion (Abbildung 13).

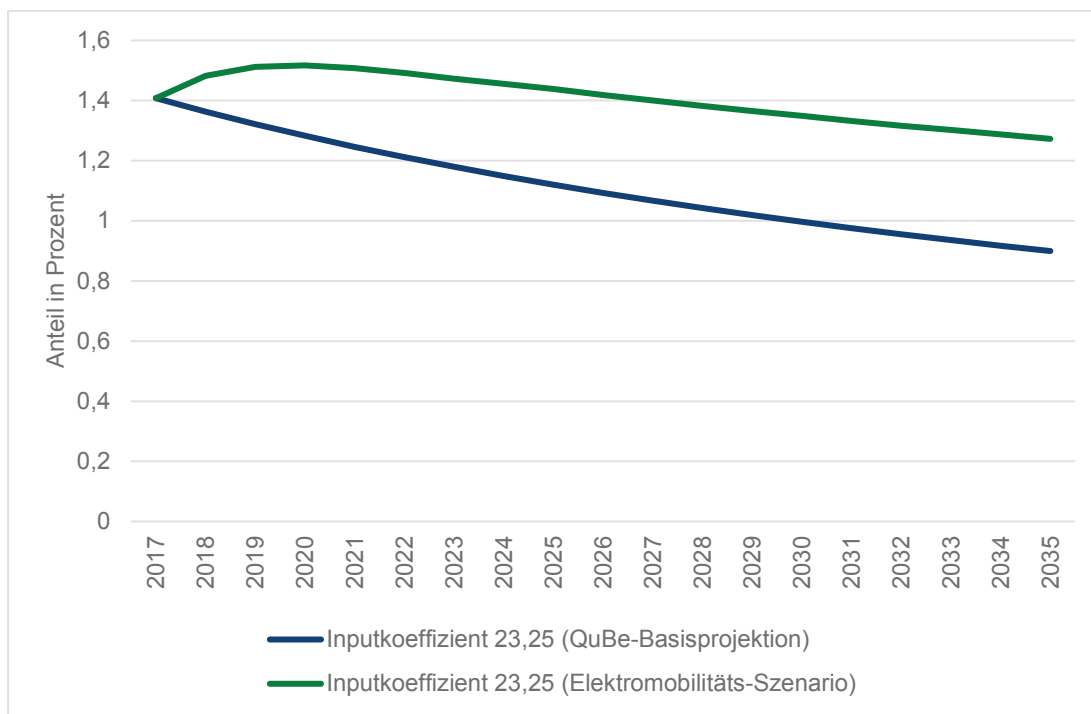
3.7 Kosteneffekt 1 – Batterie

Batterien und Akkumulatoren gehören zum Vorleistungsinput elektrischer Ausrüstungen (WZ-27). Die Automobilindustrie fragt von den elektrischen Ausrüstern rund 5 Mrd. Euro an Vorleistungen nach, was relativ zum Produktionswert einen Anteil von 1,4 Prozent ausmacht. Die gesamte Batterie nimmt bei Elektroautos fast 40 Prozent der Wertschöpfung ein (Wietschel et al. 2017: 11, NPE 2016b: 5). Der inländische

Produktionsanteil von Elektroautos an den gesamten in Deutschland produzierten Autos beträgt 1,7 Prozent.

Abbildung 14

Inputkoeffizient elektrische Ausrüstungen an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

Die zukünftige Entwicklung des Inputkoeffizienten der Automobilindustrie für elektrische Ausrüstung orientiert sich am inländischen Produktionsanteil von Elektroautos und dem Wertschöpfungsanteil der Batterie. Da der Produktionsanteil der Elektroautos zunimmt, steigen auch die Kosten mit Zunahme der Elektroauto-Produktion. Der Wertschöpfungsanteil der Batterie bleibt über den gesamten Projektionszeitraum konstant bei 40 Prozent.⁸ Abbildung 14 zeigt den Verlauf des Inputkoeffizienten in der QuBe-Basisprojektion und im Elektromobilitätszenario.

3.8 Kosteneffekt 2 – Chemie

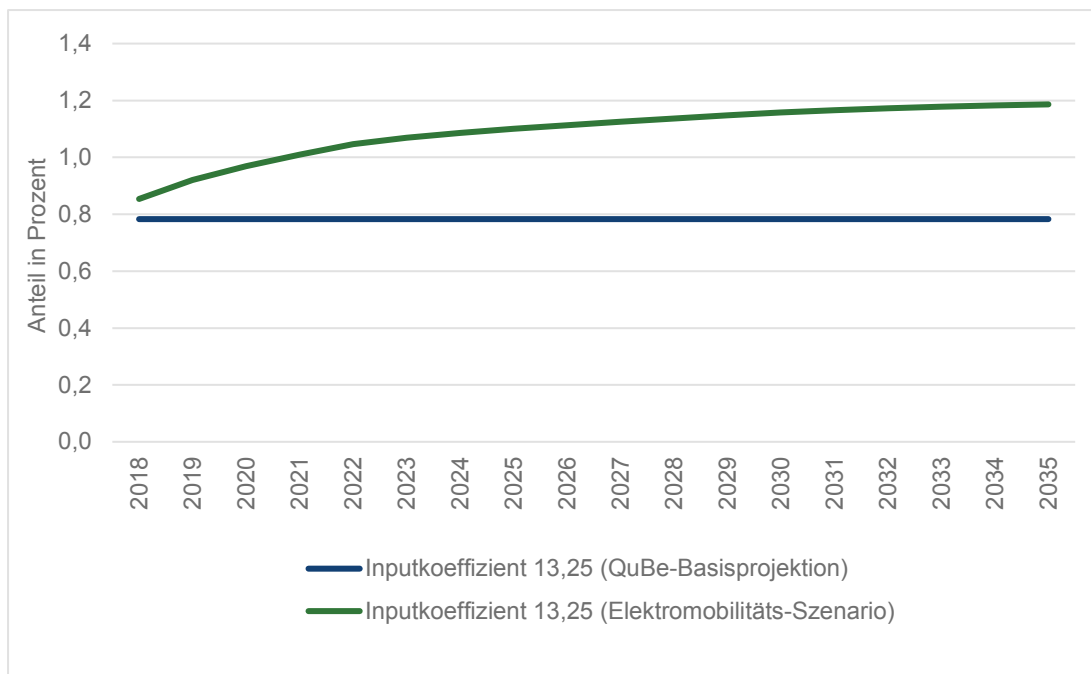
Der Wandel zur Elektromobilität wird neben der Batterie auch zu weiteren Änderungen im Komponentenbedarf zur Fertigung eines Fahrzeuges führen (ELAB 2012, McKinsey 2011). Der Mehrbedarf an chemischen Input ist nicht nur die Folge des vermehrten Einsatzes von Traktionsbatterien. Mit der ansteigenden Verwendung eines elektrifizierten Antriebsstranges in Fahrzeugen rückt auch die Stromeffizienz eines Fahrzeuges in den Vordergrund, wozu die Chemie wertvolle Beiträge leisten kann

⁸ Gemäß Wietschel et al. (2017: 11) ist eine Senkung des Wertschöpfungsanteils denkbar. Allerdings dürfte dieser auch langfristig bei reinen Elektroautos nicht unter 10-20 Prozent fallen (Wietschel et al. 2017: 11).

(VCI 2011). Beispielsweise können neue, chemiebasierte Produkte für einen geringeren Energiebedarf beim Heizen (z.B. Dämmstoffe) oder Kühlen (z.B. Sunblocker für die Windschutzscheibe) sorgen (VCI 2011).

Abbildung 15

Inputkoeffizient Chemie an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

Gegenwärtig werden chemische Produkte (WZ-20) von der Automobilindustrie in Höhe von 2,3 Mrd. Euro als Vorleistungen benötigt. Aus der Input-Output-Tabelle ist nicht festzustellen, welche chemischen Produkte von der Automobilindustrie benötigt werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass Produkte wie Lacke und Klebstoffe, aber auch Frostschutzmittel oder grundsätzlich chemische Grundstoffe für die Produktion nachgefragt werden. Relativ zum Produktionswert macht dies einen Anteil von 0,8 Prozent aus. Im Elektromobilitäts-Szenario wird der Inputkoeffizient Chemie an Auto gemäß des Ansatzes unter Kapitel Kosteneffekt 1 – Batterie fortgeschrieben. Abbildung 15 zeigt vergleichend den Verlauf des Inputkoeffizienten für die QuBe-Basisprojektion und für das Elektromobilitäts-Szenario.

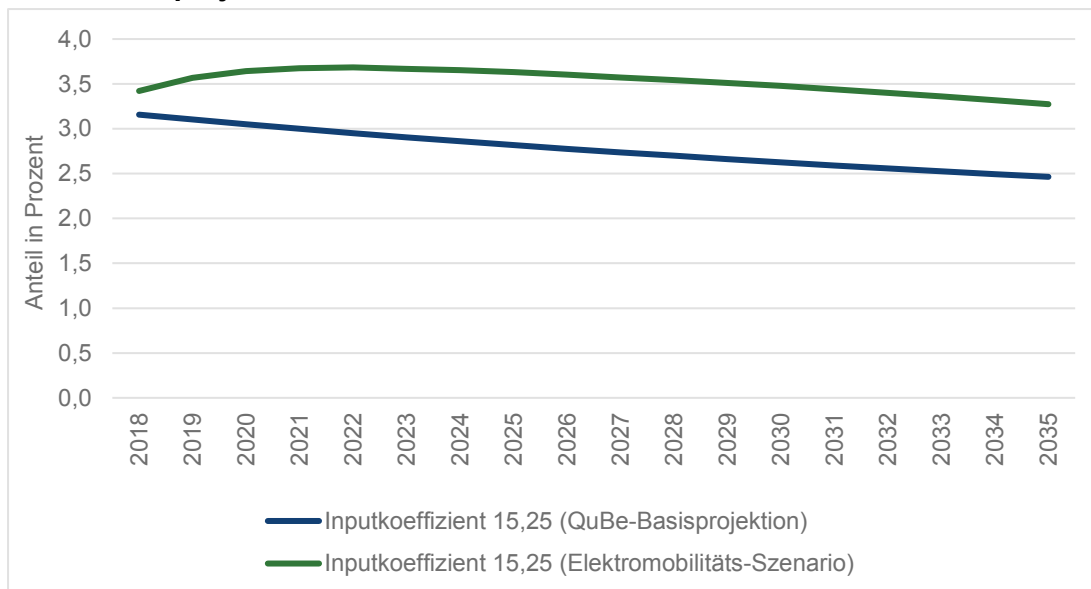
3.9 Kosteneffekt 3 – Kunststoff

Die Produktion von Elektroautos wird einen veränderten Materialeinsatz hervorrufen. Insbesondere wird mehr Kunststoff in der Produktion eines jeden Autos benötigt (ELAB 2012, ECF 2017 b). Dies ist einerseits für die Konstruktion einer leichteren Karosserie notwendig. Andererseits werden bei dem Verbau der Batterie mehr Kunststoffe gebraucht.

Kunststoffe (WZ-22) werden gegenwärtig von der Automobilindustrie in Höhe von 11 Mrd. Euro als Vorleistungen benötigt. Relativ zum Produktionswert entspricht dies einem Anteil von 3 Prozent. Im Elektromobilitäts-Szenario wird der Inputkoeffizient

Kunststoff an Auto gemäß dem Ansatz unter Kapitel 3.7 fortgeschrieben. Abbildung 16 zeigt vergleichend den Verlauf des Inputkoeffizienten für die QuBe-Basisprojektion und für das Elektromobilitäts-Szenario.

