Transformation der Mobilität aus regionaler Sicht

Fortschreibung des Status quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität auf Kreisebene

ARBEITSPAPIER von AP3 des Projektes:

Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität: Eine systemische Analyse der Perspektiven in Deutschland bis 2035

Karlsruhe, 27.09.2019

M-Five GmbH
Mobility, Futures, Innovation, Economics
Bahnhofstr. 46, 76137 Karlsruhe

Dr. Wolfgang Schade
Wissenschaftliche Leitung
Tel: +49 721 82481890
wolfgang. schade@m-five. de
www.m-five. de

© M-Five 2019

Status: Dezember 2018, letzte Revision September 2019

Bearbeitung des Arbeitspapiers:

M-Five GmbH Mobility, Futures, Innovation, Economics. Karlsruhe:

M. A. Daniel Berthold

M. Sc. Simon Mader

Dr. Wolfgang Schade

M. Eng. Stefanie Schäfer

Dr. Christian Scherf

M. A. Udo Wagner

Vorgeschlagene Zitierweise:

Wagner U., Schade W., Berthold D., Mader S., Schäfer S., Scherf C., Wagner U. (2019): *Transformation der Mobilität aus regionaler Sicht: Fortschreibung des Status quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität auf Kreisebene.* Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 12

2 Überblick und Begriffsabgrenzungen 14

3 Abgrenzung und Definition der Kreistypen 23

4 Räumliche Analyse der Beschäftigung im MIV 32

4.1 Beschäftigungsanalyse im Bereich der Kfz-Nachfrage und Pkw-Herstellung 35

4.1.1 Berechnung der Pkw-Neuzulassungen 35

4.1.2 Pkw-Komponenten als Basis der Beschäftigungsrechnung 43

4.1.3 Modellierung der Pkw-Inlandsnachfrage 45

4.1.4 Modellierung der Exporte der deutschen Automobilindustrie 46

4.1.5 Umsatz und Beschäftigung in der Pkw-Produktion in Deutschland 49

4.1.6 Sensitivität der Verteilung von Produktion und Absatz 54

4.1.7 Prognosegüte der Bottom-up Regional-Verteilungs-Methodik 55

4.1.8 Berechnung der Beschäftigung auf Kreisebene 56

4.2 Beschäftigung in der Pkw-Nutzung 72

4.2.1 Handel und Vertrieb 73

4.2.2 Instandhaltung und Wartung 73

4.2.3 Herstellung und Betrieb der Ladeinfrastruktur 73

4.3 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im Bereich der Herstellung und Nutzung von Kraftfahrzeugen 75

5 Räumliche Analyse der Beschäftigung in Verkehrs- und Mobilitätsdienstleistungen 77

5.1 Beschäftigung im öffentlichen Verkehr 77

5.1.1 Personenbeförderung 78

5.1.2 Zusätzliche Beschäftigungspotenziale durch Servicekultur und -infrastruktur im öffentlichen Personenverkehr 91

5.1.3 Schienenfahrzeugbau 94

5.1.4 Schienenfahrzeuginstandhaltung und -wartung 95

5.1.5 Schieneninfrastrukturbau 96

5.1.6 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im öffentlichen Personenverkehr 98

5.2 Beschäftigung im Bereich neue Mobilitätsdienste ... 99
5.2.1 Carsharing ... 100
5.2.2 Bikesharing ... 104
5.2.3 Weitere Sharing-Formen ... 106
5.2.4 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte neuer Mobilitätsdienste ... 107
5.3 Beschäftigung im Bereich Fahrradverkehr ... 107
5.3.1 Herstellung der Infrastruktur ... 108
5.3.2 Herstellung und Verkauf von Fahrrädern, Fahrradteilen und Zubehör ... 110
5.3.3 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im Bereich Fahrradverkehr ... 113
6 Eckwerte der Beschäftigung des Güterverkehrs ... 115
7 Beschäftigungseffekte durch Digitalisierung ... 120
7.1.1 Veränderte Beschäftigungsanteile im Fahrzeugbau ... 127
7.1.2 Telematik im Straßenverkehr (Leit- und Signaltechnik) ... 131
7.1.3 Digitalisierung des Zugangs zum öffentlichen Personenverkehr ... 134
7.1.4 Ausblick und Schlussfolgerung zur Digitalisierung ... 136
8 Synthese der Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität ... 137
8.1 Regionale Beschäftigungseffekte ... 138
8.1.1 Beschäftigungseffekte im Szenario E-Straße 2035 (ES-35) ... 138
8.1.2 Beschäftigungseffekte im Szenario Multimodalität 2035 (MM-35) ... 141
8.1.3 Top 25 Kreise im Vergleich ... 147
8.2 Anmerkungen zur Methodik ... 150
8.3 Schlussbemerkungen und Ausblick ... 151
9 Referenzen ... 152

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Verteilung der Verkehrsleistung in den Szenarien auf die Verkehrsträger (Schade et al. 2017) 19

Abbildung 2: Input-Daten für die Regionaldatenbank Mobilität (RE-MOB) 22

Abbildung 3: Siedlungsstrukturelle Kreistypen nach BBSR-Klassifikation 2015 24

Abbildung 4: Räumliche Abgrenzung der Arbeitsmarktregionen 26

Abbildung 5: Schwerpunktregionen mit Automobilindustrie in Deutschland 27

Abbildung 6: Siedlungsstrukturelle Kreistypen und Schwerpunktregionen der Automobilindustrie 28

Abbildung 7: Neue Standorte der Automobilindustrie für E-Fahrzeuge & Komponenten 31

Abbildung 8: Fortschreibung der Eckwerte und Ableitung von räumlichen Beschäftigungseffekten – Top-down Ansatz über Raumtypen 34

Abbildung 9: Berechnungsmodell der Neuzulassungen und komponentenbezogenen Beschäftigung in der Pkw-Herstellung 36

Abbildung 10: Aufbau des Kohortenmodells zur Berechnung des Pkw-Bestandes 38

Abbildung 11: Neuzulassungen an Pkw nach Antriebsart in den Szenarien 40

Abbildung 12: Verschrottung von Pkw in den Szenarien ES-35 und MM-35 41

Abbildung 13: Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart BEV (oben) und PHEV (unten) 42

Abbildung 14: Komponenten und Produktivität als Basis der Methodik der Beschäftigungsermittlung 44

Abbildung 15: Neuzulassungen an Pkw aus inländischer Produktion 46

Abbildung 16: Inlands- und Auslandsproduktion und -absatz deutscher Hersteller 2008, 2012 und 2016 47

Abbildung 17: Neuzulassungen in globalen Märkten in den Szenarien 48

Abbildung 18: Pkw-Exporte aus deutscher Produktion in den Szenarien 49

Abbildung 19: Umsatz nach Komponente aus inländischer Pkw-Produktion in den Szenarien 50

Abbildung 20: Komponenten-Export aus inländischer Produktion in den Szenarien 51

Abbildung 21: Beschäftigung nach Komponente in der Pkw- und Teile-Herstellung in den Szenarien 52

Abbildung 22: Berechnungsmodell der Eckdaten zur Beschäftigung 53

Abbildung 23: Veränderung der Gesamtbeschäftigung in der Automobilindustrie in ES-35 59

Abbildung 24: Veränderung der Gesamtbeschäftigung in der Automobilindustrie in MM-35 60

Abbildung 25: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente ICE in ES-35 62

Abbildung 26: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente EMO in ES-35 63

Abbildung 27: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente FAS in MM-35 65

Abbildung 28: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente GFZ in ES-35 66

Abbildung 29: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente GFZ in MM-35 67

Abbildung 30: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente AST in ES-35 68

Abbildung 31: Veränderung der Beschäftigung in der Automobilindustrie bei konventionellen Komponenten und Fahrzeugmontage im Szenario E-Straße 2035 70

Abbildung 32: Veränderung der Beschäftigung in der Automobilindustrie bei konventionellen Komponenten und Fahrzeugmontage im Szenario Multimodalität 2035 71

Abbildung 33: Berechnungsmodell der Beschäftigung im Bereich öffentlicher Personenverkehr 78

Abbildung 34: Personenkilometer mit öffentlichen Verkehrsmitteln 79

Abbildung 35: Pkm pro EW und Jahr auf der Schiene in den Kreistypen 80

Abbildung 36: Pkm pro EW und Jahr mit dem Verkehrsträger Bus in den Kreistypen 81

Abbildung 37: EW pro Taxi in den Kreistypen differenziert nach Szenario 84

Abbildung 38: Schematische Gestaltung des modularen Entrée-Systems der Größenvariante „small“ 92

Abbildung 39: Carsharing-Fahrzeuge (stationsbasiert und nicht-stationsgebunden) pro 1.000 EW in den Kreistypen 104

Abbildung 40: Bikesharing-Fahrräder pro 1.000 EW in den Kreistypen 105

Abbildung 41: Beschäftigung durch Güterverkehr und KEP-Dienste in den Szenarien 2035 118

Abbildung 42: Zunahme der Beschäftigung durch Güterverkehr und KEP-Dienste in den Szenarien 2035 119

Abbildung 43: Digitalisierungstrends und Beschäftigungseffekte 120

Abbildung 44: Anforderungen bezüglich digitaler Fähigkeiten im Allgemeinen 121

Abbildung 45: Zahl der Studierenden in Wirtschafts- und Informatikstudienfächern von WS 2005/06 bis WS 2015/16 122

Abbildung 46: Automatisierungswahrscheinlichkeiten nach Frey und Osborne (2017) 124

Abbildung 47: Beschäftigungseffekte durch die Digitalisierung 126

Abbildung 48: Beschäftigte pro im Inland produziertem Pkw und Komponente (Szenario "ES-35") 129

Abbildung 49: Beschäftigte pro im Inland produziertem Pkw und Komponente (Szenario "MM-35") 130

Abbildung 50: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario ES-35 inkl. Güterverkehr und KEP-Dienste 139

Abbildung 51: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario ES-35 ohne Güterverkehr und KEP-Dienste 140

Abbildung 52: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario MM-35 ohne Güterverkehr und KEP-Dienste 143

Abbildung 53: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario MM-35 inkl. Güterverkehr und KEP-Dienste 146

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Ausgewählte Begriffsdefinitionen zum Personenverkehr 18

Tabelle 2: Zuordnung von Beschäftigungszweigen und Verkehrsträgern 21

Tabelle 3: Beschreibung der acht Kreistypen 29

Tabelle 4: Annahmen zur Veränderung der Verkehrsleistung 33

Tabelle 5: Produktivitätsentwicklung auf Komponentenebene (in realen Werten) 45

Tabelle 6: Anteile der inländischen Produktion an Neuzulassungen in Deutschland je Segment 46

Tabelle 7: Beschäftigungseffekte in der Pkw-Herstellung auf Komponentenebene 54

Tabelle 8: Beschäftigungseffekte im Bereich Kfz-Herstellung und Nutzung 75

Tabelle 9: Aufteilung der Beschäftigung im Busverkehr 82

Tabelle 10: Beschäftigung in der öffentlichen Personenbeförderung nach Verkehrsmittel 82

Tabelle 11: Beschäftigte im Taximarkt 84

Tabelle 12: Beschäftigungspotenzial für den Betrieb autonomer Shuttlebusse 87

Tabelle 13: Ausgewählte On-Demand-Shuttlesysteme 90

Tabelle 14: Bahnhofskategorien: Verteilung und Personalbesetzung 2018 91

Tabelle 15: Beschäftigungspotenzial an kleinen und mittleren Bahnhöfen durch ein personalbesetztes Entrée-System, angepasst an das Szenario „MM-35“ 93

Tabelle 16: Beschäftigungseffekte im öffentlichen Personenverkehr 98

Tabelle 17: Typische Beschäftigungsfelder in Carsharing-Organisationen 101

Tabelle 18: Beschäftigungseffekte neuer Mobilitätsdienstleistungen 107

Tabelle 19: Jährliche Investitionsbedarfe der Städte und Gemeinden in Mio. € 109

Tabelle 20: Beschäftigung im Bereich Fahrradinfrastruktur 109

Tabelle 21: Herstellung und Verkauf von Fahrrädern, Fahrradteilen und Zubehör 112

Tabelle 22: Beschäftigungseffekte des Fahrradverkehrs in Anzahl der Beschäftigten 113

Tabelle 23: Modellierte Entwicklung der Gütertransportleistung 115

Tabelle 24: Entwicklung der Beschäftigungsintensität im Güterverkehr und KEP 116

Tabelle 25: Prognostizierte Entwicklung der Beschäftigung im Güterverkehr und KEP bei konstanter und bei verbesserter Beschäftigungsintensität 117

Tabelle 26: Beschäftigte in den Bereichen „Parking / PLS“, und „Telematik / LSA“ 132

Tabelle 27: Beschäftigte (in Tsd.) in den Bereichen „Zugang“ und „Ticketing“ 136

Tabelle 28: Zusammenfassung der Beschäftigungsentwicklung 137

Tabelle 29: Top 25 Kreise Szenario ES-35 148

Tabelle 30: Top 25 Kreise Szenario MM-35 149

Verzeichnis der Abkürzungen

AI	Automobilindustrie
AP	Arbeitspaket (AP1: Leitbild nachhaltige Mobilität: Szenarien Multi-Modalität-2035 und E-Straße-2035[1]; AP2: Status quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität[2])
AST	Antriebsstrang (Komponentenkategorie)
AV	Autonomer Verkehr
BBSR	Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BEV	Battery electric vehicle, Batteriefahrzeug
DRT	Drivetrain Technology, Antriebsart von Pkw
ELE	Elektronik ohne Fahrerassistenzsysteme (Komponentenkategorie)
EMO	Elektrische Antriebe & Aggregate (Komponentenkategorie)
ES-35	Szenario Elektrifizierte Straße-2035
EW	Einwohnerinnen und Einwohner
EWT	Erwerbstätige
EXT	Exterieur (Komponentenkategorie)
FAS	Fahrerassistenzsysteme (Komponentenkategorie)
FCEV	Wasserstoffbrennzellen-Pkw
FWK	Fahrwerk (Komponentenkategorie)
Fz-km	Fahrzeugkilometer
GFZ	Integration der Komponenten in das Gesamtfahrzeug / Fahrzeugmontage (Komponentenkategorie)

[1] Schade W., Doll C., Mader S., Sievers L., Wagner U. (2017): Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität - Leitbild nachhaltige Mobilität: Szenarien Multi-Modalität-2035 und E-Straße-2035. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe.

[2] Wagner U., Schade W., Sievers L., Berthold D., Doll C., Hartwig J., Mader S. (2018): Status quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe.

Kfz	Kraftfahrzeug
ICE	Internal Combustion Engine, Verbrennungsmotor (bei Komponenten-kategorie: mit Aggregaten)
INT	Interieur (Komponentenkategorie)
IT	Informationstechnik
KAR	Karosserie (Komponentenkategorie)
KI	Künstliche Intelligenz
MiD	Mobilität in Deutschland (Studie von 2008)
MM-35	Szenario Multi-Modalität-2035
NAFTA	North American Free Trade Agreement (Freihandelsabkommen)
Nfz	Nutzfahrzeug
Nzl. NZL	Neuzulassungen
OEM	Original Equipment Manufacturer, Automobilhersteller
ÖV	Öffentlicher Personenverkehr
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle, „Steckdosenhybrid“
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PVE	Personenverkehr mit Eisenbahnen
PW	Produktionswert
RE-MOB	Regionaldatenbank Mobilität
REF-15	Szenario Referenz-2015
SEG	Pkw-Segment
tkm	Tonnenkilometer
VZÄ	Vollzeitäquivalent
xEV	Elektrifizierter Pkw (BEV, PHEV, FCEV)

1 Einleitung

Das Ziel des Gesamtvorhabens ist die Analyse der Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität in Deutschland bis zum Jahr 2035. Im Kern steht dabei der Personenverkehr und die Quantifizierung der Beschäftigungseffekte in disaggregierter Form, d. h. (1) in regionaler Auflösung, (2) nach Wirtschaftszweigen und (3) zugeordnet zu verschiedenen Verkehrsträgern sowie verbundenen Industrien wie der IT-Branche.