Abbildung 16
Inputkoeffizient Kunststoff an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion

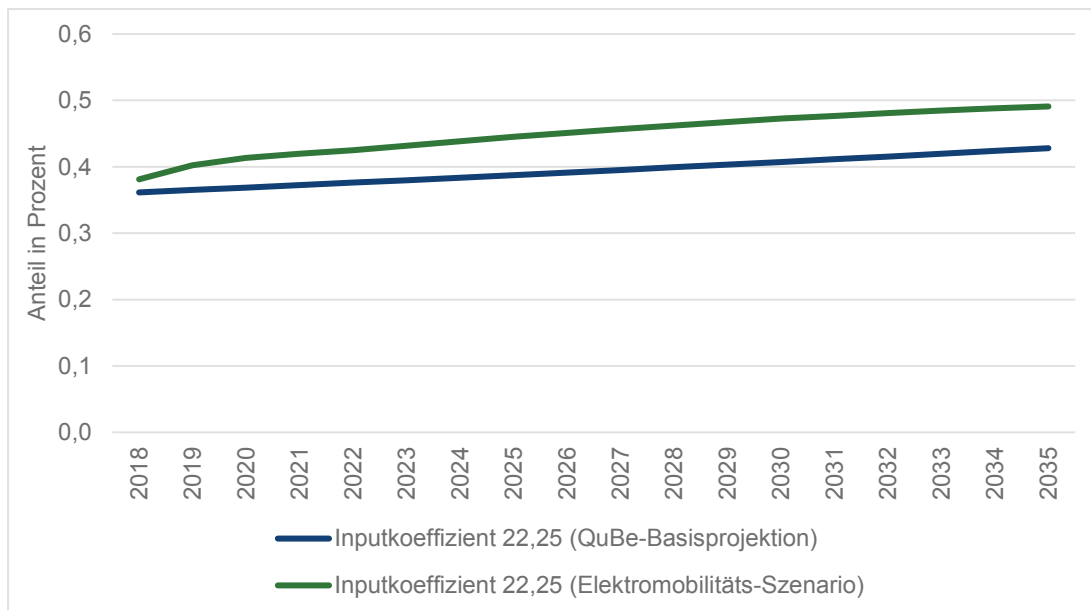


Quelle: QuBe-Projekt

3.10 Kosteneffekt 4 – Elektronik

Elektroautos werden im Vergleich zu Autos mit einem Verbrennungsmotor mehr Elektronik und insbesondere Leistungselektronik enthalten (Wietschel et al. 2017: 23). Elektronik (WZ-26) wird von der Automobilindustrie in Höhe von 1 Mrd. Euro als Vorleistungen benötigt. Dies entspricht einem Anteil am Produktionswert von 0,4 Prozent. Im Elektromobilitäts-Szenario wird der Inputkoeffizient Elektronik an Auto gemäß dem Ansatz unter Kapitel 3.7 fortgeschrieben. Abbildung 17 zeigt vergleichend den Verlauf des Inputkoeffizienten für die QuBe-Basisprojektion und für das Elektromobilitäts-Szenario.

Abbildung 17
Inputkoeffizient Elektronik an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der
QuBe-Basisprojektion



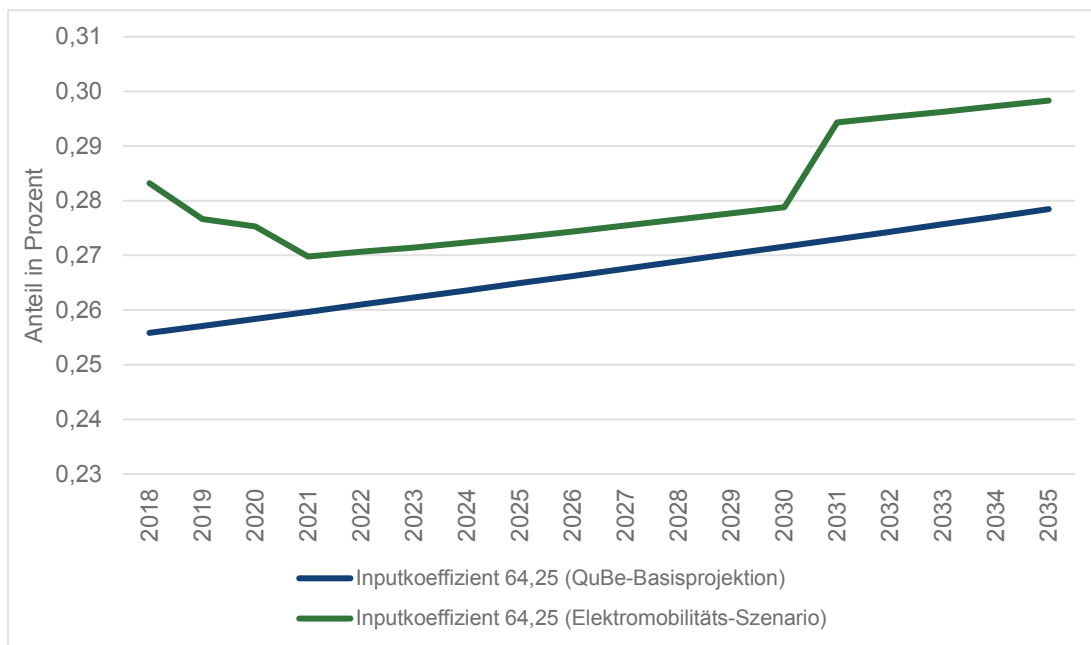
Quelle: QuBe-Projekt

3.11 Kosteneffekt 5 – Weiterbildung

Für die Herstellung von Elektroautos ist spezifische Weiter- und Fortbildung der Mitarbeiter notwendig (ELAB 2012). Eine Verschiebung in den Qualifikationsanforderungen ist zu erwarten (McKinsey 2011), welcher nicht nur mit der Neurekrutierung von Mitarbeitern abgedeckt werden kann. Das heißt auch, dass die vorhandenen Mitarbeiter hinsichtlich der neuen Produktionsprozesse weitergebildet werden müssen. Bislang gibt die Automobilindustrie für Bildungsleistungen (WZ-85) 1 Mrd. Euro aus. Relativ zum Produktionswert entspricht dies einem Anteil von 0,25 Prozent.

Für die Projektion wird für die Abschätzung der zukünftigen Weiterbildungsmaßnahmen innerhalb der Automobilindustrie damit gerechnet, dass bis 2035 23 Prozent der Beschäftigten – entsprechend des E-Anteils an den NZL – weitergebildet worden sind. Die Entwicklung entspricht dabei der Veränderung der E-Anteile an den NZL. Bei veranschlagten Weiterbildungskosten von 718 Euro/Person (FSO 2013) ergeben sich zusätzliche Kosten in Höhe von 7,5 Mrd. Euro über den gesamten Prognosehorizont. Abbildung 18 zeigt vergleichend den Verlauf des Inputkoeffizienten für die QuBe-Basisprojektion und für das Elektromobilitäts-Szenario.

Abbildung 18
Inputkoeffizient Weiterbildung an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

3.12 Kosteneffekt 6 – Zulieferindustrie

Die Automobilindustrie ist nicht nur mit anderen Branchen durch Vorleistungslieferungen stark verbunden, auch gehört sie mit über 30 Prozent zu den Branchen mit der höchsten brancheninternen Lieferverflechtung.⁹ Die Automobilindustrie teilt sich auf in Hersteller (Original Equipment Manufacturer (OEM)) und Zulieferer.

Letztere können in Tier-1 und Tier-2/3 Typen unterteilt werden, deren Unterschied darin liegt, ob sie Direktzulieferer für OEM sind (Tier-1) oder nicht (Tier-2/3). Gemäß der Wirtschaftszweigsystematik (WZ-2008) sind die Autohersteller im Wirtschaftszweig 29.1 („Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren“) zugeordnet. Grundlegend für diese Zuordnung ist die Eigenschaft Motoren und (ganze) Kraftwagen herzustellen. Die Automobilzulieferer sind dem WZ-29.3 („Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen“) angehörig, welche wesentliche Teile und Komponenten für den Fahrzeugbau herstellen.¹⁰ Darunter gehören sowohl Komponenten, die unabhängig vom Antriebsstrang sind wie Lichtmaschinen, Fensterheber, Achsen oder Airbags. Allerdings werden insbesondere von den Zulieferern auch antriebsabhängige

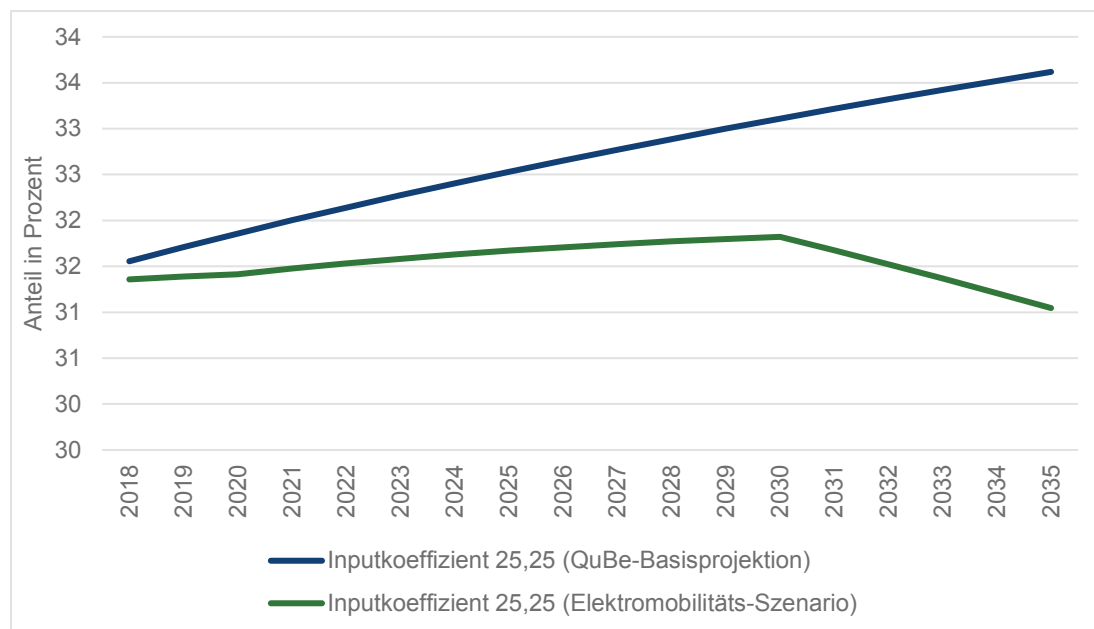
⁹ Ein ähnlich hoher Anteil von In-sich-Lieferungen von knapp über 30% weisen sonst nur noch die Papierindustrie, die Chemieindustrie und die IT-Dienstleister auf. Mit über 50% sind die Nicht-Eisen-Metallindustrie sowie die Dienstleistungen von Reisebüros, -veranstaltern u. sonstigen Reservierungen (vgl. Input-Output-Tabelle 2014) die Branchen mit den höchsten In-sich-Lieferungen.