In Arbeitspaket 1 wurden die der Fortschreibung zugrundeliegenden Szenarien E-Straße 2035 und Multi-Modalität 2035 beschrieben und definiert (Schade et al 2017). Inhalt des Arbeitspakets 2 ist die Beschreibung und Quantifizierung der Beschäftigung und Wertschöpfung durch Mobilität in Deutschland heute beziehungsweise im Jahr 2015 (WAGNER u. a., 2018).

Das vorliegende Arbeitspapier zum Arbeitspaket 3 beschreibt in der aktuellen Fassung von Mai 2019 die Methodik zur Berechnung der beiden Szenarien nachhaltiger Mobilität und deren Beschäftigungswirkung in regionaler Auflösung. Die Analysen berücksichtigen den Wissensstand bis zum vierten Quartal 2018. **Der Fokus dieses Arbeitspakets (AP) liegt auf der regionalen Analyse der Wirkung nachhaltiger Mobilität**. In zwei weiteren Arbeitspapieren wird (1) eine gezielte Analyse der sektoralen Verflechtungen nachhaltiger Mobilität untersucht (AP4) und (2) eine dynamische gesamtwirtschaftliche Analyse auf Wachstum und Beschäftigung durchgeführt (AP5).

Arbeitspaket 3 leistet eine Quantifizierung der für Mobilität und Beschäftigung relevanten Rahmendaten in den Szenarien E-Straße 2035 (ES-35) und Multi-Modalität 2035 (MM-35), wobei es sich um normative Szenarien[3] handelt, die sich folgendermaßen gestalten:

- Szenario **REF-2015**: verkehrliches und ökonomisches Mengengerüst für Deutschland im Jahr 2015 (Beschreibung des Status quo).
- Szenario **Multi-Modalität-2035**: Multi-Modalität mit der Bahn im Fern- und Regionalverkehr intermodal und flexibel kombiniert mit dem Fahrrad. Der ÖV entwickelt sich zu einem zentralen Verkehrsmittel.
- Szenario **E-Straße-2035**: deutliche Stärkung des Umweltverbundes und Elektrifizierung des Straßenverkehrs, wodurch dieser bei zentralen Handlungsfeldern (Klima, Luftbelastung, Lärm) ebenfalls nachhaltig wird und seine dominante Rolle als Verkehrsmittel behält.

Die zunächst auf Bundesebene festgelegten Eckwerte der beiden Szenarien für 2035 werden auf Kreisebene heruntergebrochen. Die Status quo-Werte des Mobilitätssystems der einzelnen Kreise und kreisfreien Städte bezogen auf 2015 werden mit spezifischen Wachstumsraten bis 2035 fortgeschrieben – in Abhängigkeit von siedlungsstrukturellen Merkmalen und der Beschäftigung im Automotive-Sektor. Mit Hilfe einer Typisierung der

[3] Normative Szenarien bauen auf der Definition von gewünschten Zuständen in der Zukunft auf. Nachgelagert wird untersucht, wie das Zukunftsbild erreicht werden kann (KOSOW & GAßNER, 2008).

Kreise[4] in acht Kreistypen sollen aus diesen Eckwerten der Szenarien Mobilitätsindikatoren regional bestimmt werden (siehe Tabelle 3).

Aus Gründen der Lesbarkeit wird in diesem Text darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Soweit personenbezogene Bezeichnungen nur in männlicher Form angeführt sind, beziehen sie sich auf Männer, Frauen und intersexuelle Menschen in gleicher Weise.

Das Arbeitspapier beginnt nach dieser Einleitung mit einer Abgrenzung der verwendeten Begriffe, gefolgt von einer Darstellung und Herleitung der für die räumliche Analyse genutzten Raumstrukturen im Kapitel 3. Das vierte Kapitel beschreibt die räumliche Beschäftigungsänderung im Bereich des MIV getrennt nach Fahrzeugproduktion und Fahrzeugnutzung. Im fünften Kapitel wird die Beschäftigungswirkung der Szenarien durch Verkehrs- und Mobilitätsdienstleistungen sowie Fahrradherstellung, -handel und -infrastruktur dargestellt, gefolgt von einem Überblick der Beschäftigung im Güterverkehr in Kapitel 6. Kapitel 7 diskutiert die Wirkung der Digitalisierung auf die Beschäftigung allgemein und anschließend mit Bezug zum Mobilitätssektor. Das Arbeitspapier schließt mit einer Synthese der räumlichen Beschäftigungswirkungen nachhaltiger Mobilität in Kapitel 8.

[4] Mit der Bezeichnung Kreise sind im vorliegenden Bericht neben den (Land-)Kreisen im engeren Sinn auch kreisfreie Städte und Kommunalverbände besonderer Art (Region Hannover, Regionalverband Saarbrücken, Städteregion Aachen) gemeint.

2 Überblick und Begriffsabgrenzungen

Die beiden Szenarien „ES-35“ und „MM-35“ beziehen sich auf einen Zeitpunkt in 17 Jahren ab heute (Stand 2018). Rückblickend entspricht dies dem Jahr 2001 in der Vergangenheit: In Deutschland waren über 5 Mio. Kraftfahrzeuge weniger zugelassen als heute (KRAFTFAHRT-BUNDESAMT, 2018), Smartphones gab es noch nicht, die Magnetschwebebahn Transrapid fuhr im Emsland, aber nicht in China. Dies verdeutlich das mögliche Ausmaß von Veränderungen in den kommenden 17 Jahren.

Es ist mit technologischen Sprüngen, etwa in der Elektromobilität und beim automatisierten Fahren zu rechnen. Auch politische Entscheidungen zum Klimaschutz werden Auswirkungen zeigen. Die Bestandteile des Verkehrssystems werden aber im Wesentlichen dieselben sein wie heute, wenngleich sich Organisation, Anteile und Funktionen im Einzelnen verlagern können.

Nachfolgend wird das für das Jahr 2035 angenommene Verkehrssystem für Personen und Güter sowie die Beschäftigungsstruktur Szenario-übergreifend beschrieben, um die grundsätzlichen Systembausteine zu definieren. Dabei werden die folgenden Begriffe für die verschiedenen Elemente und die Gestaltungstiefe der Szenarien genutzt:

- **Rahmendaten**: dazu gehören die Bevölkerung und ihre räumliche Verteilung, sowie die Daten / Indikatoren, die gemeinsam mit dem Projektbeirat für die Szenarien festgelegt wurden (z.B. Verkehrsnachfrage, Pkw-Besitzrate).
- **Eckwerte**: Indikatoren und Ergebnisse der Beschäftigungsanalyse, die mit aggregierten Methoden und damit vereinfacht ermittelt wurden. Dies gilt z.B. für den Güterverkehr, da der Fokus der hier vorgestellten Analyse im Personenverkehr liegt.
- **Räumliche Analyse** der Beschäftigung: diese Analysen bilden den Kern des Arbeitspapiers in dem die räumliche Verteilung der Beschäftigung in der Mobilität in 2015 (Status quo) sowie für die beiden Szenarien (ES-35 und MM-35) bis zum Jahre 2035 mit verschiedenen Analyseverfahren fortgeschrieben wird.

Personenverkehr 2035

Im Jahr 2035 wird es weiterhin den klassischen öffentlichen Personenverkehr geben. Der technologische Fortschritt ermöglicht es jedoch, dass Fahrzeuge auch autonom (fahrerlos) fahren. Der Markt befindet sich noch im Wandel, so dass es weiterhin Fahrzeuge gibt, die einer Fahrerin oder eines Fahrers bedürfen. Der Personenverkehr zu Lande besteht weiterhin aus Individualverkehr mit Privatfahrzeugen und öffentlichem Verkehr. Die ÖV-Flotte teilt sich folgendermaßen auf:

- Schienenfahrzeuge (autonom und nicht autonom fahrend);
- Nahverkehrs- und Fernbusse (autonom und nicht autonom fahrend);
- autonome Shuttle als Zubringer, wobei der Unterschied zu autonom fahrenden Bussen in der Gefäßgröße besteht;
- autonom fahrende „Taxen“, wobei es sich um Kleinfahrzeuge handelt, welche nicht zwingend mit anderen Fahrgästen geteilt werden müssen;
- klassische Taxen (mit Fahrer);
- Passagierflugzeuge (hier nicht näher betrachtet);
- Fahrzeuge und Systeme besonderer Bauart wie urbane Hänge- und Seilbahnen, eventuell Hyperloops etc. (hier nicht näher betrachtet)

Der herkömmliche Umweltverbund wird in erheblichem Maße um neue Mobilitätsdienste ergänzt. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- Carsharing in zwei Ausprägungen (in beiden Fällen weitestgehend elektrifiziert):
    - AV-Carsharing (öffentliche autonome Verkehre im Modus privater Nutzung)
    - klassisches Carsharing (öffentliche nichtautonome Verkehre im Modus privater Nutzung)
- Bikesharing mit klassischen Fahrrädern oder mit elektrischer Tretunterstützung
- Sonstige Sharing-Formen:
    - sonstige öffentliche Verkehre im Modus privater Nutzung z. B. (Tret-) Rollersharing
    - sonstige private Verkehre im Modus öffentlicher Nutzung (Ridesharing bzw. Rideselling)

Auch im Jahr 2035 gibt es noch einen motorisierten Individualverkehr inklusive Privat-Pkw, diese werden aber in erheblichem Maße elektrisch und teilweise autonom fahren. Ebenso wird es einen Anteil an Passagierluftfahrt geben. Aufgrund strengerer Klimaschutzrichtlinien, der Internalisierung externer Kosten und attraktiver Alternativen auf Kurz- und Mittelstrecken wird sie aber einen deutlich geringeren Anteil an der gesamten Personenverkehrsleistung haben als heute. Ein kleiner Anteil des Luftverkehrs wird über autonome Flugdrohnen abgewickelt werden, was aber mehr den Frachtflugverkehr betrifft. Die Schifffahrt wird ferner für den Personenverkehr im Inland eine vernachlässigbare Rolle spielen, da sie fast nur in bestimmten Kreisregionen, wie der Bodenseeregion und den Küstenregionen auftritt. Wie im grenzüberschreitenden Verkehr, wird die Personenschifffahrt überwiegend touristisch von Belang sein.

Die Automatisierung der Verkehrsmittel wird sich bis zum Jahr 2035 in unterschiedliche Entwicklungszweige ausdifferenzieren. Dabei sind im Allgemeinen zwei Pfadentwicklungen auszumachen (NORDHOFF u. a., 2016): Zum einen besteht der „evolutionäre Pfad“, in dem herkömmliche Fahrzeuge des MIV ein stufenweises „Upgrading“ durch verbesserte Fahrerassistenz- und Sensorsysteme erfahren, wie es sie grundsätzlich heute schon gibt.

In zukünftigen Entwicklungsstufen kann dies bis zur temporären Fahrerlosigkeit reichen, wobei weiterhin Steuerelemente zur manuellen Fahrzeugführung vorhanden sind. Zum anderen besteht der „revolutionäre Pfad“, der hochautomatisierte Fahrzeuggefäße umfasst. Sie verfügen in der Regel über keine konventionellen Steuerelemente (Lenkrad, Pedale etc.) und sind grundsätzlich fahrerlos.

Die Heranführung an die Vollautomatisierung erfolgt hierbei in größeren Stufen als beim „evolutionären Pfad“, und das Fahrzeugkonzept entfernt sich von klassischen Straßenfahrzeugen. Im weiteren Sinne können auch autonome Bahnen, z. B. die Nürnberger U-Bahn, diesem Pfad zugeordnet werden. Zudem werden aber bereits heute automatisierte Shuttlebusse getestet, die zukünftig als ergänzende Zubringer des ÖV auf der „ersten und letzten Meile“ dienen können (HUNSICKER u. a., 2017).

Während beim „evolutionären Pfad“ verschiedene Antriebsmotoren auf Basis fossiler Kraftstoffe und / oder Elektrizität zum Einsatz kommen, setzt der „revolutionäre Pfad“ in aller Regel getriebelose Elektroantriebe voraus. Hinsichtlich der Beschäftigungsstruktur werden beide Pfade einschneidende wirtschaftliche Folgen haben: Der „evolutionäre Pfad“ schafft einen hohen Bedarf an hochkomplexer On-Board-Elektronik und -Software, was entsprechende Berufsbilder stärkt.

Ferner ermöglicht die Nutzung der Fahrtzeit für andere Zwecke als der Fahrzeugführung neue Formen des „mobilen Homeoffice“ – ein indirekter Effekt, der hier nicht näher betrachtet wird. Der „revolutionäre Pfad“ hat Auswirkungen auf die Tätigkeiten unter den ÖV-Beschäftigten. Allgemein ist anzunehmen, dass die zunehmende Automatisierung der Personenbeförderung zu einer Verlagerung weg vom Berufsbild der Fahrerin oder des Fahrers, hin zu überwachenden und koordinierenden Aufgaben in Leitzentralen mit sich bringt.

Dabei ist jedoch anzumerken, dass die hier behandelten autonomen Shuttles Kleingefäße mit einer Beförderungskapazität von ca. 8 bis 10 Personen bezeichnen. Diese Fahrzeuge *ergänzen* den klassischen ÖV auf Kurzstrecken von bis zu wenigen Kilometern, die u. a. aufgrund der Personalkosten der Fahrer ökonomisch bisher schwer darstellbar sind. Die erforderlichen Beförderungsvolumina von gebündelten Verkehren lassen sich allein schon aus Gründen der Kapazität nicht durch autonome Shuttles auf Basis von Kleinbussen *ersetzen*.

Anders verhält es sich bei der Automatisierung bestehender ÖV-Systeme wie der genannten U-Bahn in Nürnberg. Durch Ausweitung solcher Systeme könnten Fahrer obsolet werden. Langfristig erlaubt der fahrerlose Betrieb ferner den Einsatz sogenannter „Robo-Taxen“, wobei sich die Fahrgäste ein leeres Fahrzeug heranrufen können. Sollte ein solcher Stand bis 2035 technisch ausgereift, rechtlich zulässig und sozial akzeptiert sein,

stünden solche Angebote in Konkurrenz zum klassischen Taxigewerbe. Wir nehmen jedoch an, dass bei gutem Kundenservice die Nachfrager sowohl Zahlungsbereitschaft für als auch den Wunsch nach menschlichen Fahrern haben, zum Beispiel im Rahmen von seniorenfreundlichen Dienstleistungen. Im Jahr 2035 wird es daher klassische „Taxen“ mit Fahrer parallel zu automatisierten Varianten geben.