¹⁰ Die Zulieferindustrie für die Automobilwirtschaft kann auch weiter definiert werden. Dann werden auch Unternehmen aus anderen Branchen, die Vorleistungen an die Automobilindustrie liefern, als Zulieferer klassifiziert. Im Folgenden wird der Begriff Zulieferindustrie für die Automobilwirtschaft in der engen Definition des Statistischen Bundesamtes gemäß der Wirtschaftszweigklassifikation 2008 vorgenommen.

Teile und Zubehöre geliefert (Auspuffrohre und -töpfe, Kühler, Kupplungen oder Katalysatoren), die bei elektrischen Antriebssträngen nicht mehr benötigt werden.

Abbildung 19

Inputkoeffizient Auto an Auto im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

Die Input-Output-Tabelle unterscheidet nicht zwischen Herstellern und Zulieferern, weshalb die brancheninterne Verflechtung zwischen WZ-29.1 und WZ-29.3 nicht bekannt ist. Dennoch ist der Wandel ins Elektromobilitätszeitalter insbesondere auch ein Wandel, der die brancheninterne Verflechtung besonders verändern wird: Zum einen dürften die Hersteller ein intrinsisches Interesse darin haben, besonders viel der Kompetenz bei der Herstellung von Elektroautos zu behalten. Zum anderen ist der Anteil werthaltiger Komponenten bei Elektroautos deutlich geringer als bei Verbrennern. Dies betrifft insbesondere das Getriebe, welches bei Verbrennern hochkomplex ist, bei Elektromotoren aber sehr einfach (ELAB 2012: 24). Aber auch allein die Anzahl der benötigten Komponenten übersteigt bei Kraftwagen mit Verbrennungsmotor die Komponentenanzahl bei Kraftwagen mit Elektromotor. Somit lässt sich schlussfolgern, dass die brancheninterne Verflechtung bei einer Elektrifizierung des Antriebsstranges abnehmen wird. Abbildung 19 zeigt den Verlauf des (preisbereinigten) Inputkoeffizienten der QuBe-Basisprojektion und des Elektromobilitäts-Szenarios. Unter Berücksichtigung des Produktivitätsgefälles und der Anteil-Verschiebung zwischen Verbrennern und Elektroautos bei den Neuzulassungen, werden die anteiligen brancheninternen Vorleistungslieferungen im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion absinken.

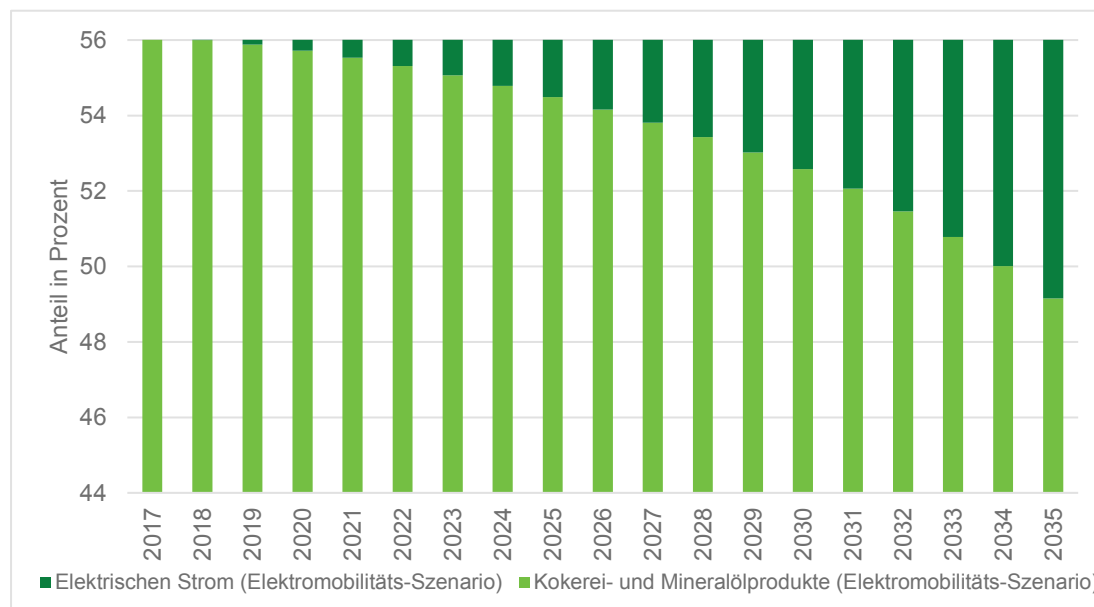
3.13 Kraftstoffbedarf 1 – private Haushalte

Im Elektrozeitalter wird der bisherige Antriebsstoff Benzin und Diesel immer mehr von Strom abgelöst. Bislang geben private Haushalte 56 Prozent ihrer Ausgaben für „Wa-

ren und Dienstleistungen für den Betrieb von Privatfahrzeugen“ für den Kauf von „Kokerei- und Mineralölprodukte“ aus. „Elektrischer Strom“ wird bislang noch gar nicht für diesen Verwendungszweck nachgefragt.

Abbildung 20

Verteilung Verwendungszweck „Betrieb von Privatfahrzeugen“ zwischen Mineralöl und elektrischen Strom im Elektromobilitäts-Szenario



Quelle: QuBe-Projekt

Da im Elektromobilitäts-Szenario keine Änderung des Motorisierungsgrades angenommen wird, wird grundsätzlich der Kraftstoffbedarf ebenfalls unverändert bleiben. Allerdings wird sich die Zusammensetzung des Kraftstoffbedarfes ändern: Auch elektrischer Strom wird zunehmend als Betriebsmittel für Privatfahrzeuge genutzt. Diese Umschichtung erfolgt mittels einer Anteilsverschiebung zwischen den Gütergruppen Mineralöl und Strom bei gleichbleibendem Gesamtanteil (56 %) in der Konsummatrix. Entsprechend wird die private Nachfrage nach Kokerei- und Mineralölprodukten niedriger und die private Nachfrage nach Strom stärker als in der QuBe-Basisprojektion ausfallen.

Abbildung 20 zeigt die Anteilsverschiebung. Demnach wird der 56 Prozent-Anteil, der bislang allein für Kokerei- und Mineralölprodukte ausgegeben wurde, bis 2035 um gut 7,5 Prozent-Punkte auf 48,5 Prozent absinken. Der Anteilsverlust wird vollständig auf die anteilige Nachfrage nach Strom verteilt.

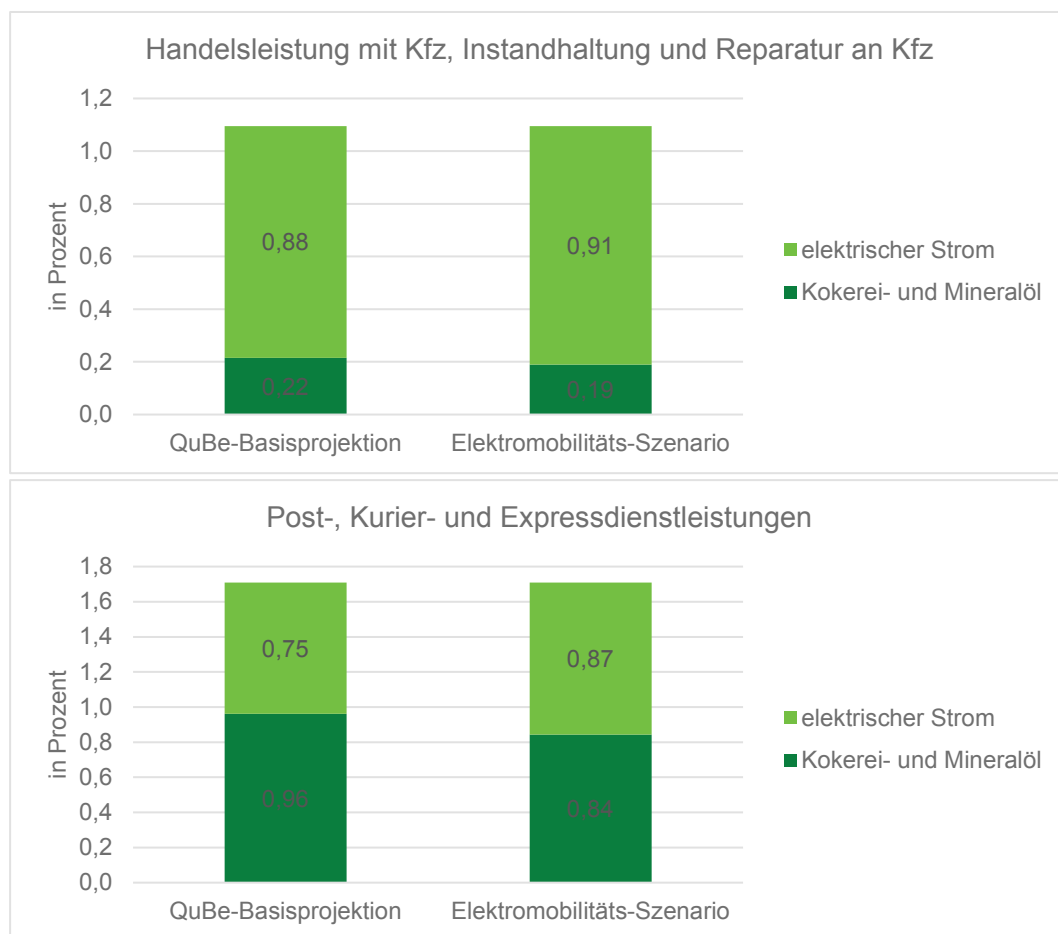
3.14 Kraftstoffbedarf 2 – Geschäftskunden

Ähnlich wie Annahme 12 aus Kapitel Kraftstoffbedarf 1 – private Haushalte wird auch das Gewerbe auf Elektroautos umrüsten und entsprechend mehr Strom und weniger Mineralöl tanken. Dies bedarf eine Anpassung der Vorleistungsstruktur. In der Annahme wird nur das Dienstleistungsgewerbe betroffen sein, da hier vornehmlich Elektroautos genutzt werden. Auch braucht das Verarbeitende Gewerbe Mineralöl für seine Produktionsprozesse und nicht nur als Kraftstoff für den Transport.

Das Dienstleistungsgewerbe beginnt mit dem Handelsbereich. Die Luftfahrt wird aus diesem Teilszenario ausgeschlossen, da angenommen wird, dass diese nicht innerhalb des Prognosehorizontes auf elektrischen Strom als Kraftstoff umstellen wird. Für alle anderen Bereiche des Dienstleistungsgewerbes wird davon ausgegangen, dass der reale Inputkoeffizient – also das Verhältnis von Vorleistungseinsatz zur Produktion – von Mineralöl dem Rückgang der Neuzulassungsanteile der Nicht-Elektroautos folgt. Um den rückläufigen Anteil erhöht sich entsprechend der Inputkoeffizient für Strom.

In Abbildung 21 ist für zwei Branchen beispielhaft dargestellt, wie die Inputkoeffizienten verschiedentlich im Jahr 2035 ausfallen werden. Für den Bereich Handelsleistung mit Kraftfahrzeugen ergibt sich in der QuBe-Basisprojektion im Jahr 2035 ein relativer Vorleistungsinput von Strom von 0,88 Prozent und von 0,22 Prozent für Mineralöl. Im Elektromobilitäts-Szenario erhöht sich für dieselbe Branche der Strominput auf 0,91 Prozent, während der Mineralöleinsatz auf 0,19 Prozent relativ zum Produktionswert absinken wird. Eine ähnliche Entwicklung ist für den Bereich Post-, Kurier- und Expressdienstleistungen abzusehen.