Die Funktionalität des Verkehrssystems wird jedoch nicht allein durch die Art des Verkehrsmittels bestimmt sein, sondern im Wesentlichen auch durch die Form ihrer Vernetzung bzw. Gestaltung der Schnittstellen. Umstiege sowohl zwischen Verkehrsmitteln ähnlicher Bauart (intramodal) als auch unterschiedlicher Bauart (intermodal) werden sich weiter vereinfachen. Digitale Medien und Systeme (z. B. Wearable Computing, Blockchain etc.), kooperative Geschäftsmodelle und integrierte Verkehrsplanung senken die Transaktionskosten. Dies senkt wiederum den Informationsaufwand, vereinheitlicht Zugangsberechtigungen und Abrechnungsverfahren, die für Fahrgäste heute noch vielfach unverbunden sind.

Eine Orientierung bieten hierbei die heutigen Verkehrsverbünde, die schrittweise zu Mobilitätsverbünden unter Einbezug des erweiterten Umweltverbundes (s. o.) und neuer Mobilitätsdienste ausgebaut werden. Eine zentrale Herausforderung wird die Bildung gemeinsamer Standards im Verbraucherschutz und Arbeitnehmerrecht sein. Zudem werden Mobilitätsgarantien zur Schließung etwaiger Serviceketten und parallele Formen staatlicher Gewährleistung zu diskutieren sein.

So könnten im Zuge des demografischen und strukturellen Wandels sowie des Schuldenabbaus raumspezifische Gliederungen der verkehrspolitischen Daseinsvorsorge erforderlich werden: Eine Subjektförderung nach dem Subsidiaritätsprinzip könnte in dünnbesiedelten, nachfrageschwachen Kreisregionen die Erreichbarkeit aufrechterhalten (z. B. durch Taxigutscheine, Bürgerbusse oder die Professionalisierung privater Mitnahme). Währenddessen werden sich in Ballungs- und Wachstumsregionen eher infrastrukturelle und monetäre Ansätze herkömmlicher Prägung anbieten, wie sie seit Langem in der ÖV-Förderung verfolgt werden.

Tabelle 1 fasst die zentralen Begriffsdefinitionen zum Personenverkehr zusammen:

Tabelle 1: Ausgewählte Begriffsdefinitionen zum Personenverkehr

Begriff	Definition
Autonome Shuttles	fahrerlose, öffentliche (E-)Kleinbusse im Zubringerverkehr
Carsharing	Öffentlich bereitstehende (E-)Pkw im Modus privater Nutzung
Bikesharing	Öffentlich bereitstehende (E-)Fahrräder im Modus privater Nutzung
Scootersharing	Öffentlich bereitstehende (E-)Motorroller im Modus privater Nutzung[5]
Ridesharing / -selling	Vermittlung privater Fahrzeugplätze im Modus öffentlicher Nutzung

Quelle: M-Five, eigene Darstellung

Unter Berücksichtigung dieser Verkehrsträger ergibt sich die auf der Folgeseite dargestellte Verteilung der Verkehrsleistung (Abbildung 1), welche in der zweiten Ebene aus in Kapitel 4 beschriebenen Rechenverfahren entstanden ist.

Die Aufteilung der Verkehrsleistung veranschaulicht die starke Verschiebung hin zum öffentlichen Verkehr und neuen Mobilitätsdienstleistungen. Dies ergibt sich unter der Annahme der oben beschriebenen Veränderung der verfügbaren Verkehrsträger und den mit dem Projektbeirat beschlossenen Verkehrsanteilsverlagerungen. Die Parameter wurden so gewählt, dass sie ein nachhaltiges und zukunftsgerechtes Mobilitätssystem abbilden.

Es handelt sich um normative Szenarien, weshalb Fragen der Umsetzbarkeit innerhalb des betrachteten Zeithorizonts nur bedingt berücksichtigt wurden. So ist es beispielsweise bei einem Planungs- und Umsetzungshorizont von aktuell mehr als 25 Jahren bei Schieneninfrastrukturprojekten nur schwer möglich, die für die erhöhte Nachfrage benötigte zusätzliche Schieneninfrastruktur zu realisieren, soweit diese nicht bereits heute durch den BVWP 2030[6] abgedeckt ist.

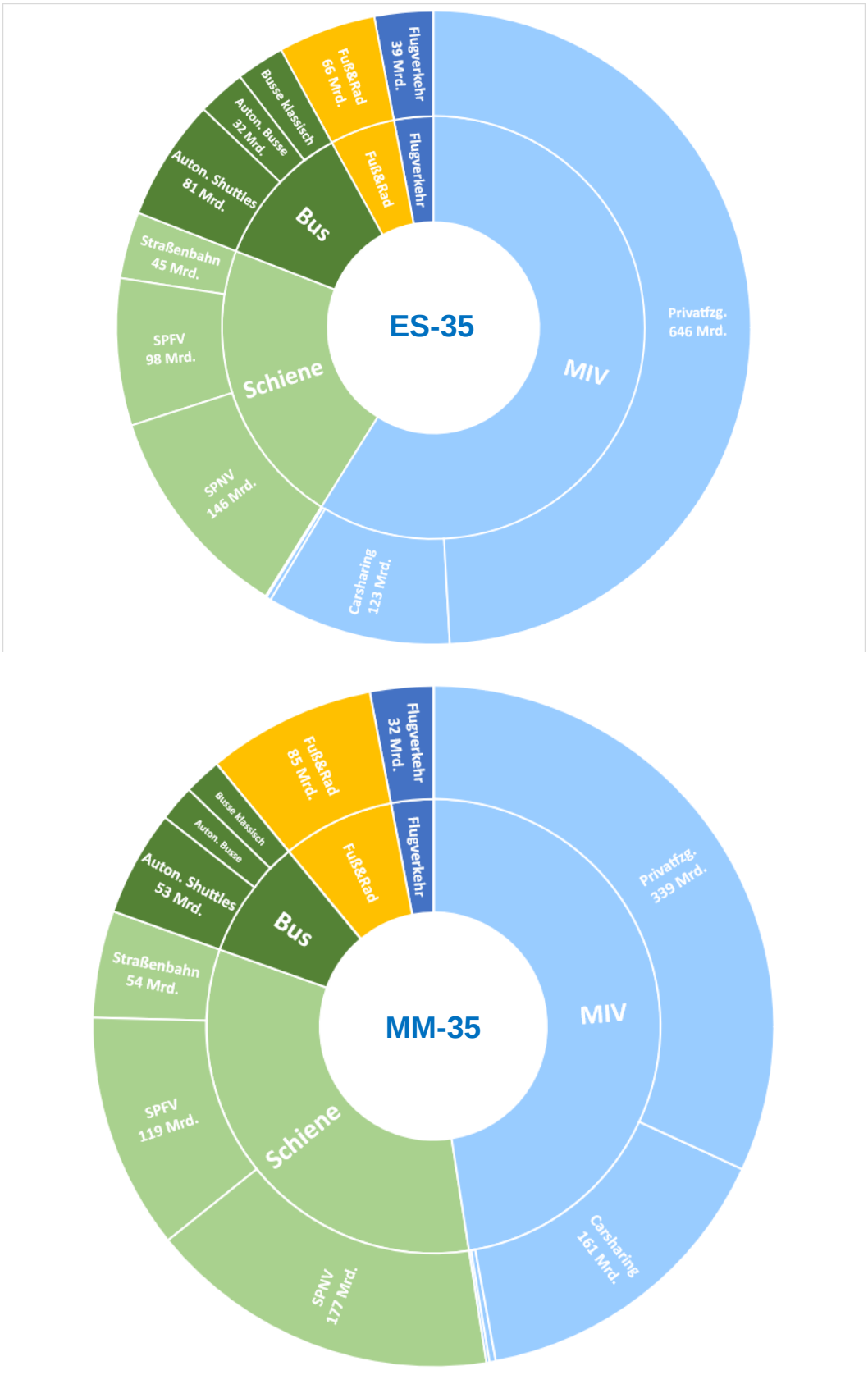
Allgemein bräuchte es für eine Verdopplung beziehungsweise Verdreifachung der Schienenverkehrsleistung nicht nur eine Veränderung des Angebots, sondern auch politisch gesetzte ökonomische Anreize (d.h. Preissignale), eine Veränderung der Siedlungsstrukturen und eine veränderte Nutzerakzeptanz. Aus diesem Grund müssen die Weichen für eine erfolgreiche Schienenpolitik schon heute gestellt werden und eine gezielte Förderung erfolgen.

Verschieben und verändern sich die Verkehrsmittel, die Verkehrsleistung und zugehörige Prozesse in einem anderen Maße als hier beschrieben, hat dies folglich auch andere Effekte auf die Beschäftigung.

[5] Roller beinhalten auch Stehroller (Typ Segway) und Tretroller.

[6] Im Bundesverkehrswegeplan 2030 wurden im Jahr 2016 Aus- und Neubauprojekte auf Straße, Schiene und Wasserstraße für die kommenden fünfzehn Jahre vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur vorgeschlagen und durch Kabinett und Bundestag beschlossen.

Abbildung 1: Verteilung der Verkehrsleistung in den Szenarien auf die Verkehrsträger (Schade et al. 2017)



Güterverkehr 2035

Die Dienstleistungen im Fracht- und Gütertransport sowie Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP) bleiben eine elementare Voraussetzung für das Funktionieren der Volkswirtschaft. Zwar könnten der technische Fortschritt und postmaterialistische Lebensstile stoffliche Güterstrome durch digitale Datenströme ersetzen (Beispiel 3D-Druck), doch ist anzunehmen, dass diese Verfahren nur in einzelnen Teilbereichen des Wirtschaftsverkehrs relevant werden. Auch die integrierte, transportreduzierende Citylogistik konnte den Güterverkehr bisher nur in Maßen einschränken und wirkt sich eher langfristig aus. Der Güterverkehr wird sich daher im Jahr 2035 aus einer breiten Palette der folgenden Transportarten zusammensetzen:

- Lkw (vielfach teilautonome und in Kolonne fahrend)
- Kleintransporter, Drei- und Zweiräder (z. B. Fahrradkuriere oder Lastenfahrräder für KEP-Dienste in der Citylogistik)
- Güterbahn (mittels Güterverteilzentren und intermodalen Terminals als kombinierter Verkehr; in Städten auch als Güterstraßenbahn)
- Frachtluftfahrzeug (für kleinteilige und eilige Güter als autonome Flugdrohne; neue Verkehrsmittel wie Transportluftschiffe denkbar)
- Binnen- und Seeschiff
- Rohrleitung (hier nicht betrachtet)

Der Güterverkehr erfolgt weitestgehend auf Basis regenerativer Energien. Diese Transformation wird auf der Straße und Schiene vorwiegend durch Elektrifizierung erreicht. Batterien, Oberleitungen und Stromschienen, Brennstoffzellen sowie Schwungscheiben bieten diverse Möglichkeiten zur Speicherung und Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Quellen in Bewegungsenergie. Im Luft- und Schiffsverkehr erfolgt die Umstellung auf postfossile Energieträger zusätzlich durch den breiten Einsatz biogener und synthetischer, strombasierter Kraftstoffe. Die Citylogistik wird durch Zusammenschlüsse von Einzelhändlern zum Zwecke gemeinsamer Belieferung und Abholungen optimiert. Im Nahbereich kommen nichtmotorisierte Logistikfahrzeuge wie Lastenfahrräder zum Einsatz.

Besonders in dünnbesiedelten Kreisregionen kann die Kombination von Personen- und Güterverkehr relevant werden, um auch bei schrumpfender Nachfrage eine effiziente Versorgung zu gewährleisten (z. B. durch Postbusse, Transportanhänger, Zustellung durch Taxis oder die Professionalisierung privater Hol- und Bringdienste). Auf die Beschäftigungssituation in der Logistikbranche werden diese Kombinationen aber mangels Masse nur sehr geringfügigen Einfluss haben.

Die Analyse der Beschäftigung des Güterverkehrs erfolgt nur grob und weist Eckwerte für die Verkehrs- und Fahrleistungen der Verkehrsträger aus auf deren Basis die Beschäftigung im Güterverkehr für das Jahr 2035 abgeschätzt wird. Damit wird die Beschreibung der Beschäftigung in der Mobilität vervollständigt.

Beschäftigungsstruktur 2035

Hinsichtlich der Beschäftigungsstruktur lassen sich die Elemente des Verkehrssystems unterschiedlichen Beschäftigungszweigen zuordnen (siehe Tabelle 2). Im Wesentlichen entspricht dies dem heutigen Stand, wobei sich die Tätigkeiten in Umfang und Qualität verändern. Die Verkehrsträger Luft-, Schiffs- und Rohrleitungsverkehr bleiben hierbei unberücksichtigt.

Tabelle 2: Zuordnung von Beschäftigungszweigen und Verkehrsträgern

Beschäftigungszweig	Verkehrsträger
Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge	Kraftfahrzeuge
	Schienenfahrzeuge
	Fahrräder einschl. E-Fahrräder (Pedelecs)
Fahrzeug-Handel und Vertrieb	Kraftfahrzeuge
	Fahrräder einschl. E-Fahrräder (Pedelecs)
Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge	Kraftfahrzeuge
	Schienenfahrzeuge
	Fahrräder einschl. E-Fahrräder (Pedelecs)
Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur	Schieneninfrastruktur
	Straßeninfrastruktur
	Fahrradspezifische Infrastruktur
Bereitstellung von Mobilitätsdienstleistungen	Betrieb des öffentlichen Personenverkehrs
	Taxiverkehr
	Carsharing
	Bikesharing
	Sonstige Dienste (z. B. Scootersharing, Ridesharing etc.)
Digitalisierung der Verkehrsorganisation	Kraftfahrzeuge
	Straßeninfrastruktur
	Mobilitätsdienstleistungen
Güterverkehr	Straßengüterverkehr
	Kurier-, Express- und Paketdienste
	Sonstiger Güterverkehr (Schienengüterverkehr, Binnenschiff)

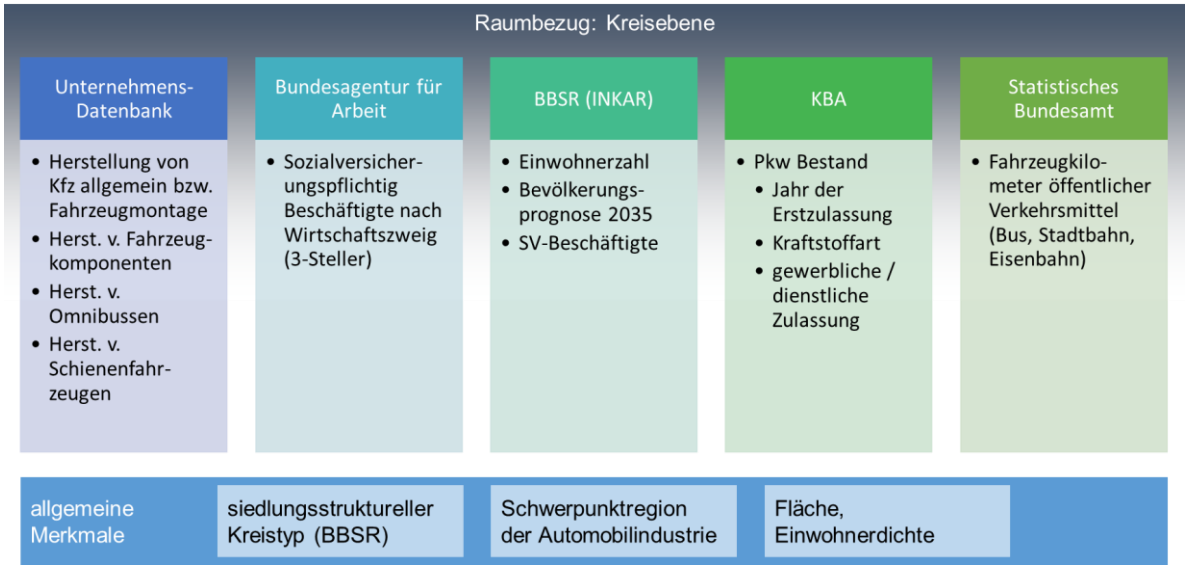
Quelle: M-Five, eigene Darstellung

Verwendete Daten

Die der Auswertung zugrundeliegenden Daten gehen auf die Analyse des Status quo unter Verwendung der von M-Five aufgebauten Regionaldatenbank Mobilität (RE-MOB) zurück (AP2). Hier werden auf Kreisebene Daten gesammelt, die einen direkten oder indirekten Mobilitätsbezug haben, beispielsweise Einwohnerzahl, Pkw-Dichte, Verkehrsleistung, Beschäftigte in verkehrsbezogenen Bereichen, Daten zum öffentlichen Verkehr, etc.