Abbildung 21
Verschiebung der realen Inputkoeffizienten Kokerei- und Mineralöl und elektrischen Strom nach zwei ausgewählten Branchen im Elektromobilitäts-Szenario im Jahr 2035



Quelle: QuBe-Projekt

3.15 Produktivitätseffekt

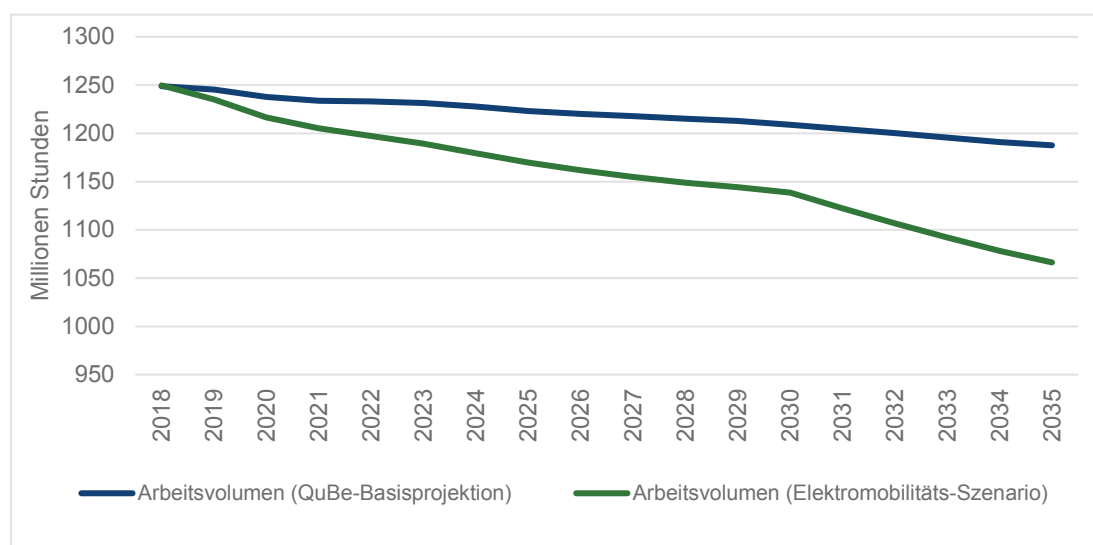
Bislang liegt die jährliche Steigerung der Arbeitsproduktivität der Automobilindustrie im Mittel bei 4 Prozent. In der QuBe-Basisprojektion schwächt sie deutlich ab auf knapp über 1 Prozent p.a. Die Umstellung auf den elektrischen Antriebsstrang kann sich über zwei unterschiedlichen Kanäle auf die Produktivität auswirken. Zum einen ist die Herstellung von Elektroautos weniger arbeitsintensiv als die eines Pkws mit Verbrennungsmotor allein, weil deutlich weniger Komponenten verbaut werden und sich die Komplexität des Antriebsstrangs reduziert. Gemäß ELAB (2018) werden für die Montage eines mit Verbrennungsmotor laufenden Pkws 20 Arbeitsstunden benötigt. Für ein Elektroauto im Schnitt 15 Arbeitsstunden. Damit ist die Herstellung eines Elektroautos um 25 Prozent bzw. um 5 Arbeitsstunde schneller als die Herstellung eines Verbrenners.

Zusätzlich ist davon auszugehen, dass neben dem reinen Komponenteneffekt auch mit Fortschritt der Entwicklungszeit die Effizienz der Produktion von Elektroautos gesteigert werden kann. Dieser Produktivitätseffekt ist zusätzlich zu betrachten. Hierfür werden auf die Annahmen von ELAB (2018) zurückgegriffen, die von einer 50 Prozentigen höheren Produktivitätssteigerungen bei Elektroautos gegenüber Verbrennern ausgehen.

Unter der Berücksichtigung der beiden Produktivitätseffekte und der Anteilsverschiebung zu Gunsten der Elektroautos bei den Neuzulassungen wird, wie Abbildung 22 zeigt, ein niedrigeres Arbeitsvolumen der Fahrzeugindustrie als in der QuBe-Basisprojektion benötigt. Produktivitätsbedingt werden langfristig weniger Arbeitsstunden in der Fahrzeugindustrie gearbeitet. Bis 2035 fallen 120 Mio. Arbeitsstunden in dieser Branche weg, was rund 10 Prozent aller geleisteten Arbeitsstunden entspricht.

Abbildung 22

Arbeitsvolumen der Fahrzeugindustrie im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

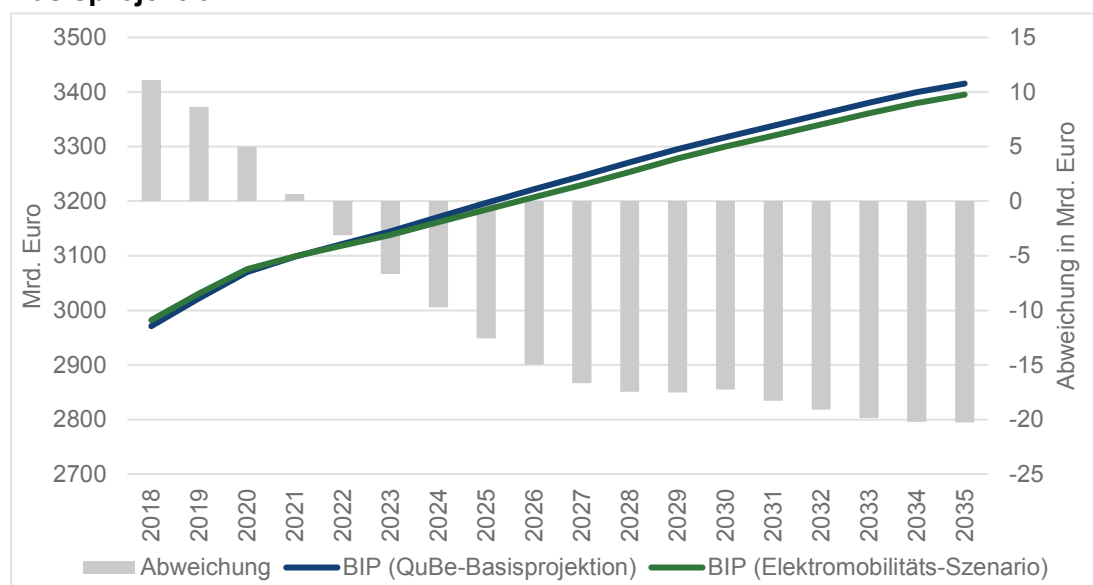
4 Ergebnisse

Die dargestellten Annahmen werden simultan im QuBe-Modell (Maier et al. 2016, Maier et al. 2018 im Erscheinen) umgesetzt, so dass die Wirkungen analysiert werden können. Die Ergebnisse können nach ihren Teilergebnissen und in ihrem Gesamteffekt auf unterschiedliche Größen des makroökonomischen Modells dargestellt werden. Im Folgenden werden die Effekte auf das reale BIP-Wachstum und seine Komponenten, sowie auf die Zahl der Erwerbstätigen insgesamt, nach Wirtschaftszweigen, Berufen und Anforderungsniveaus beschrieben.

4.1 Wachstumseffekte

Die getroffenen Annahmen einer zunehmenden Elektrifizierung des Antriebstranges von Pkws führen insgesamt zu einem niedrigeren Bruttoinlands(BIP)-Niveau und zu einem insgesamt schwächeren Wachstumspfad der preisbereinigten BIP-Entwicklung (vgl. Abbildung 23). Im Zeitablauf kommt es jedoch zu Schwankungen, die v.a. zu Anfang positiv auf das Wachstum einwirken. Auch zeigt sich, dass trotz der Elektrifizierung bis zu einem Neuzulassungsanteil von Elektroautos von 23 Prozent bis zum Jahr 2035 die Wachstumsraten der preisbereinigten BIPs nicht zunehmend schlechter werden. Vielmehr wird es nach den anfangs deutlich niedrigeren Wachstumsraten im Elektromobilitäts-Szenario zu einer Angleichung der Dynamik an die QuBe-Basisprojektion kommen. Der absolute Verlust an Wirtschaftskraft kann dadurch jedoch nicht wieder aufgefangen werden. 2035 wird das gesamtwirtschaftliche Bruttoinlandsprodukt 20 Mrd. Euro unter dem Niveau der QuBe-Basisprojektion liegen. Dies entspricht etwa 0,6 Prozent des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes.

Abbildung 23
Reales Bruttoinlandsprodukt im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



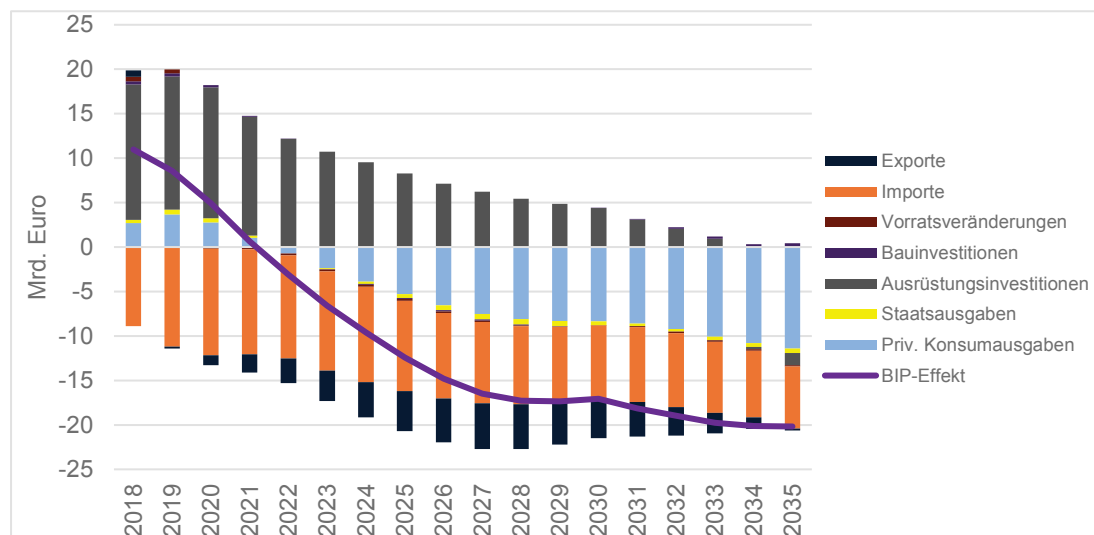
Quelle: QuBe-Projekt

Aus Abbildung 24 wird erkenntlich, welche der verwendungsseitigen BIP-Komponenten für den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsverlauf verantwortlich ist. Ein-

deutig ist, dass die positiven Abweichungen des BIP-Verlaufs am Anfang auf den zusätzlichen Investitionsbedarf der Automobilindustrie zurückzuführen sind. Zu einem deutlich geringeren Maße stützen auch die zusätzlichen Bauinvestitionen die Entwicklung. Induziert durch die positiven Initialeffekte werden über den Kreislaufzusammenhang auch die privaten Konsumausgaben einen positiven Wachstumsbeitrag in den Anfangsjahren der Elektrifizierung leisten.