Auch Daten zu den Beschäftigten im Schienenfahrzeugbau und Kraftfahrzeugbau sind darin enthalten, welche – aufgeschlüsselt nach Komponente – aus der M-Five Unternehmensdatenbank auf Kreisebene umgelegt werden (vgl. Abbildung 2 und Kapitel 4.1). Durch Fortschreibung der Rahmendaten (Einwohnerentwicklung, Verkehrsnachfrage unterschieden nach Verkehrsmittel, Pkw-Dichte) kann der künftige Bedarf an Beschäftigten in den verkehrsbezogenen Wirtschaftszweigen je Szenario bestimmt werden. Die genaue Methodik wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Abbildung 2: Input-Daten für die Regionaldatenbank Mobilität (RE-MOB)



Quelle: M-Five, eigene Darstellung

3 Abgrenzung und Definition der Kreistypen

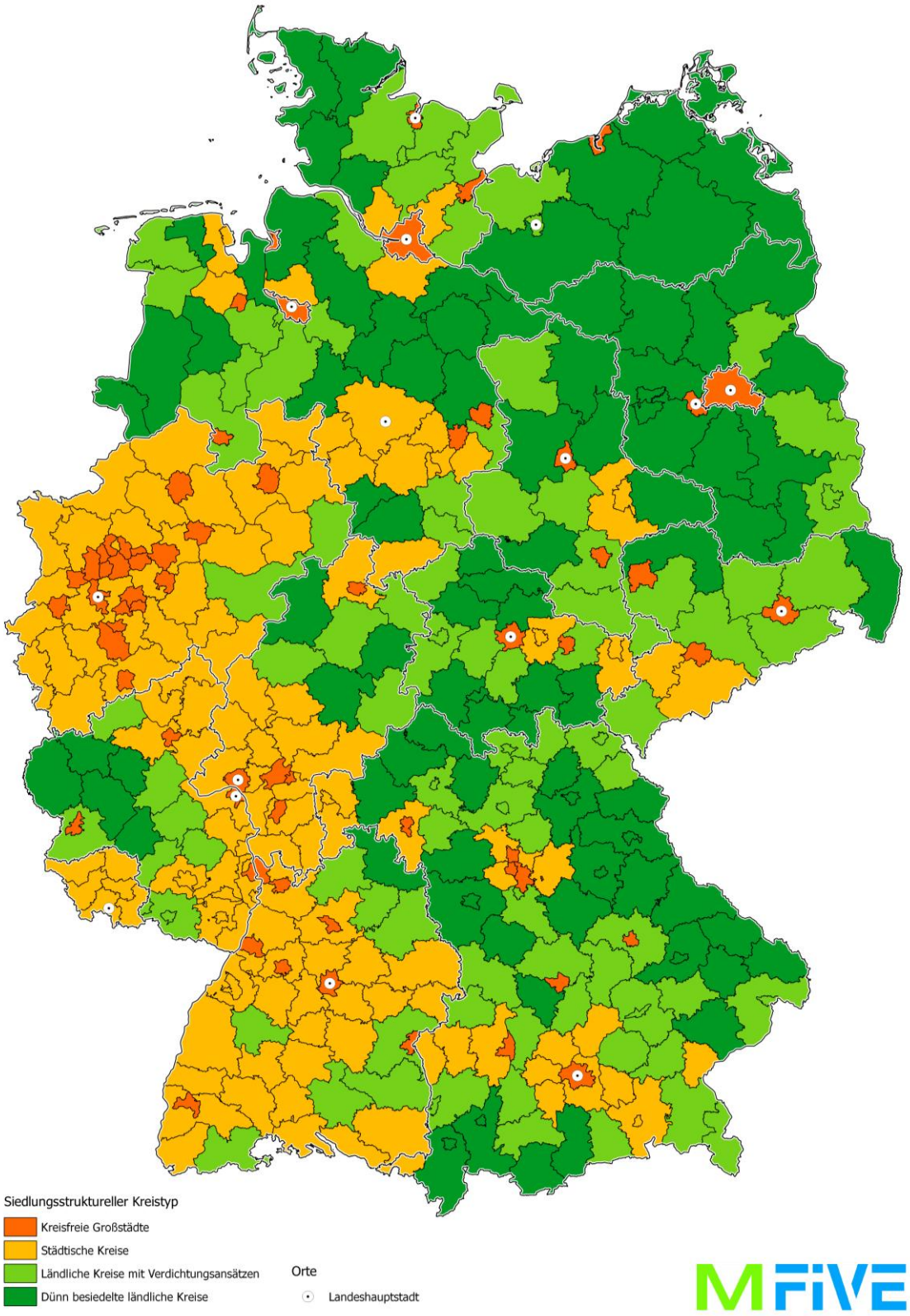
In einem ersten Schritt wird eine Abgrenzung der Raumeinheiten nach den siedlungsstrukturellen Kreistypen des BBSR vorgenommen (vgl. AP2 Kapitel 4.1.1). Dieses unterscheidet vier Typen von Kreisen und kreisfreien Städten nach siedlungsstrukturellen Merkmalen. Folgende Siedlungsstrukturmerkmale werden zur Typisierung der Kreistypen herangezogen:

- Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten.
- Einwohnerdichte der Kreisregion.
- Einwohnerdichte der Kreisregion ohne Berücksichtigung der Groß- und Mittelstädte.

Auf diese Weise werden vier Klassen von Kreistypen unterschieden (BBSR, 2017):

- Kreisfreie Großstädte: Kreisfreie Städte mit mind. 100.000 EW.
- Städtische Kreise: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50 % und einer Einwohnerdichte von mind. 150 EW / km²; sowie Kreise mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 150 EW / km².
- Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50 %, aber einer Einwohnerdichte unter 150 EW / km², sowie Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50 % mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 100 EW / km².
- Dünn besiedelte ländliche Kreise: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50 % und Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte unter 100 EW / km².

Abbildung 3: Siedlungsstrukturelle Kreistypen nach BBSR-Klassifikation 2015



Quelle: M-Five mit Daten von BBSR 2017

In einem weiteren Schritt wird das Merkmal der siedlungsstrukturellen Typisierung mit dem Merkmal der Zugehörigkeit zu einer ***Schwerpunktregion mit Automobilindustrie*** kombiniert (im Folgenden auch kurz *Schwerpunktregion* genannt). Diese Unterscheidung beruht auf der empirisch begründeten Feststellung für große Automobilstandorte (z. B.

Wolfsburg und Ingolstadt), dass die Affinität zur Pkw-Nutzung in Regionen höher ist, in denen viele Arbeitsplätze auf die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen entfallen und umgekehrt das ÖPNV-Angebot unterdurchschnittlich ausgeprägt ist. Gleichzeitig lassen sich im Vorfeld der Berechnungen Regionen identifizieren, in denen eine stärkere quantitative oder qualitative Veränderung der Beschäftigung zu erwarten ist. Um den Stadt-Umland-Verflechtungen des Arbeitsmarktes bei dieser Betrachtung Rechnung zu tragen, wird hierbei nicht die Kreisebene zur räumlichen Abgrenzung herangezogen, sondern die Ebene der Arbeitsmarktregionen. Die durch das BBSR definierten Arbeitsmarktregionen haben (BBSR, 2015):

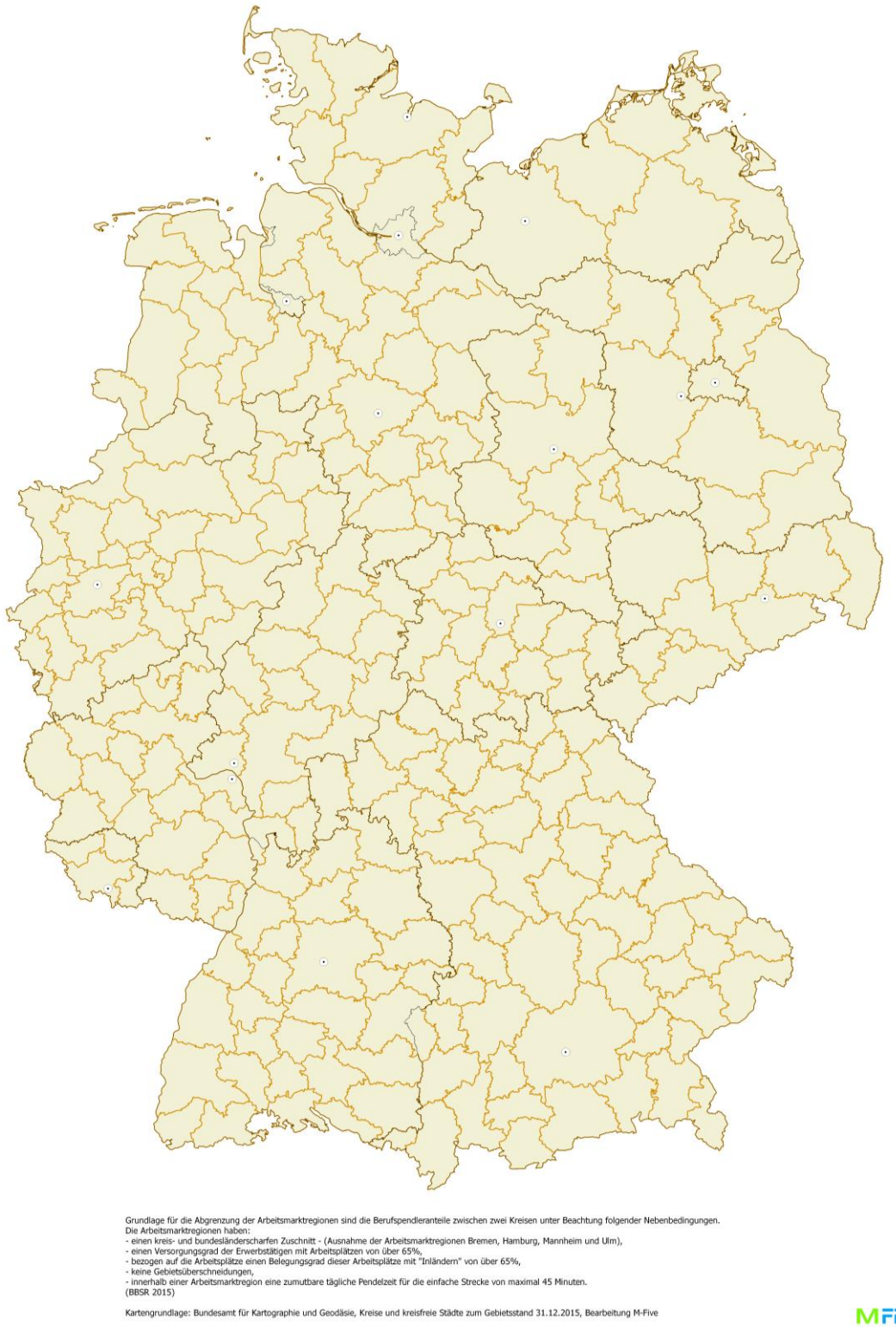
- einen kreis- und bundesländerscharfen Zuschnitt – mit Ausnahme der Arbeitsmarktregionen Bremen, Hamburg, Mannheim und Ulm,
- einen Versorgungsgrad der Erwerbstätigen mit Arbeitsplätzen von über 65 %,
- bezogen auf die Arbeitsplätze einen Belegungsgrad dieser Arbeitsplätze mit "Inländern" von über 65 %,
- keine Gebietsüberschneidungen,
- innerhalb einer Arbeitsmarktregion eine zumutbare tägliche Pendelzeit für die einfache Strecke von maximal 45 Minuten.

So entstehen durch Zusammenfassung von Kreisen und kreisfreien Städten aus ursprünglich 402 räumlichen Einheiten (Kreise und kreisfreie Städte zum Gebietsstand 31.12.2015) 258 Arbeitsmarktregionen. Die – gemessen an der Anzahl der zusammengefassten Kreise – größten Arbeitsmarktregionen sind dabei:

- München (8)
- Frankfurt am Main (7)
- Nürnberg (6)
- Ludwigshafen (6)
- Hamburg (5)
- Stuttgart (5)
- Gelsenkirchen (4)
- Kiel (4)
- Potsdam-Brandenburg (4)
- Ingolstadt (4)
- Kaiserslautern (4)

In 170 Kreisen und kreisfreien Städten entspricht die Arbeitsmarktregion der räumlichen Abgrenzung der Kreise, da die oben genannten Kriterien bereits ohne weitere Zusammenfassung mit angrenzenden Kreisen erfüllt sind.