Abbildung 24

Komponenten des realen Bruttoinlandprodukts im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



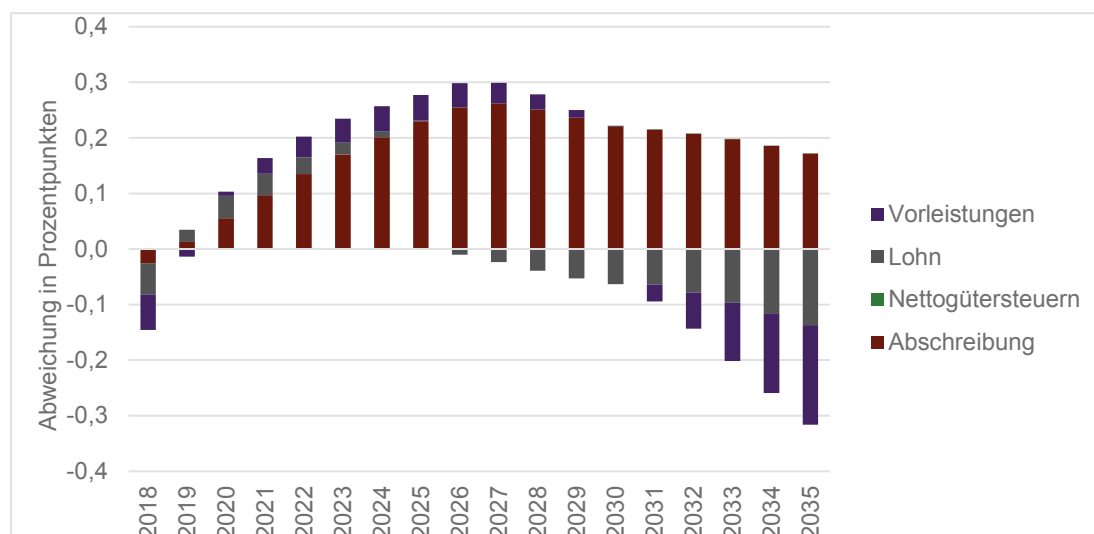
Quelle: QuBe-Projekt

Die überwiegend negativen Effekte auf das BIP rühren aus dem hohen Importbedarf her, der sich sowohl aus dem Import von ganzen Elektroautos und dem Import von Traktionsbatteriezellen speist. Obwohl keine expliziten Annahmen (siehe oben) zu den exogen einfließenden nominalen Exporten getroffen wurden, ändern sich die preisbereinigten Exporte aufgrund eines zumindest zeitweise stärker steigenden Preisniveaus als in der QuBe-Basisprojektion.

Das zeitweise stärker steigende Preisniveau ist auf gesamtwirtschaftlich steigende Stückkosten zurückzuführen. Wie Abbildung 25 zeigt, sind es besonders die Abschreibungen und Mehraufwendungen für Material, die den Kostenanstieg treiben. Die eingestellten Mehraufwendungen für bestimmte Vorleistungsprodukte fallen allerdings nicht so stark aus, wie die erhöhten Kosten für elektronische Ausrüstungen, Chemie, Kunststoff oder Weiterbildung vermuten lassen. Der deutlich niedrigere brancheninterne Lieferbedarf aufgrund des reduzierten Komponentenbedarfes wirkt sich auf die Materialaufwendungen langfristig deutlich entlastend aus. Die Lohnstückkosten wirken sich gesamtwirtschaftlich entlastend aus. Zwar werden vor allem in den ersten Jahren aufgrund der Mehrinvestitionen auch Lohnsteigerungen zu spüren sein. Dieser Effekt flacht allerdings später ab und zusammen mit dem Wegfall an Arbeitsplätzen wird auch die gesamtwirtschaftliche Lohnsumme unter das Niveau der QuBe-Basisprojektion fallen.

Abbildung 25

Gesamtwirtschaftlichen Stückkostenbestandteile im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion

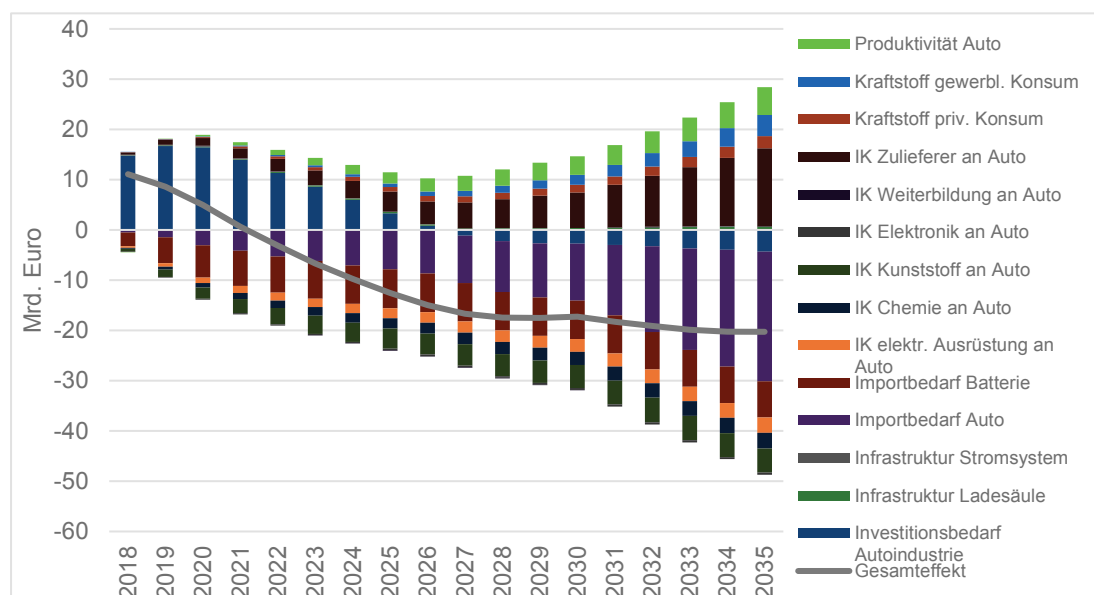


Quelle: QuBe-Projekt

Der Wachstumseffekt kann auf die einzelnen Teilszenarien runtergebrochen werden. Abbildung 26 stellt für das preisbereinigte BIP die Einzeleffekte aus den 14 quantitativen Teilszenarien kumulativ dar. Der Gesamteffekt (graue Linie) entspricht den grauen Balken aus Abbildung 23.

Abbildung 26

Reales Bruttoinlandsprodukt im jeweiligen Teil-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

Die größten negativen Effekte sind – wie zu erwarten war – aus den Importannahmen herzuleiten. Der Negativeffekt wird mit Zunahme der neu zugelassenen Elektroautos im Zeitablauf immer größer. Die Kosteneffekte wirken sich mit Ausnahme der Weiterbildung ebenfalls durchweg negativ auf das BIP aus. Der steigende Vorleistungseinsatz stellt zwar einerseits für die Fahrzeugbranche zusätzliche Kosten dar, induziert

andererseits aber bei den betreffenden zuliefernden Branchen zusätzliche Nachfrage. Wenn diese Branchen beschäftigungsintensiv sind – wie bspw. die Bildungsbranche – kann dadurch aufgrund nachgelagerter Einkommenseffekte gesamtwirtschaftlich ein positiver Effekt verursacht werden.

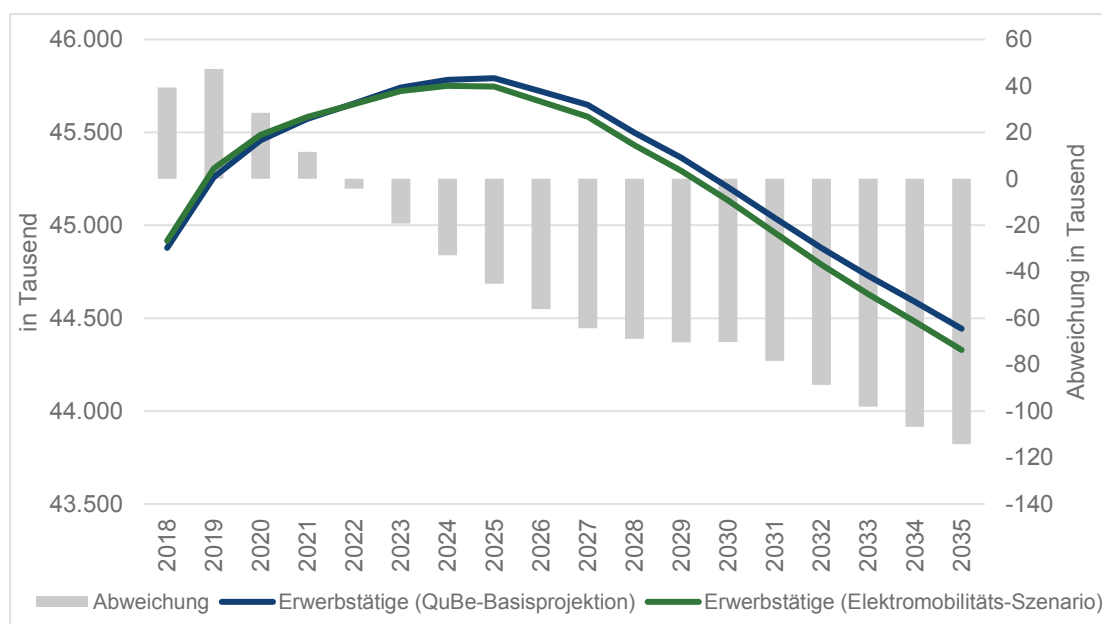
Die Investitionen der Automobilindustrie sowie die für die Branche gesetzte Produktivitätsannahme und die Kostenentlastungen bei den brancheninternen Lieferungen wirken sich ebenfalls gesamtwirtschaftlich positiv aus, genauso wie die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen.

Der veränderte Kraftstoffverbrauch – sowohl von Seiten der privaten Haushalte als auch von Seiten des Dienstleistungsgewerbes – hat eine positive Auswirkung auf das Bruttoinlandsprodukt. Dies ist mit dem verminderten Importbedarf von Kokerei- und Mineralölprodukten zu erklären.

4.2 Folgen für die Arbeitsnachfrage

Wirkungen und Folgewirkungen der Annahmen im Elektromobilitäts-Szenario zeigen sich auch am Arbeitsmarkt. Abbildung 27 zeigt die Erwerbstätigenentwicklung im Vergleich zum Basisszenario.