Abbildung 4: Räumliche Abgrenzung der Arbeitsmarktregionen

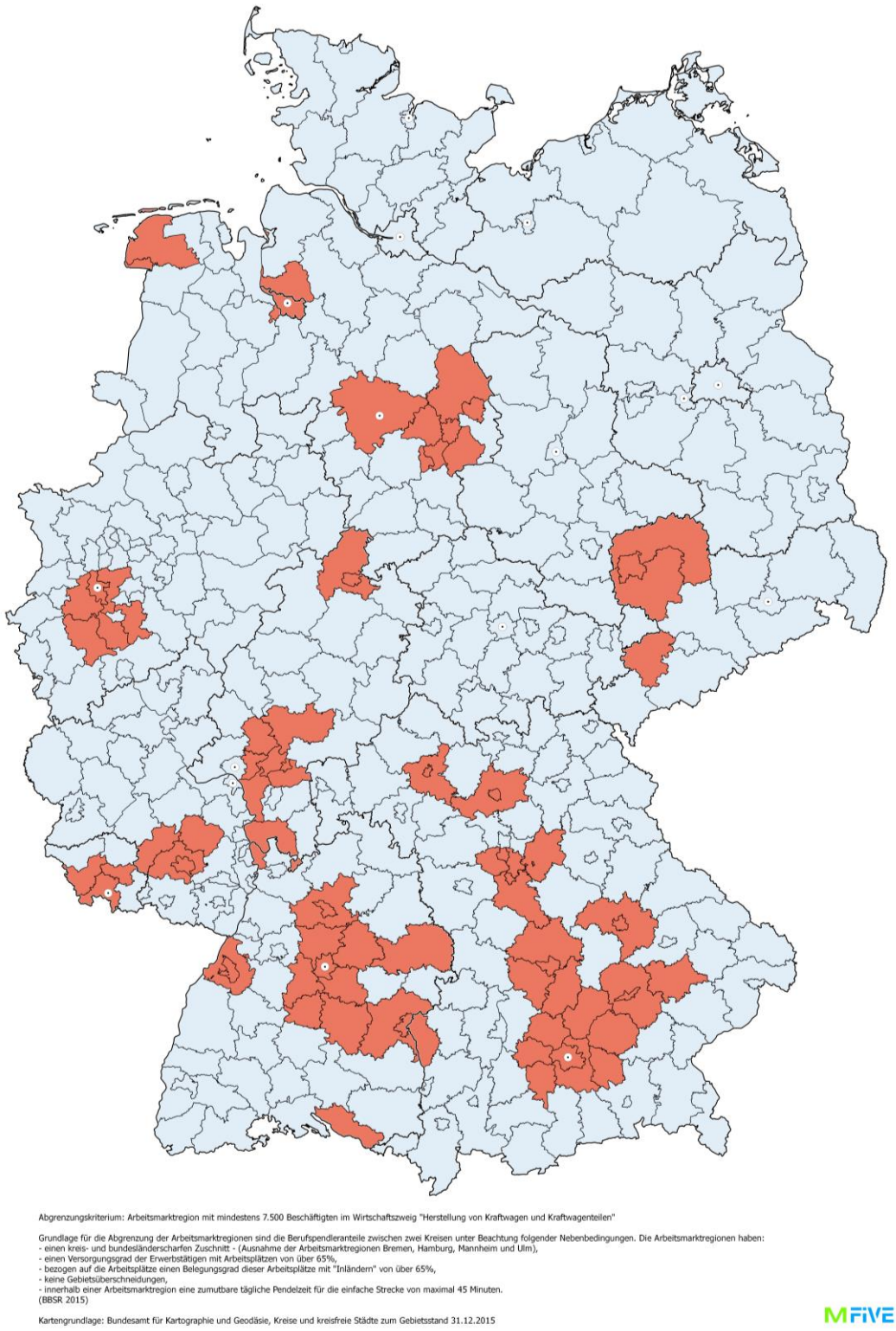


Quelle: M-Five mit Daten von BBSR 2017

Da die Definition der Schwerpunktregion keinen allgemeingültigen Regeln folgt, wird in der vorliegenden Betrachtung eine Arbeitsmarktregion dann als Schwerpunktregion mit Automobilindustrie betrachtet, wenn mindestens 7.500 Beschäftigte auf den Wirtschaftszweig 29 „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ entfallen. Nach dieser Klassifikation liegen alle wichtigen Produktionsstandorte der OEM in einer

Schwerpunktregion. Daher wird das Kriterium des relativen Anteils der Beschäftigten im Automotive-Bereich an allen Beschäftigten oder an der Wohnbevölkerung vernachlässigt. Somit werden 30 der 258 Arbeitsmarktregionen bzw. 83 der 402 Kreise und kreisfreien Städte den Schwerpunktregionen zugerechnet (siehe Abbildung 5).

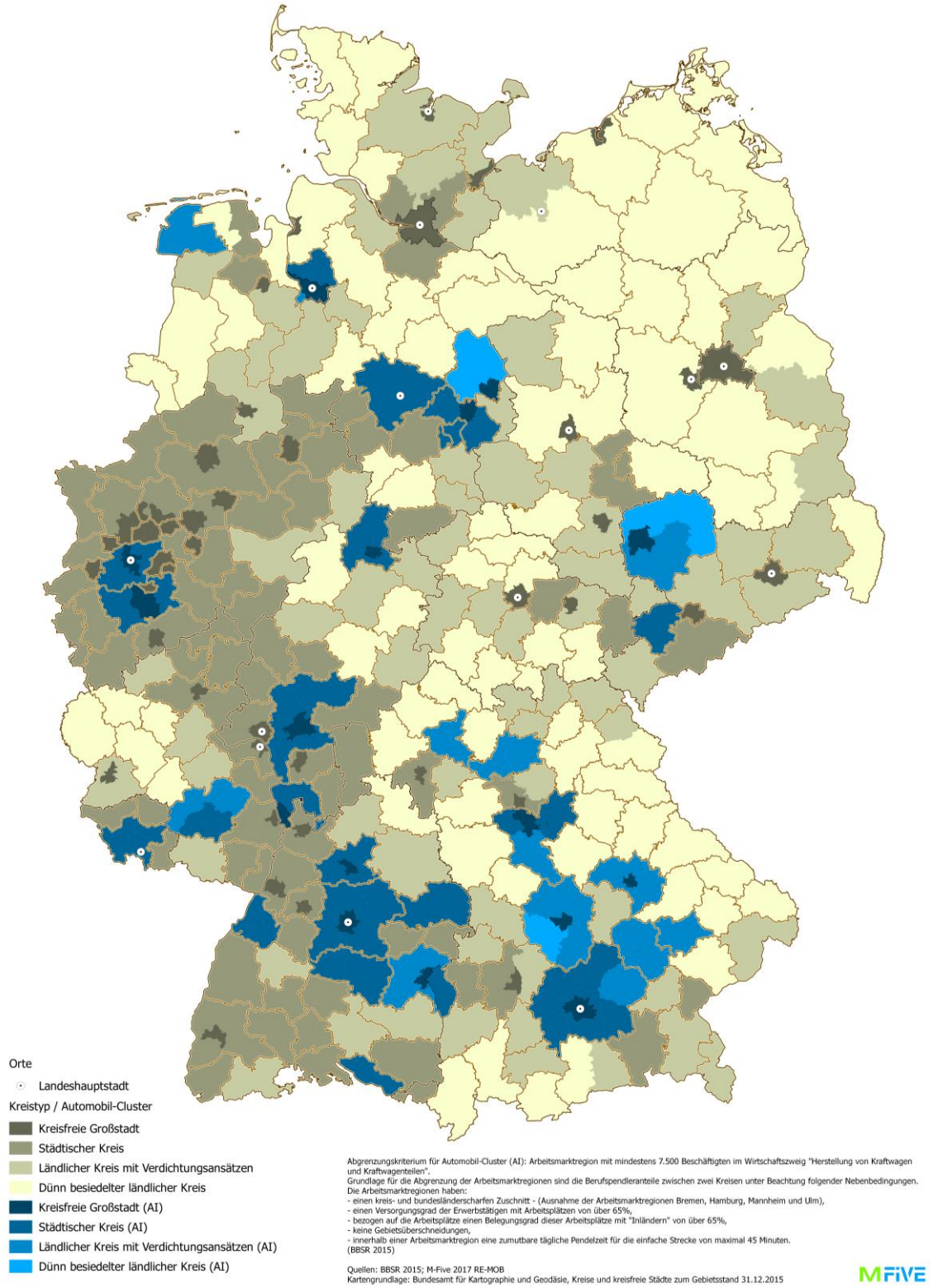
Abbildung 5: Schwerpunktregionen mit Automobilindustrie in Deutschland



Quelle: M-Five mit Daten von BBSR 2017

Folglich sind für die Festlegung der Rahmendaten zu Mobilität und Beschäftigung auf Kreisebene mit der Kombination aus siedlungsstrukturellen Kreistypen und Zugehörigkeit zu einer Schwerpunktregion je Szenario acht Fälle zu unterscheiden.

Abbildung 6: Siedlungsstrukturelle Kreistypen und Schwerpunktregionen der Automobilindustrie



Quelle: M-Five mit Daten von BBSR 2017

Folgende Abkürzungen werden in den anstehenden Kapiteln zur Kennzeichnung der Kreistypen verwendet (zunächst ohne Berücksichtigung der neuen für Komponenten des E-Antriebs relevanten Standorte):

Tabelle 3: Beschreibung der acht Kreistypen

Automobilindustrie	Code	Beschreibung	Anzahl Kreise
Kreise innerhalb von Schwerpunktregionen	C1	Kreisfreie Großstadt in einer Schwerpunktregion	18
	C2	Städtischer Kreis in einer Schwerpunktregion	42
	C3	Ländlicher Kreis mit Verdichtungsansätzen in einer Schwerpunktregion	20
	C4	Dünn besiedelter ländlicher Kreis in einer Schwerpunktregion	3
Kreise außerhalb von Schwerpunktregionen	N1	Kreisfreie Großstadt	48
	N2	Städtischer Kreis	95
	N3	Ländlicher Kreis mit Verdichtungsansätzen	83
	N4	Dünn besiedelter ländlicher Kreis	93

Quelle: M-Five, eigene Darstellung

Insbesondere für das Szenario ES-35 werden Produktionsstandorte batterieelektrischer Fahrzeuge sowie dafür benötigte Komponenten (Batteriesysteme, Leistungselektronik) eine herausragende Rolle spielen, da dort mit einem Anstieg der Beschäftigung zu rechnen ist (siehe Abbildung 7).

Bereits heute zeichnet sich in der Städteregion Aachen mit den Unternehmen e. Go Mobile AG und StreetScooter GmbH ab, dass dieser Standort sich zu einem Zentrum der Elektromobilität entwickeln könnte. Weiterhin sind hier die in der Lausitz gelegenen Standorte Kamenz (Accumotive GmbH) und Rothenburg / O. L. (Beijing WKW Automotive) zu erwähnen. Letztere hat mittlerweile die Investition jedoch wieder in Frage gestellt. Dafür soll in Erfurt nun durch CATL (Contemporary Amperex Technology Co. Limited) ein erstes Werk zur Batteriezellfertigung in Deutschland aufgebaut werden. In Karlstein am Main im nordwestlichen Bayern entwickelt sich die BMZ GmbH zu einem wichtigen Akteur in der Batterieforschung und -entwicklung sowie -produktion in Deutschland. Diese „neuen“ im Status quo bisher nicht als Automobilschwerpunkte klassifizierten Regionen sind in Abbildung 7 als potenzielle zukünftige Schwerpunktregionen einer zunehmend elektrifizierten Automobilindustrie gekennzeichnet.

An einigen bestehenden Standorten der OEM werden bereits heute Elektrofahrzeuge produziert bzw. sind neue Fertigungskapazitäten für diese Fahrzeuge und ihre Komponenten in Planung. Damit dürften auch diese Regionen von einer Transformation in

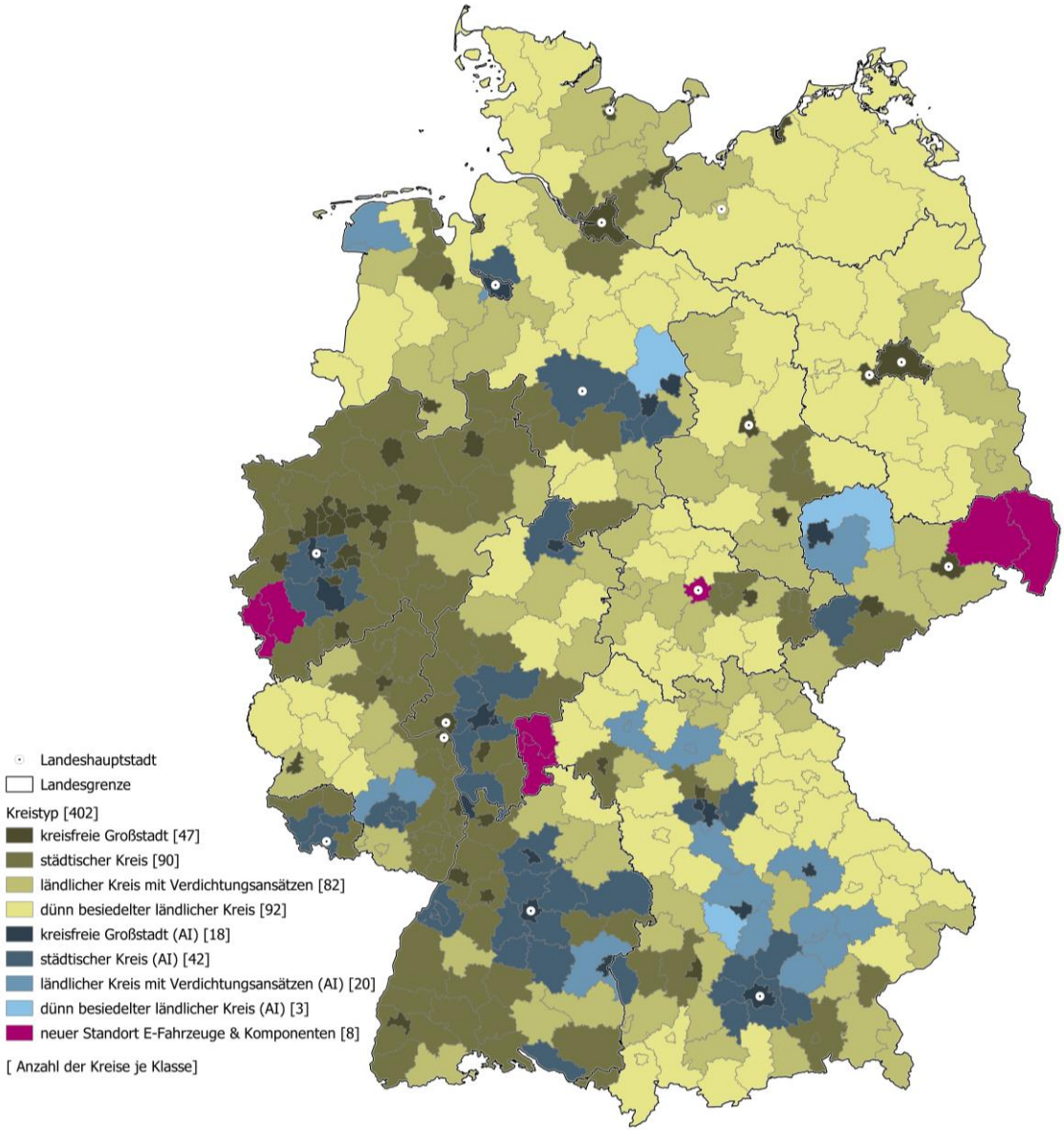
eine elektrifizierte Automobilindustrie in Deutschland profitieren. In Bremen sollen ab dem Jahr 2019 Elektro-Pkw der neuen Daimler-Produktmarke „EQ“ gefertigt werden. Darüber hinaus plant der Konzern nach Verhandlungen mit der Belegschaft und dem Betriebsrat die Fertigung von Batteriesystemen und weiteren Teilen bzw. Baugruppen für Elektrofahrzeuge im Stammwerk Stuttgart-Untertürkheim. Dort könnten mittel- bis langfristig viele Arbeitsplätze durch die Fertigung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (internal combustion engine / ICE) abgebaut und dafür gleichzeitig durch die Fertigung von Komponenten des E-Antriebs (EMO) neue Arbeitsplätze entstehen.

Ähnliches gilt für den BMW-Standort Leipzig, wo bereits heute Elektro-Pkw der Submarke BMW i gefertigt werden und dem Audi-Standort Neckarsulm, wo der Betriebsrat infolge der rückläufigen Auslastung des Werks die Produktion von Elektroautos fordert. Salzgitter, das aufgrund der dort ansässigen Werke von Volkswagen, MAN, Bosch und Continental einer Schwerpunktregion zugerechnet wird, könnte von der 2014 dort gegründeten Sileo GmbH profitieren, die batterieelektrische Omnibusse herstellt[7]. Außerdem liegt in der Region ein wichtiger Standort der Lithium-Verarbeitung in Deutschland durch den Firmenverbund Albemarle/Rockwood Lithium GmbH.