Abbildung 27
Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario und in der QuBe-Basisprojektion



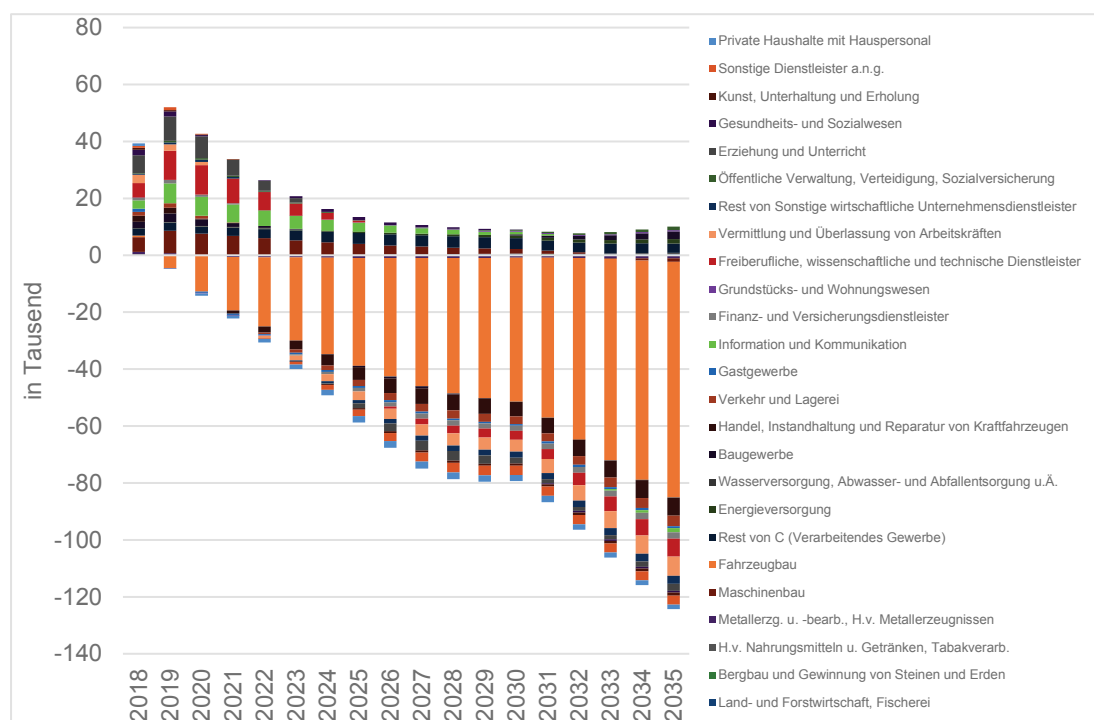
Quelle: QuBe-Projekt

Demnach wechselt ab dem Jahr 2022 der Beschäftigungseffekt sein Vorzeichen. Bis dahin wirken sich die gesetzten Annahmen noch positiv auf den Arbeitsmarkt und die gesamtwirtschaftliche Erwerbstätigensituation aus. Im Jahr 2035 werden fast 114.000 Arbeitsplätze zusätzlich aufgrund der Elektrifizierung des Antriebsstrangs

verloren gegangen sein. Dies entspricht zwar etwa nur 0,3 Prozent der Erwerbstätigen, gemessen an den Erwerbslosenzahlen werden allerdings 10 Prozent zusätzlich erwerbslos.

Der gesamtwirtschaftlich relativ starke Beschäftigungseffekt kommt in den Branchen unterschiedlich an. In einer 25er-Gliederung, wie sie in Abbildung 28 dargestellt ist, sind eindeutig die größten Beschäftigungsverluste in der Autoindustrie verortet. Allein dort werden bis 2035 83.000 Jobs abgebaut.

Abbildung 28
Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Wirtschaftszweigen



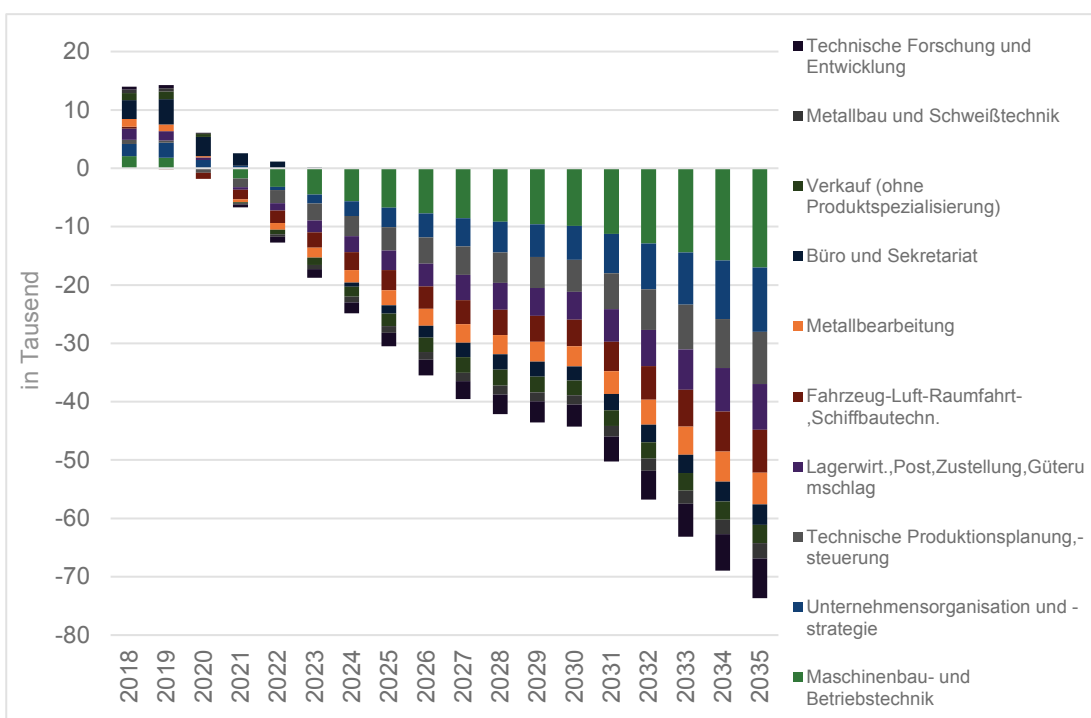
Quelle: QuBe-Projekt

Leicht zeitverzögert aufgrund des hohen Investitionsbedarfes und der damit einhergehenden höheren Nachfrage an Arbeitskräften werden ab 2019 Arbeitsplatzverluste in dieser **Branche** durch die hohe Produktivitätssteigerung realisiert werden. Beschäftigungsaufbau wird es aber durchaus in anderen Branchen geben. Diese hängen indirekt mit dem Investitionsbedarf der Autobranche zusammen. So profitieren zum Beispiel der Maschinenbau aber auch die Informations- und Kommunikationstechnologie oder andere Freiberufler. Arbeitsvermittler, die häufig für die Automobilindustrie tätig sind, profitieren zu Beginn noch von der in der Branche getätigten Investition, ab 2022 werden aber auch für sie Arbeitsplätze wegfallen. Auch die Weiterbildungsbranche wird mittelfristig neue Jobs bereitstellen. Die Energieversorger profitieren von der Umstellung auf Strom als Antriebsmittel und werden durchweg neue Stellen schaffen können. Das Baugewerbe wird angesichts der Bereitstellung der Infrastruktur zeitweise auch Mehreinstellungen verzeichnen.

Der langfristige Rückgang der Arbeitskräftenachfrage geht insbesondere zu Lasten der Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe und der Berufe für technische Entwicklung und Konstruktion von Produktionssteuerungen (vgl. Abbildung 29). Aber auch **Berufe** der Metallerzeugung, -bearbeitung und Metallbau werden langfristiger weniger gebraucht. Zwar werden diese am Anfang der Szenarienrechnung noch stärker als in der QuBe-Basisprojektion benötigt. Nachdem in neue Produktionsstätten und -prozesse investiert wurde, werden diese Berufe allerdings weniger notwendig sein. Ähnliches ist bei den Berufen der Unternehmensführung und -organisation zu beobachten, die anfangs noch zusätzliche Stellen schaffen, langfristig aber deutlich Arbeitsplätze abbauen werden.

Abbildung 29

Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Berufen mit den größten Abweichungen im Jahr 2035

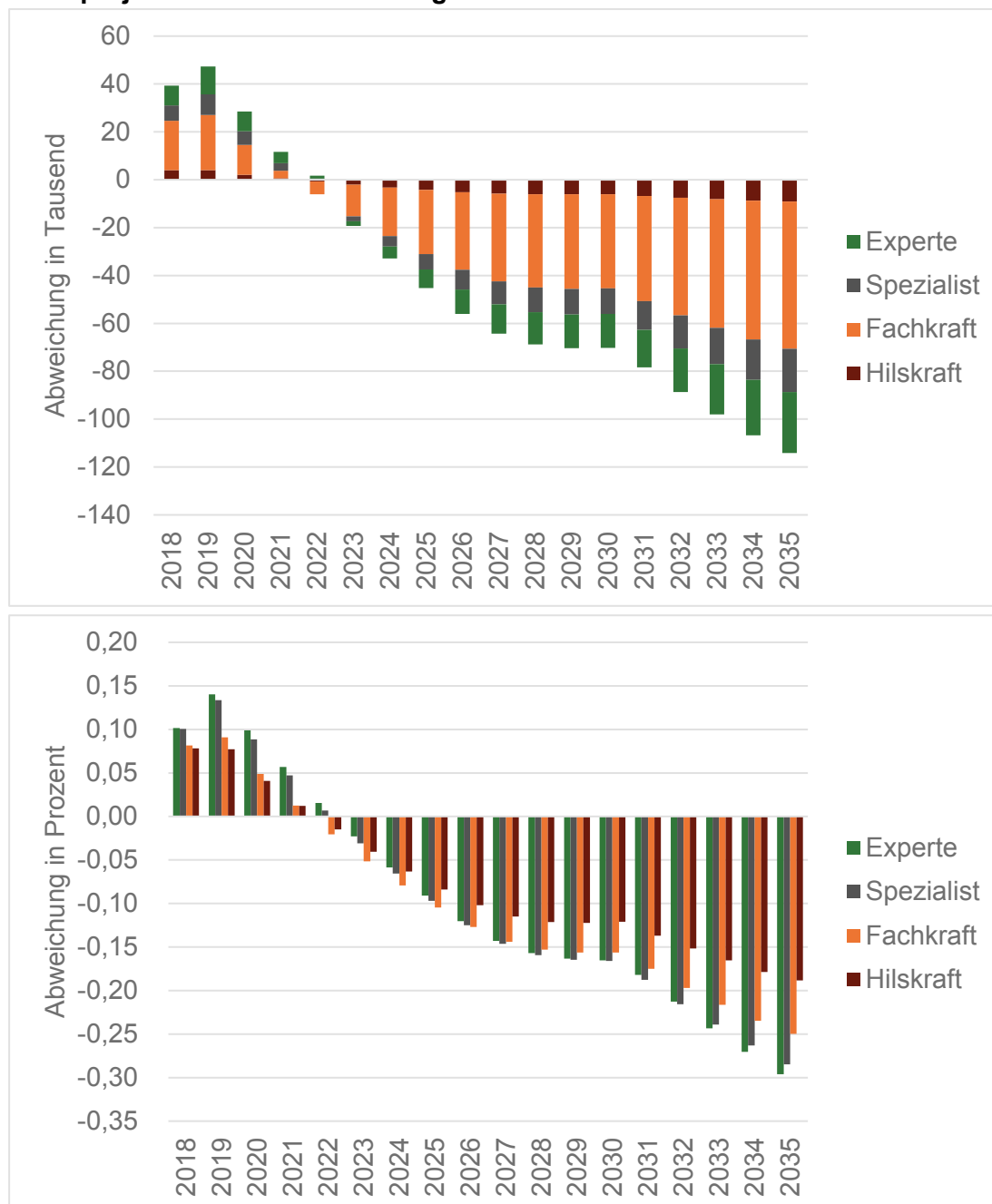


Quelle: QuBe-Projekt

Werden die Erwerbstätigeneffekte auf Ebene der **Anforderungsniveaus** betrachtet, so ist festzustellen, dass bis einschließlich 2021 alle Anforderungsniveaus mehr nachgefragt werden. Absolut gesehen profitieren besonders die Fachkräfte, eine relative Betrachtung zeigt aber, dass insbesondere Spezialisten- und Expertentätigkeiten mittelfristig von der Aufbau- und Ausbauphase der Elektrifizierung des Antriebsstrangs profitieren werden (vgl. Abbildung 30). Der Wendepunkt des Erwerbstätigeneffektes trifft zuerst die Erwerbstätigen mit einem niedrigeren Anforderungsniveau – also Hilfskräfte und Fachkräfte. Erst ein Jahr zeitverzögert sinkt der Arbeitsbedarf nach Spezialisten- und Expertentätigkeiten. Dann allerdings zeigt sich eine Beschleunigung des Rückgangs bei der Erwerbstätigkeit von Experten und Spezialisten, die auch ab 2025 dynamischer verläuft als bei den Hilfs- oder Fachkräften. Dies u.a. auf die weniger komplexe Struktur des elektrifizierten Antriebsstrangs bei Kraftwagen zurück zu führen.