Einer rückläufigen Nachfrage konventioneller Straßenfahrzeuge steht an solchen Standorten eine steigende Nachfrage batterieelektrischer Straßenfahrzeuge und ihrer Komponenten gegenüber. Die Darstellung gibt den Wissensstand von Mitte 2018 wieder.

[7] Die Fertigungsstätte ist im August 2017 abgebrannt, soll aber wiederaufgebaut werden.

Abbildung 7: Neue Standorte der Automobilindustrie für E-Fahrzeuge & Komponenten



Quelle: M-Five mit Daten von BBSR 2017

4 Räumliche Analyse der Beschäftigung im MIV

Dieser Abschnitt erläutert die Berechnung der relevanten Eckdaten für die Fortschreibung der Beschäftigung in den Szenarien E-Straße 2035 und Multi-Modalität 2035. Hierfür werden zwei Ansätze genutzt.

- Im **Top-down Ansatz** werden die zunächst auf Bundesebene festgelegten Szenariowerte der Verkehrsnachfrage für 2035 in weiteren Berechnungsschritten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Entwicklung der Mobilität in den Regionstypen auf Kreisebene heruntergebrochen (siehe Abbildung 8).
- Im **Bottom-up Ansatz** wird auf Grundlage der Szenarien der Neuzulassungen und der Pkw-Produktion für den Export in Deutschland sowie mit Hilfe eines Pkw-Komponentenmodells die räumliche Verteilung der Beschäftigung zur Produktion der einzelnen Komponenten ermittelt. Dabei wird auf die in AP2 erarbeitete Unternehmensdatenbank zurückgegriffen, welche die räumliche Verortung der Unternehmen und ihrer Beschäftigten an den jeweiligen Standorten enthält (vgl. Kapitel 4.1).

Kern der vorliegenden Untersuchung sind die Beschäftigungseffekte einer nachhaltigen Mobilität in Deutschland. Daher unterscheiden sich die in AP1 entwickelten Szenarien deutlich hinsichtlich der vorherrschenden Verkehrsmittelwahl beziehungsweise der modalen Anteile der einzelnen Verkehrsträger vom Referenzjahr 2015.

Die Verkehrsnachfrage lässt sich nicht nur dann mit geringerem Ressourceneinsatz und sinkenden Emissionen bedienen, wenn eine entsprechende Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger unterstellt wird, sondern auch, wenn die insgesamt zurückgelegten Distanzen kürzer werden, ohne die Zahl der unternommenen Wege zu verringern. Dazu tragen unter anderem eine verbesserte Erreichbarkeit von Freizeit-, Versorgungs- und Bildungseinrichtungen bei, sowie - insbesondere im Szenario MM-35 - eine stärkere Orientierung der Bevölkerung hin zu urbanen Zentren.

Ausgehend von der jährlichen Verkehrsnachfrage von 1.250 Mrd. Personenkilometern im landgebundenen Personenverkehr, entfallen heute beispielsweise (Stand 2015, Referenz-Szenario) 949 Mrd. Personenkilometer auf den Pkw. Insgesamt wird für das Szenario ES-35 im Jahr 2035 eine um 5 % höhere Verkehrsleistung unterstellt, während diese im Szenario MM-35 um 15 % zurückgeht. Durch die Rückgänge des Pkw-Anteils beträgt die Verkehrsleistung des Pkw im Szenario ES-35 814 Mrd. Personenkilometer, im Szenario MM-35 531 Mrd. Personenkilometer. Analog dazu sinkt auch die jährliche Pkw-Fahrleistung.

Basis für die gegenständliche Fortschreibung sind folgende Annahmen zur Veränderung der Verkehrsleistung je Verkehrsmittel[8]:

[8] Die Werte für die zukünftige Verkehrsnachfrage wurden mit dem Projektbeirat abgestimmt.

Tabelle 4: Annahmen zur Veränderung der Verkehrsleistung

	REF-15	ES-35	MM-35
	Personenverkehr in Mrd. Pkm		
Verkehrsleistung insgesamt	1.250	1.313	1.063
Schiene	108	289	351
MIV	949	814	531
Bus[9]	65	105	64
Fuß & Rad	70	66	85
Flugzeug	58	39	32

Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (BMVI, 2016b)

Die veränderte Verkehrsnachfrage kann sich entweder direkt auf Kreisebene (überwiegend bei Dienstleistungen, wie z. B. Personenbeförderung, Handel / Reparatur / Service Kfz) oder deutschlandweit (Herstellung von Straßen- und Schienenfahrzeugen und Komponenten unter Berücksichtigung von Exporten) auf die Beschäftigung auswirken. Aus diesem Grund werden abhängig von der Wirkungsebene für die Berechnung der Beschäftigungseffekte unterschiedliche Annahmen für die betrachteten Verkehrsträger und für die differenzierten Kreistypen getroffen. Zusätzlich werden kreisspezifische Produktionsschwerpunkte der Pkw-Produktion berücksichtigt.

Abbildung 8 stellt die Berechnungsschritte der Analyse dar. Die Ermittlung des Status quo und damit des Szenarios (REF-15) beinhaltete die räumliche Analyse von Verkehrsnachfrage und Beschäftigung in der Mobilität in den 402 Kreisen. Die Bevölkerungsentwicklung und das Arbeitskräftepotenzial der Kreise werden anhand der BBSR-Prognose bis 2035 fortgeschrieben und stellen einen Teil der Rahmendaten dar.

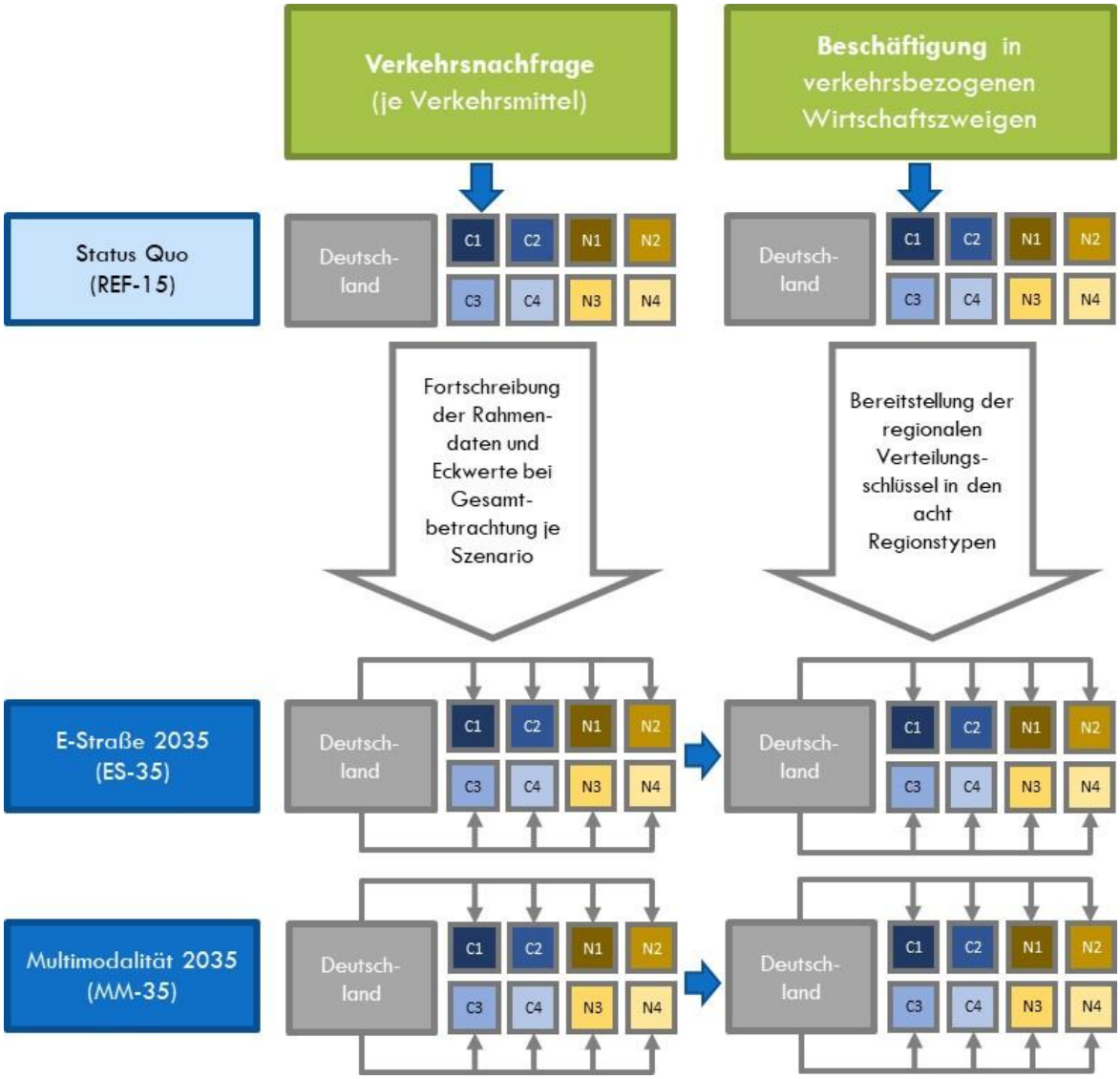
Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird auf der Ebene der acht Kreistypen (siehe Tabelle 3) bis 2035 fortgeschrieben und dann so auf die 402 Kreise übertragen, dass 2035 die Kreise sich gemäß der Rahmendaten unterschiedlich entwickeln, aber die mit dem Beirat vereinbarte gesamte Verkehrsnachfrage der einzelnen Verkehrsträger erreicht wird. Beschäftigungsindikatoren, die von der modalen Verkehrsnachfrage einer Region abhängen, (z.B. Busfahrer) werden dann anhand der ermittelten kreisbezogenen Verkehrsnachfrage mittels Beschäftigungsintensitäten abgeschätzt. Dabei werden spezifische Entwicklungen der Beschäftigungsintensität berücksichtigt.

Beschäftigungsindikatoren, die nicht von der Verkehrsnachfrage abhängen, werden aus der Szenario-spezifischen Abschätzung einer Entwicklung der Gesamtbeschäftigung in Deutschland abgeleitet (vgl. Kapitel 4.1) und durch Nutzung eines Verteilungsschlüssels der Beschäftigung auf die Kreise runtergebrochen. Wenn sich kein spezifischer

[9] Verkehrsleistung im Bereich Bus beinhaltet nur Busverkehre, ohne Straßen- und U-Bahn-Verkehre. Letztere sind bei der Schiene zugeordnet.

Verteilungsschlüssel ableiten lässt, wird als Berechnungsgrundlage der Verteilungsschlüssel aus dem Status quo herangezogen.

Abbildung 8: Fortschreibung der Eckwerte und Ableitung von räumlichen Beschäftigungseffekten – Top-down Ansatz über Raumtypen



Quelle: M-Five

In den folgenden Unterkapiteln wird die Berechnung der Eckwerte, falls erforderlich, und die Ergebnisse der räumlichen Analyse der Beschäftigung im Jahr 2035 nach Verkehrsträgern getrennt beschrieben. Somit werden die Bereiche Pkw-Herstellung und Nutzung, öffentlicher Personenverkehr sowie neue Mobilitätsdienste und Fahrradverkehr getrennt betrachtet. Für die Veränderung der Beschäftigung in diesen Bereichen werden für die verschiedenen Bestandteile wie beispielsweise Herstellung der Fahrzeuge und Herstellung der Infrastruktur unterschiedliche Berechnungsverfahren angewendet.

4.1 Beschäftigungsanalyse im Bereich der Kfz-Nachfrage und Pkw-Herstellung

Die Status quo Analyse der Beschäftigung (AP2) zeigt, dass die Kfz-Herstellung in Deutschland 2015 mit knapp einer Million Beschäftigten zu Buche schlägt. Dabei kommt der Ansatz basierend auf sektoralen Statistiken (siehe AP2) mit 1,14 Millionen Beschäftigten in der Kraftfahrzeugproduktion und davon 87 % in der Pkw-Herstellung zu einem vergleichbaren Ergebnis wie die M-Five Unternehmensdatenbank und die Analyse auf Kreisebene von M-Five mit rund 932.000 Beschäftigten in der Kfz-Herstellung beziehungsweise rund 848.000 Beschäftigten bei den Pkw-Herstellern und deren Zulieferern in Deutschland[10].

Dieses Kapitel stellt nun die Abschätzung der Beschäftigung auf Kreisebene in der Pkw-Herstellung für das Jahr 2035 in den beiden Szenarien (ES-35 und MM-35) vor. Dabei wurden insbesondere zur Abschätzung der Zahl der Neuzulassungen aber auch zur Prüfung der Konsistenz der Annahmen zur Verkehrs- und Fahrleistung zwei verschiedene Rechenwege gewählt, die hier als **Top-down-Ansatz der Nachfrage,** basierend auf den Verkehrsleistungsvorgaben der Szenarien, und als **Bottom-up-Ansatz der Nachfrage,** basierend auf einem Kohortenmodell der deutschen Pkw-Flotte bezeichnet werden (vgl. Abbildung 9).

Für die **Top-down-Berechnung der Beschäftigung** wurde die Gesamtnachfrage der im Inland produzierten Pkw und Komponenten auf Basis eines Komponentenmodells bzw. der Kosten je Komponente betrachtet und eine Beschäftigtenzahl von 988.779 (Kfz-Hersteller und Zulieferer) ermittelt. Abhängig von den im Inland produzierten Einheiten wurde für beide Szenarien die erforderliche Beschäftigung auf nationaler Ebene unter Berücksichtigung der Komponentenkosten im Zeitverlauf, der Veränderung der Arbeitsproduktivität je Komponente und in Abhängigkeit der zuvor bestimmten Nachfrage ermittelt.

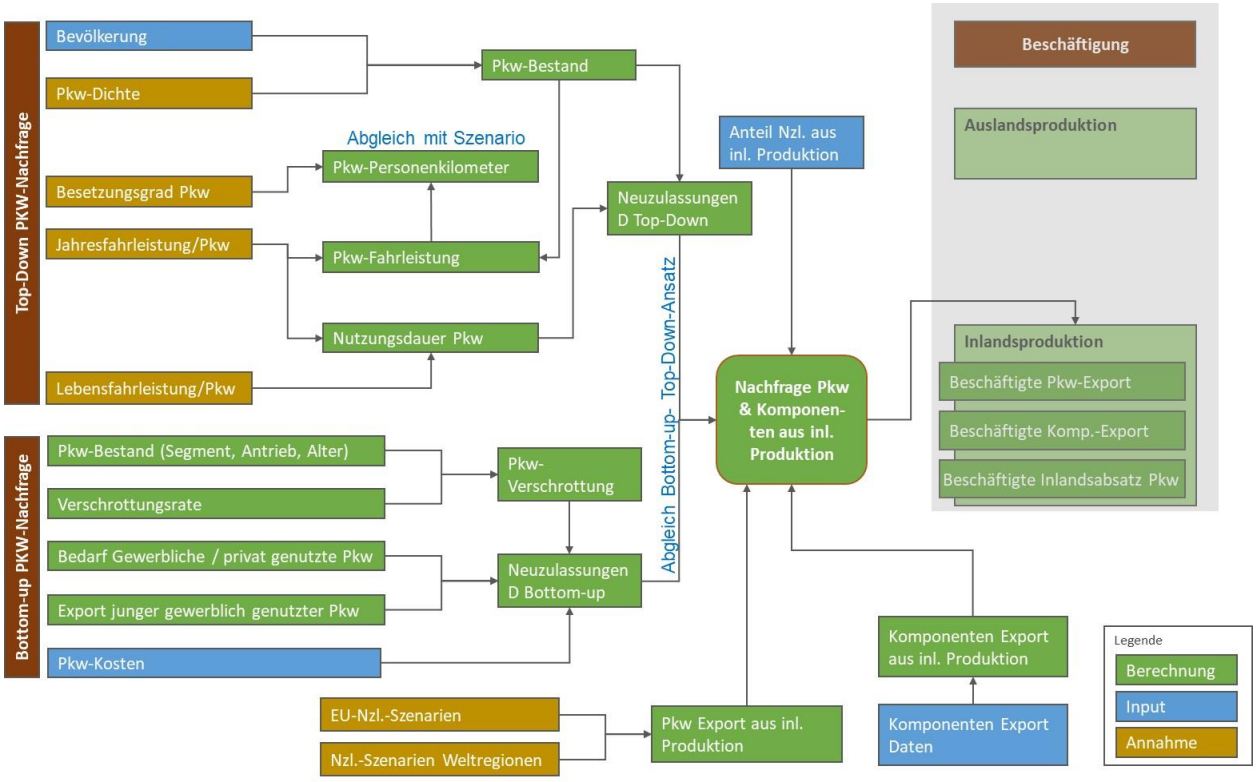
Zur Aufteilung der Beschäftigung auf Kreisebene ermittelt die **Bottom-up-Berechnung der Beschäftigung** – ausgehend von der M-Five Unternehmensdatenbank und den darin erfassten Beschäftigten je Komponente – die Zahl der Beschäftigten anhand der Anteile eines Kreises an der Gesamtbeschäftigung je Komponente.