Abbildung 30

Zahl der Erwerbstätigen im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion nach Anforderungsniveau



Quelle: QuBe-Projekt

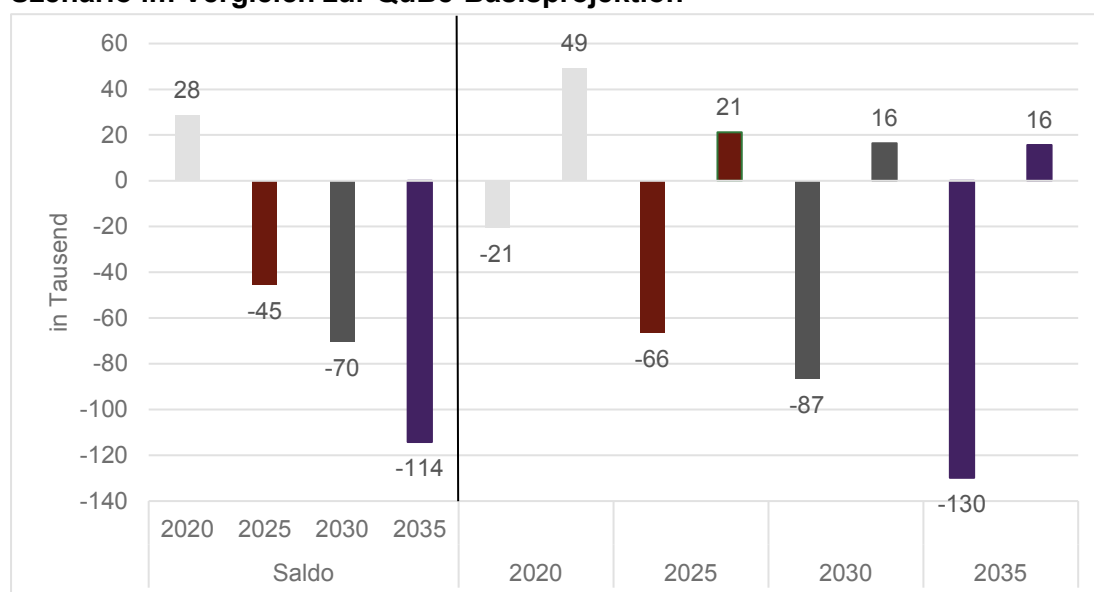
4.3 Gesamtumschlag an Erwerbstätigen

Die Auswirkungen eines elektrifizierten Antriebsstrangs bei Pkws auf das Gesamtniveau der Arbeitsnachfrage ist mit einem Verlust von 114.000 Arbeitsplätze im Jahr 2035 relativ stark.

Dahinter steht ein Arbeitsplatzabbau von über 130.000 Arbeitsplätzen, davon alleine 83.000 im Fahrzeugbau. Gleichzeitig werden jedoch auch 16.000 Stellen in anderen Branchen neu geschaffen (vgl. Abbildung 31). Der Gesamtumschlag an Erwerbstätigen, der sich durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Pkws ergibt, liegt im Jahr 2035 daher bei fast 150.000.

Abbildung 31

Saldo und Anzahl der auf- und abgebauten Arbeitsplätze im Elektromobilitäts-Szenario im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion



Quelle: QuBe-Projekt

Als Umschlag wird dabei gezählt, wenn Arbeitsplätze sich in dem Gitter von 144 Berufsgruppen und 63 Wirtschaftszweigen verschieben. Anders als in Wolter et al. (2016) wurden die vier Anforderungsniveaus nicht bei der Modellierung des Gitters herangezogen. In Wolter et al. (2016) steigt durch die Berücksichtigung des Anforderungsniveaus der durch Wirtschaft 4.0 verursachte Umschlag um 12 Prozent, nämlich in dem Maße, wie es Verschiebungen zwischen Anforderungsniveaus ohne Wechsel von Wirtschaftszweig und Berufshauptgruppe gibt. Bei entsprechender Entwicklung wäre in der vorliegenden Studie ein Umschlag von bis zu 170.000 Arbeitsplätzen zu erwarten.

Insgesamt fällt der Umschlag im Vergleich zu anderen disruptiven Veränderungen wie Wirtschaft 4.0 (vgl. Wolter et al. 2016: 59ff) geringer aus, da der Hauptarbeitsplatzverlust konzentriert im Fahrzeugbau stattfindet und die kompensierenden Wirkungen durch einen Jobaufbau in anderen Branchen begrenzt bleiben. Dies dürfte anders ausfallen, wenn andere Annahmen bzgl. des Importbedarfes von Elektroautos und Batteriezellen getroffen würden.

5 Schlussfolgerungen

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs beim Fahrzeugbau wurde bereits in mehreren Studien auf seine Wachstums- und Beschäftigungseffekte untersucht. Die Ergebnisse der Studien variieren je nach gewählter Methode und gewählten Annahmen.

Dieser Beitrag fügt sich in die komplexeren Vorläuferstudien ein, indem es zum einen ein gesamtwirtschaftliches makroökonomisches Analyseinstrument benutzt und zum anderen eine Nettobetrachtung der Beschäftigungseffekte durchführt. Unterschiede zu den Vergleichsstudien ergeben sich u.a. durch die folgenden Punkte:

- Das Modell kann die Arbeitsnachfrage nicht nur nach Branchen, sondern auch nach Berufen und Anforderungsniveaus abbilden.
- Die bottom-up Struktur erlaubt branchenspezifische Annahmen zu setzen.

Um die Elektrifizierung des Antriebsstrangs mit Hilfe der Szenarientechnik quantifizieren zu können, mussten eine Reihe von Annahmen getroffen werden. Mögliche Annahmen wurden zunächst aus der Literatur gesammelt und anschließend auf ihrer Implementierung in das Modell überprüft.

Die verbliebenen Annahmen wurden nacheinander und auf sich aufbauend in das Gesamtsystem integriert, so dass eine sequentielle Abfolge der Wachstums- und Beschäftigungseffekte möglich wurde. Annahmen speziell bezüglich der Zulieferindustrie (Diversifizierung, Substitution, Konkurrenz) wurden nur vereinfachend getroffen (vgl. Abschnitt Kosteneffekt 6 – Zulieferindustrie). In der gegenwärtigen Struktur kann die Automobilbranche insgesamt (WZ-29) gut dargestellt werden, aber es kann nicht explizit zwischen Herstellern (WZ-29.1) und Zulieferern (WZ-29.3) unterschieden werden.

Insgesamt hat die Analyse gezeigt, dass sich zwar zunächst sowohl positive Wachstums- und Beschäftigungseffekte ergeben werden, langfristig aber mit einem niedrigeren BIP- und Beschäftigungsniveau gerechnet werden muss. Während anfangs insbesondere die notwendigen zusätzlichen Investitionen der Autobranche, aber auch die Bauinvestitionen in die Ladeinfrastruktur und die Neuausrüstung der Stromnetze für positive Effekte sorgen, dominiert langfristig der steigende Importbedarf an Elektroautos und Traktionsbatteriezellen. Die Kosteneffekte wirken sich zwar mit Ausnahme der Weiterbildungskosten gesamtwirtschaftlich ebenfalls negativ aus, sind aber nicht dominierend. Der positive Effekt aus der Änderung des Kraftstoffbedarfes – Strom statt Mineralöl – federt die negativen Impulse ab. Die produktivitätsbedingten Wachstums- und Beschäftigungsimpulse, die auch erst in langer Frist zum Tragen kommen, federn zwar einerseits ebenfalls den größtenteils importinduzierten Rückgang der Wirtschaftsdynamik ab, tragen aber andererseits zu dem relativ starken gesamtwirtschaftlichen Arbeitsplatzverlust bei.

Insgesamt sind die technologiegetriebenen Arbeitsplatzverluste als relativ stark zu bewerten. Im Jahr 2035 werden rund 114.000 Plätze aufgrund der Umstellung auf den Elektroantrieb bei Pkws verloren gegangen sein. Sie machen zwar nur ca. 0,3 Prozent der Gesamterwerbstätigen aus, erhöhen aber die Zahl der Erwerbslosen um fast 10 Prozent. Die Gesamtwirtschaft wird bis 2035 einen Verlust in Höhe von 20 Mrd. Euro realisieren. Dies entspricht ca. 0,6 Prozent des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes.

Eine sektorale Betrachtung der Erwerbstätigeneffekte zeigt, dass mit 83.000 verlorengehenden Arbeitsplätzen der größte Arbeitsplatzabbau im Fahrzeugbau zu erwarten sein dürfte. Andere Branchen geraten zwar ebenfalls in Mitleidenschaft und müssen über 30.000 Stellen abbauen. Allerdings werden auch 16.000 neue Stellen ge-

schaffen wie bspw. im Bauwesen, bei den Stromversorgern oder in Teilen des Dienstleistungsbereiches und des Verarbeitenden Gewerbes. Der Gesamtumschlag an Erwerbstätigen, der sich durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Pkws ergibt, liegt im Jahr 2035 bei bis zu 150.000. Von der Elektrifizierung des Antriebsstrangs werden vor allem Fachkräfte negativ betroffen sein. Zeitverzögert sinkt auch der Bedarf nach Spezialisten- und Expertentätigkeiten. In der längeren Frist ergeben sich negative Effekte für alle Anforderungsniveaus.

Wird bedacht, dass das Elektromobilitäts-Szenario „nur“ von einem Elektro-Anteil von 23 Prozent bis 2035 ausgeht, ist anzunehmen, dass bei einer stärkeren Marktdurchdringung mit deutlich höheren Wachstums- und Beschäftigungseffekten gerechnet werden muss. Die hier getroffenen Annahmen bezüglich der Marktdurchdringung erscheinen aber aus heutiger Sicht realistisch. Auch ist der Importbedarf ein entscheidender Faktor in dem Szenario. Wäre Deutschland in der Lage sowohl den Markt stärker mit inländisch produzierten Autos als auch mit inländisch produzierten Traktionsbatteriezellen zu versorgen, so könnte durchaus ein positiver Wachstums- und Beschäftigungseffekt auch in der langen Frist erreicht werden.