4.1.1 Berechnung der Pkw-Neuzulassungen

Die folgende Abbildung 9 gibt einen Überblick über die berücksichtigten Einflussfaktoren zur Abschätzung der Pkw-Neuzulassungen. Im oberen Teil der Abbildung ist der Top-down Ansatz dargestellt und im unteren Teil der Bottom-up-Ansatz. Beide Ansätze werden im Folgenden erläutert.

[10] Weitere 12.400 Beschäftigte durch Herstellung von Omnibussen, 41.500 durch Herstellung von Nutzfahrzeugen (Nfz) und 19.500 durch Herstellung von Nfz-Komponenten (Nfz-Zulieferer).

Abbildung 9: Berechnungsmodell der Neuzulassungen und komponentenbezogenen Beschäftigung in der Pkw-Herstellung



Quelle: M-Five

Top-down Ansatz der Pkw-Nachfrage

Der **Top-down-Ansatz dient der Plausibilisierung** verschiedener Indikatoren in der Pkw-Mobilität wie Pkw-Fahrleistung und Pkw-Neuzulassungen in Deutschland. Ausgehend von der Bevölkerungsprognose und der in Abstimmung mit dem Beirat definierten Pkw-Dichte kann der Pkw-Bestand in Deutschland für die Szenarien ES-35 und MM-35 ermittelt werden. Dabei stellt die 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes eine wichtige Eingangsgröße für die Berechnung des Pkw-Bestands und dessen regionale Verteilung dar. In Kombination mit der angenommenen Pkw-Dichte für das Szenario ES-35 von 430 Pkw pro 1.000 EW und für das Szenario MM-35 von 300 Pkw pro 1.000 EW[11] kann der sich ergebende Pkw-Bestand auf Bundesebene und auf Kreisebene – ausgehend von einer für jeden Kreistyp spezifischen Änderungsrate – berechnet werden.

Letztere Information wird zwar nicht zur Berechnung der Beschäftigung in der Automobilindustrie benötigt, ist jedoch essentiell zur Abschätzung der Beschäftigung im Bereich Handel, Instandsetzung und Reparatur von Kfz, die vom kreisbezogenen Pkw-Bestand abhängt.

[11] Die abweichende Pkw-Dichte im Vergleich zu den ursprünglich festgelegten Werten von 400 Pkw pro 1.000 EW (ES-35) bzw. 250 Pkw pro 1.000 EW (MM-35) wurde aufgrund der plausibilisierten Fortschreibung aus dem Kohortenmodell neu definiert. Hier wurde insbesondere darauf Rücksicht genommen, dass die Zahl der Neuzulassungen und die Zahl der verschrotteten bzw. exportierten Gebrauchtwagen in einem plausiblen Bereich liegen.

Zur Bestimmung der Pkw-Neuzulassungen Top-Down werden der vorausberechnete Pkw-Bestand und die durchschnittliche Nutzungsdauer der Fahrzeuge herangezogen. Die Nutzungsdauer pro Pkw resultiert aus dem Quotienten der Lebensfahrleistung und der Jahresfahrleistung pro Pkw. Für das Basisjahr 2015 beträgt die Fahrleistung pro Pkw im Durchschnitt 14.000 Kilometer. Für die Lebensfahrleistung pro Pkw wird ebenfalls ein Durchschnittswert basierend auf dem zugrunde gelegten Flottenmix angenommen. Mit Hilfe des Pkw-Bestands und der Nutzungsdauer lassen sich die Top-Down Neuzulassungen für die Szenarien im Jahr 2035 ermitteln.

Aus dem Pkw-Bestand und der durchschnittlichen Fahrleistung pro Pkw lässt sich die gesamte Pkw-Fahrleistung in den Szenarien bestimmen. In Verbindung mit dem für die Szenarien unterschiedlich definierten Besetzungsgrad wird aus der durchschnittlichen Jahresfahrleistung je Pkw die gesamte Personenverkehrsleistung berechnet, die wiederum mit den ursprünglichen Annahmen der Szenarien abgeglichen werden kann.

Der Anteil an Neuzulassungen aus inländischer Produktion wird aus bisherigen Absatzzahlen ermittelt. Da die Anteile und absoluten Produktionszahlen in den letzten 8 Jahren annähernd konstant waren, werden sie auch weiterhin als konstant bleibend angenommen. Dieser nationale Anteil bestimmt für 2035 die Anzahl an Pkw-Neuzulassungen aus inländischer Produktion.

Die Arbeitsproduktivität je nach Antriebsart, Fahrzeugsegment und Komponente würde die Anzahl der Beschäftigten für den Inlandsabsatz bestimmen. Allerdings wurde **zur Berechnung der Beschäftigten aus der Pkw-Herstellung das Ergebnis des Bottom-up-Ansatzes** genutzt, welches im Folgenden erläutert ist und den unteren Ast in Abbildung 9 beschreibt.

Bottom-up Ansatz der Pkw-Nachfrage

Der Bottom-up Ansatz zur Bestimmung der Pkw-Neuzulassungen nutzt das Pkw-Flottenmodell des integrierten Verkehr-Flotten-Ökonomie-Modells ASTRA-D. Das Modell bildet die Altersstruktur der deutschen Pkw-Flotte und das Kaufverhalten der gewerblichen und privaten Pkw-Käufer in Deutschland differenziert ab. Dabei werden folgende Pkw-Segmente unterschieden:

- Mini
- Kleinwagen
- Kompaktklasse
- Mittelklasse
- Oberklasse
- Geländewagen und SUV
- Van[12]

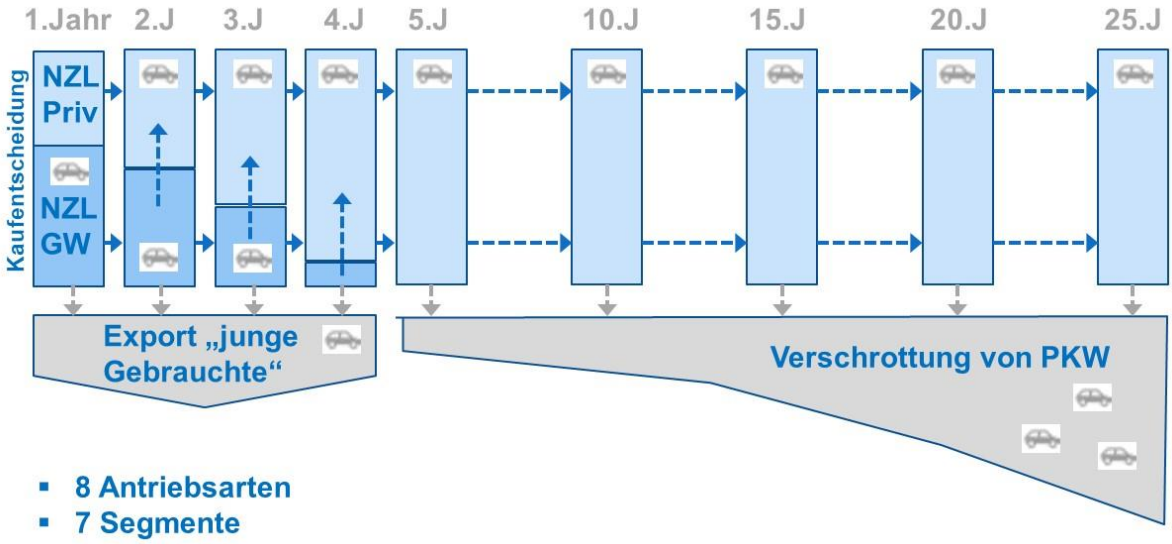
[12] Das ASTRA-Oberklasse-Segment enthält obere Mittelklasse, Oberklasse und Sportwagen nach KBA-Definition. Das ASTRA-Van-Segment beinhaltet Mini- und Großraum-Vans, Utilities und Wohnmobile nach KBA-Definition.

Für jedes dieser Segmente können acht Antriebsvarianten modelliert werden, von denen die ersten fünf zu den Pkw mit Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine, ICE) gerechnet werden und die letzten drei zu den elektrisch angetriebenen Pkw. Der PHEV nimmt eine Zwitterstellung zwischen den beiden Kategorien ein, wird aber in dieser Studie im Gegensatz zu den Hybrid-Pkw zu den elektrifizierten Pkw (auch mit xEV abgekürzt) gezählt.

- Benzin
- Diesel
- Erdgas (CNG)
- Autogas (LPG)
- Hybrid ohne externe Stromzufuhr
- Plug-in hybrid (PHEV)
- Batterie (BEV)
- H2-Brennstoffzelle (FCEV)

Das Pkw-Flottenmodell von ASTRA-D ist als Kohortenmodell aufgebaut. 25 Alterskohorten werden unterschieden, die jeweils den Pkw eines Zulassungsjahres entsprechen (siehe Abbildung 10). In Deutschland neu zugelassene Pkw werden der Alterskohorte „bis 1 Jahr“ zugeordnet. Pkw, die 25 Jahre alt oder älter sind und immer noch in der Pkw-Flotte in Deutschland genutzt werden, sind der Alterskohorte „25 Jahre und älter“ zugeordnet. Das ASTRA-Modell arbeitet als Simulationsmodell und berechnet den Bestand in jährlichen Schritten für den Zeitraum 1995 bis 2035. Pkw wandern entweder jedes Jahr von der aktuellen Alterskohorte in die nächste Kohorte, oder sie werden verschrottet bzw. als Gebrauchtwagen ins Ausland exportiert. Neue Pkw können entweder in die privat genutzte Pkw-Flotte oder die gewerbliche Flotte eingeordnet werden. Gewerbliche Pkw werden nach einer kurzen Haltezeit (1-4 Jahre) entweder in den Privatmarkt weiterverkauft oder ins Ausland exportiert.

Abbildung 10: Aufbau des Kohortenmodells zur Berechnung des Pkw-Bestandes



Quelle: M-Five

Durch Sensitivitätsrechnungen mit dem ASTRA-D Pkw-Flottenmodell wurde ermittelt, mit welcher Kombination zentraler Modellparameter der mit dem Projektbeirat abgestimmte Pkw-Bestand mit einer zum Szenario passenden Antriebsstruktur im Jahr 2035 annähernd getroffen wird und welche Neuzulassungszahlen nach Segment und Antriebsart dafür notwendig sind. Dabei wurden folgende Modellparameter variiert:

- Erhöhung der Verschrottungsraten der verschiedenen Alterskohorten
- Exporte von gewerblich genutzten Pkw als Gebrauchtwagen ins Ausland
- Anteile der xEV an den Neuzulassungen.

Abbildung 11 gibt die Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart in Deutschland im Vergleich zum Status quo wieder. Im Status quo wurden etwa 3,5 Millionen Pkw pro Jahr neu zugelassen, davon knapp mehr als die Hälfte Benziner und gut zwei Fünftel Diesel. Vor dem Dieselskandal schickte sich der Diesel-Anteil an, den Benzin-Anteil zu überholen. Dieser Trend wurde aber durch den Skandal gebrochen und die Anteile des Diesels an den Neuzulassungen gehen deutlich und kontinuierlich zurück.

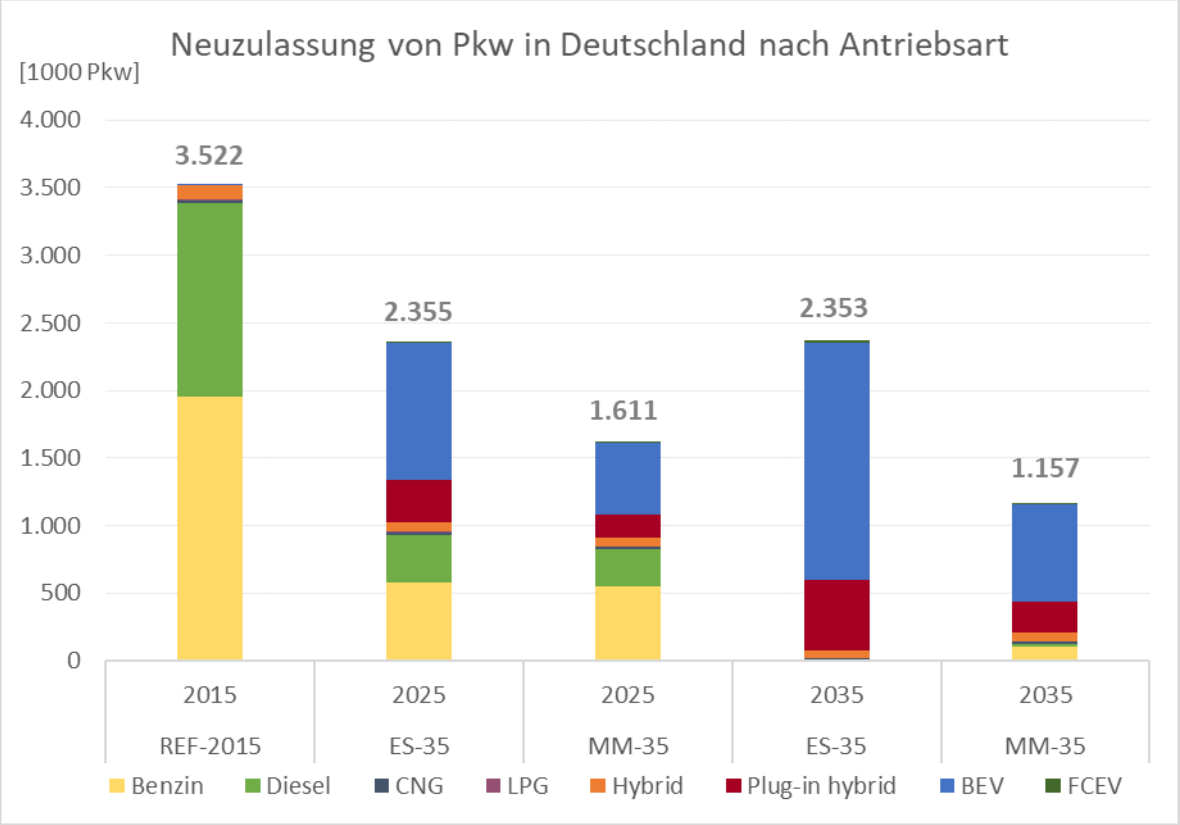
Diese Entwicklung passt zu den beiden in vorliegender Studie definierten Szenarien bis 2035, da auch hier die Zulassungen an Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor deutlich zurückgehen müssen. Im Jahr 2025 erreichen Dieselfahrzeuge nur noch 350.000 Neuzulassungen in ES-35 (-76 % gegenüber REF-15). Benziner landen bei rund 575.000 (-71 % gegen REF-15). Hinzu kommen rund 80.000 Hybride. Im Gegenzug kommen elektrifizierte Pkw (BEV+PHEV) im Jahr 2025 auf 1,3 Millionen Neuzulassungen in ES-35 und auf 700.000 in MM-35 (siehe Abbildung 11).