Auch wenn die Anzahl der gesetzten Annahmen des hier vorgestellten Szenarios bereits relativ umfangreich ist, wird weiterer Forschungsbedarf gesehen. Dies betrifft insbesondere die Stellung der Zulieferbranche. Wie weiter oben erwähnt, kennt das Rechensystem den Unterschied zwischen OEM (Original Equipment Manufacturer – Hersteller) und Tier-1 Zulieferern und Tier-2/3 Zulieferern nicht. Es wird in der Literatur vor allem in der Beziehung zwischen Herstellern und Zulieferern eine erhebliche Verschiebung der Wertschöpfungsanteile aufgrund der Elektrifizierung des Antriebsstrangs erwartet. Als Folge könnte die Zulieferindustrie ihr Kundenportfolio ändern und verstärkt in den Energie- oder Medizinsektor eintreten. Auch ist die Wahrscheinlichkeit besonders in der Zulieferbranche hoch, dass sich der Wettbewerb intensiviert. Neue Akteure aus anderen Branchen (Informations- und Kommunikationstechnologie, Batteriehersteller, Elektromaschinenbauer) könnten zu Konkurrenten werden. Derartige Entwicklungen wurden gegenwärtig nicht im Elektromobilitäts-Szenario abgebildet.

Zudem werden im gegenwärtigen Szenario nur reine Elektroautos (E-Pkws) betrachtet. Andere Antriebsarten wie Hybrid oder Gas wurden nicht gesondert betrachtet. Sollte sich der Übergang zum reinen Elektroauto über den Hybridantrieb vollziehen, würden die Arbeitsplatzeffekte in zeitlicher und absoluter Dimension anders ausfallen. Da Hybridautos sowohl Verbrennungs- als auch Elektromotoren besitzen, wird eine höhere Anzahl an Komponenten verarbeitet. Die benötigte Arbeitszeit liegt für den Bau von Hybrid-Antriebssträngen bei 9,7 Stunden (AlixPartners 2017).¹¹ Eine tiefere Unterscheidung nach Kraftstoffarten würde zwar eine noch plausiblere Entwicklung

¹¹ Die benötigte Zeit für den Bau eines Verbrennungsmotors beträgt gemäß der Alix-Studie (AlixPartners 2017) 6,2 Stunden und für einen Elektromotor bei 3,7 Stunden.

darstellen aber auch den notwendigen Datenumfang erhöhen. Grundsätzlich erweitert sich die Wirkungsbetrachtung, wenn man auch andere Formen der Mobilität mit in die Analysen einbezieht (Mergener et al. 2018).

Literatur

Ahlert, G.; Distelkamp, M.; Lutz, C.; Meyer, B.; Mönnig, A & Wolter, M.I. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. In: Schnur, P. & Zika, G. (eds.) Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. Nürnberg. IAB-Bibliothek. Vol. 318 pp. 15–175

AlixPartners (2017): AlixPartners Global Automotive Outlook 2017. July 2017. London

Dehnen, N., Mattes, A. & Traber, T. (2015) Beschäftigungseffekte der Energiewende. Eine Expertise für den Bundesverband WindEnergie e.V. und die Deutsche Messe AG. DIW ECON. Berlin. April 2015.

ECF (2017): Klimafreundliche Autos in Deutschland: Ein Überblick der sozioökonomischen Auswirkungen. Studie der European Climate Foundation (ECF).

ECF (2017b): Low carbon cars in Germany. Technical Report. European Climate Foundation (ECF).

ELAB (2010): Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkung der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). Abschlussbericht. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (FAO).

ELAB (2018): ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. Vorabbericht 04.06.2018. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (FAO).

FISI (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Dezember 2015.

FSO (2013): Berufliche Weiterbildung in Unternehmen 2010. Vierte europäische Erhebung über die berufliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS4). Deutsches Statistisches Bundesamt Wiesbaden.

Helmrich, R.; Zika, G. (2010): Beruf und Qualifikation in der Zukunft. BIBB-IAB-Modellrechnungen zu den Entwicklungen in Berufsfeldern und Qualifikationen bis 2025. In: HELMRICH, Robert; ZIKA, Gerd (Hrsg.): Beruf und Qualifikation in der Zukunft. BIBB-IAB-Modellrechnungen zu den Entwicklungen in Berufsfeldern und Qualifikationen bis 2025. Bielefeld, S. 13–62

Helmrich, R.; Zika, G. (2018): Prognosen, Projektionen und Szenarien. In: Baur, N.; Blasius, J.: Handbuch der empirischen Sozialforschung, S. 233–248

KBA (2017): Methodische Erläuterungen zu Statistiken über Fahrzeugzulassungen (FZ) Stand: Juli 2017. Kraftfahrtbundesamt (KBA). Flensburg.

Lehr, U.; Mönnig, A.; Wolter, M.I.; Lutz, Ch.; Schade, W. & Krail, M. (2011) Die Modelle ASTRA und PATA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente – ein Vergleich. GWS Discussion Paper 2011/4. Osnabrück.

Maier, T.; Zika, G.; Mönnig, A.; Wolter, M.I.; Kalinowski, M.; Hänisch, C.; Helmrich, R.; Schandock, M.; Neuber-Pohl, C.; Bott, P. & Hummel, M. (2014) Löhne und berufliche Flexibilität als Determinanten des interaktiven QuBe-Arbeitsmarktmodells. Ein Methodenbericht zur Basisprojektion der 3. Welle der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Wissenschaftliches Diskussionspapier Nr. 148 Bonn.

- Maier, T.; Zika, G.; Mönnig, A.; Wolter, M.I.; Kalinowski, M. & Schneemann, C. (2018): Bevölkerungswachstum bei geringer Erwerbslosigkeit. Ergebnisse der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen bis zum Jahr 2035, im Erscheinen
- Maier, T.; Zika, G.; Wolter, M.I.; Kalinowski, M.; Neuber-Pohl, C.; Helmrich, R.; Hummel, M.; Mönnig, A.; Winnige, S. & Quack, L. (2016): Die Bevölkerung wächst – Engpässe bei fachlichen Tätigkeiten bleiben aber dennoch bestehen. In: BIBB-Report, 3/2016, S. 1–22
- Mergener, A.; Leppelmeier, I.; Helmrich, R.; von dem Bach, N. (2018): Move on – Qualifikationsstruktur und Erwerbstätigkeit in Berufen räumlicher Mobilität. In: BIBB Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Heft 195
- McKinsey (2011): Boost! Transforming the powertrain value chain – a portfolio challenge. January 2011.
- NPE (2015) Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE).
- NPE (2016): Arbeitsplatzeffekte einer umfassenden Förderung der Elektromobilität in Deutschland. AG 6 Rahmenbedingungen. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE).
- NPE (2016b): Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE).
- NPE (2018) Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE).
- Öko-Institut (2014): eMobil 2050. Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz. Endbericht. September 2014.
- Schade, W.; Zanker, Ch.; Kühn, A. & Hettesheimer, T. (2014): Sieben Herausforderungen für deutsche Automobilindustrie. Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag -40.
- TAB (2012): Konzept der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Innovationsreport. Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Arbeitsbericht Nr. 153. Oktober 2012. Berlin.
- UBA (2016): Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Endbericht. Umwelt Bundesamt.
- VCI (2011): Factbook 02 Das Auto in der (e-)mobilen Zukunft. Die Beiträge der Chemie zu den kommenden Megatrends. Verband der Chemieindustrie (VCI).
- Wietschel, M.; Thielmann, A.; Plötz, P.; Gnann, T.; Sievers, L.; Breitschopf, B.; Doll, C. & Moll, C. (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 09/2017.
- Wolter, M. I., Großmann, A., Mönnig, A. & Wiebe, K. S. (2014): TINFORGE – Trade for the INterindustry FORecasting GErmany Model. GWS Discussion Paper 14/1, Osnabrück.
- Wolter, M.I.; Mönnig, A.; Hummel, M.; Weber, E.; Zika, G.; Helmrich, R.; Maier, T. & Neuber-Pohl, C. (2016): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie -Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 13/2016.

Zika, G.; Helmrich, R.; Kalinowski, M.; Wolter, M.I.; Hummel, M.; Maier, T.; Hänisch, C. & Drosdowski, Th. (2012): In der Arbeitszeit steckt noch eine Menge Potenzial. Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis 2030. In: IAB-Kurzbericht, 18/2012, S. 1-12

In dieser Reihe sind zuletzt erschienen

Nr.	Autor(en)	Titel	Datum
<u>15/2017</u>	Bellmann, L.	Chancen und Risiken der Digitalisierung für ältere Produktionsarbeiter	12/17
<u>16/2017</u>	Müller, S. Dettmann, E. Fackler, D. Neuschäffer, G. Slavtchev, V. Leber, U. Schwengler, B.	Produktivitätsunterschiede zwischen West- und Ostdeutschland und mögliche Erklärungsfaktoren	12/17
<u>1/2018</u>	vom Berge, P. Kaimer, S. Copestake, S. Eberele, J. Klosterhuber, W.	Arbeitsmarktspiegel: Entwicklungen nach Einführung des Mindestlohns (Ausgabe 5)	3/18
<u>2/2018</u>	Büschel, U. Hense C. Daumann, V. Dony, E. Kubis, A. Rebien, M. Stöhr, S. Voit, A.	Betriebe und Geflüchtete	5/18
<u>3/2018</u>	Frodermann, C. Müller, D. Schmucker, A.	Entgeltgleichheit zwischen Frauen und Männern in mittleren und großen Betrieben	6/18
<u>4/2018</u>	Bossler, M. Gürtzgen, N. Lochner, B. Betzl, U. Feist, L. Wegmann, J.	Auswirkungen des gesetzlichen Mindestlohns auf Betriebe und Unternehmen	8/18
<u>5/2018</u>	Vom Berge, P. Kaimer, S. Copestake, S. Eberle, J. Haepf, T.	Arbeitsmarktspiegel: Entwicklungen nach Einführung des Mindestlohns (Ausgabe 6)	8/18
<u>6/2018</u>	Müller, S. Dettmann, E. Fackler, D. Neuschäffer, G. Slavtchev, V. Leber, U. Schwengler, B.	Lohnunterschiede zwischen Betrieben in Ost- und Westdeutschland: Ausmaß und mögliche Erklärungsfaktoren	10/18
<u>7/2018</u>	Bornhofen, A. Borrs, L. Moritz, M.	Die binationale Berufsausbildung im bayerisch-tschechischen Grenzraum – ein Zukunftsmodell für Nachbarstaaten?	10/18

Stand: 5.12.2018

Eine vollständige Liste aller erschienenen IAB-Forschungsberichte finden Sie unter <https://www.iab.de/de/publikationen/forschungsbericht.aspx>

Impressum

IAB-Forschungsbericht 8/2018
5. Dezember 2018

Herausgeber

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
Regensburger Straße 104
90478 Nürnberg

Redaktion

Martin Schludi, Jutta Palm-Nowak

Technische Herstellung

Renate Martin

Rechte

Nachdruck – auch auszugsweise –
nur mit Genehmigung des IAB gestattet

Website

<https://www.iab.de>

Bezugsmöglichkeit

<http://doku.iab.de/forschungsbericht/2018/fb0818.pdf>

ISSN 2195-2655

Rückfragen zum Inhalt an:

Christian Schneemann
Telefon 0911 179-5331
E-Mail Christian.Schneemann2@iab.de

Enzo Weber
Telefon 0911 179-7643
E-Mail Enzo.Weber@iab.de