Dies deckt sich mit den Ankündigungen der deutschen Automobilhersteller (OEM), bis 2025 rund 25 bis 30 % ihrer Produktion zu elektrifizieren, was bei einer von den Herstellern erwarteten Zahl an Neuzulassungen von 3,5 Millionen Pkw rund 1 Million elektrifizierte Neuzulassungen in Deutschland ergäbe. Daher scheinen auch die hohen Zulassungszahlen elektrifizierter Pkw möglich und nicht utopisch zu sein.

Bis 2035 werden in den Szenarien nachhaltiger Mobilität in ES-35 bis auf einen kleinen Rest von Hybriden (50.000) und CNG-Pkw (20.000) fast alle Pkw mit Verbrennungsmotor aus dem Markt gedrängt. Im Szenario MM-35 liegt 2035 die Gesamtzahl noch bei 200.000 Pkw neu zugelassenen Pkw mit Verbrennungsantrieb. Dafür werden 2035 2,2 Millionen BEV+PHEV in ES-35 abgesetzt, bzw. 950.000 in MM-35. Aufgrund der aus den Ankündigungen der OEM absehbaren Produktionshochläufen für BEV und PHEV gehen wir davon aus, dass diese den Markt dominieren werden und H2-Brennstoffzellen-Pkw keine Relevanz besitzen bzw. allenfalls in einer Nische hochpreisiger Pkw abgesetzt werden.

Die Transformation der Pkw-Neuzulassungen hin zum Elektroantrieb ist also bis 2035 praktisch abgeschlossen. Im Bestand verbleiben in ES-35 noch rund 45 % Benziner und Diesel (inkl. Hybride) bzw. in MM-35 noch rund 62 %. Dies ist bedingt durch die lange Lebensdauer von Pkw mit durchschnittlich 18 Jahren, wobei der Bestand an 30 Jahre und älteren Pkw heute bei rund 600.000 liegt. Die Transformation der Gesamtflotte wird sich noch einige Jahre nach 2035 hinziehen.

Abbildung 11: Neuzulassungen an Pkw nach Antriebsart in den Szenarien



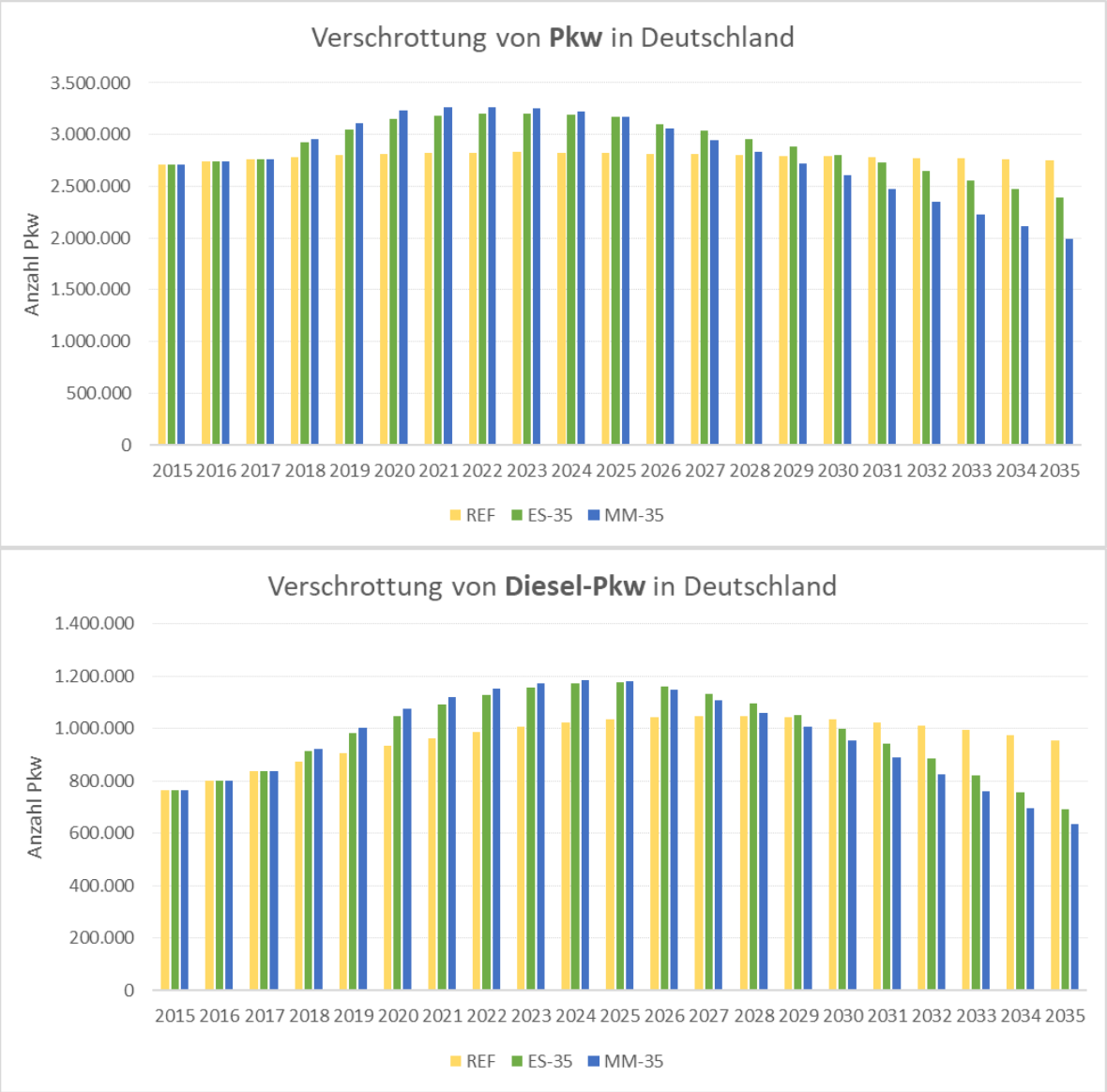
Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit ASTRA

Da der Zeitpfad der folgenden Indikatoren für das Verständnis der Pkw-Flottenstruktur wichtig ist, wurde er in die Berechnungen einbezogen und ist in den beiden folgenden Abbildungen ebenfalls dargestellt. Außerdem wurde eine hypothetische Referenz-Entwicklung (REF) abgebildet, um die Dimension der erforderlichen Änderungen einordnen zu können. Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Verschrottung von Pkw.

Neben einer Verringerung der Zahl der Neuzulassungen ist zur Erreichung der niedrigen Pkw-Bestandswerte in 2025 und 2035 eine Erhöhung der Verschrottungsrate notwendig.[13] In ES-35 beträgt die maximale Erhöhung der Verschrottung rund 375.000 Pkw (+13 %), in MM-35 rund 438.000 Pkw (+16 %). Die Maxima der Verschrottung liegen in den Jahren 2022-2023. Langfristig sinkt die Zahl der jährlich verschrotteten Fahrzeuge, da der Bestand im Zeitverlauf zurückgeht und die Lebensfahrleistung steigt. Für Diesel-Pkw ist die Zunahme der Verschrottung noch deutlicher. Dies liegt auch daran, dass in den letzten 15 Jahren Neuzulassungen an Diesel-Pkw stetig gewachsen sind – mit Ausnahme der letzten 2 Jahre aufgrund des Diesel-Skandals – und diese Pkw nun in den Alterskohorten mit hohen Verschrottungsraten angelangt sind.

[13] Alternativ könnte der Export gebrauchter, älterer Pkw erhöht werden. Vereinfachend wird hier von Erhöhung der Verschrottung gesprochen und damit der Vorgang des Verschwindens aus der deutschen Pkw-Flotte bezeichnet.

Abbildung 12: Verschrottung von Pkw in den Szenarien ES-35 und MM-35



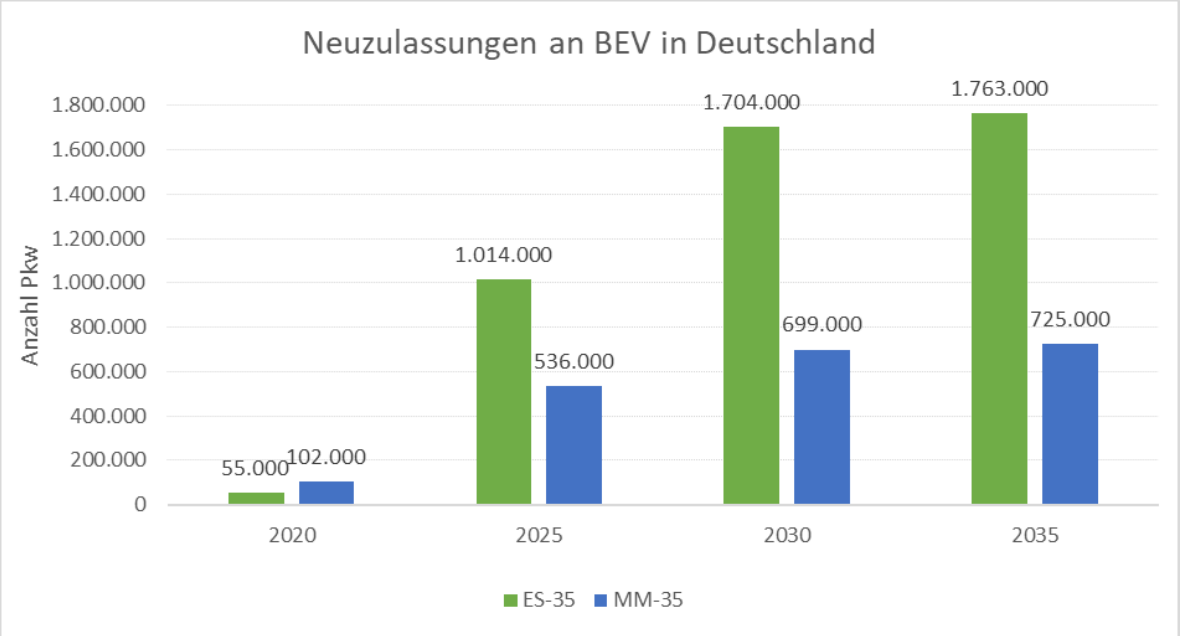
Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit ASTRA

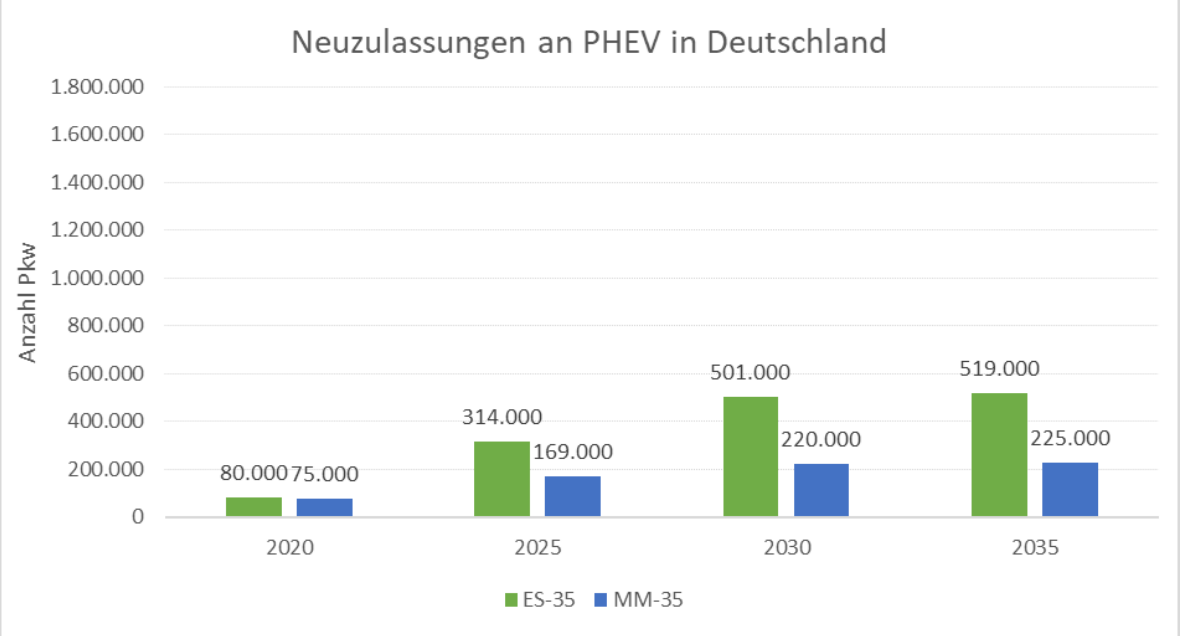
Abbildung 13 gibt die Neuzulassungen der wichtigsten alternativen Antriebsarten bis 2035 in den Szenarien wieder. Dies sind die batterieelektrischen (BEV) und die plug-in hybriden Pkw (PHEV). Die Zahl der BEV-Zulassungen liegt sowohl in ES-35 als auch in MM-35 über den Werten der hypothetischen Referenz. Zwischen 2020 und 2030 steigt sie in ES-35 von nahezu Null auf 1,7 Millionen Pkw. In MM-35 ist der Anstieg geringer und erreicht 2030 einen Wert von 700.000. Bei PHEV liegen nur die Zulassungen in ES-35 über der Referenz und kommen 2030 auf gut 500.000 Pkw, während sie in MM-35 mit gut 200.000 Neuzulassungen 2030 unter dem Wert der hypothetischen Referenz liegen.

Dies mag überraschend klingen, da frühere Studien eine Kostenparität aller alternativen Antriebe inklusive des Brennstoffzellenantriebs zwischen 2025 und 2030 erwarteten (siehe z. B. die sogenannte EU Coalition Study von McKinsey und verschiedenen OEM 2015 (McKinsey, 2015)). Seither sanken die Batteriepreise aber wesentlich schneller als damals erwartet. Daher ist davon auszugehen, dass der Preisverfall sich fortsetzt, sodass rein batterieelektrisch angetriebene Pkw aus Kostensicht bereits Anfang der 2020er Jahre mit

ICE gleichziehen und in der Phase 2030-2035 die anderen Antriebsarten klar unterbieten. Es verbleiben sowohl für PHEV als auch im Falle eines Markteintritts für FCEV vor allem die hochpreisigen Nischen, in denen das Erreichen einer hohen Reichweite als absolut erforderlich gesehen würde.

Abbildung 13: Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart BEV (oben) und PHEV (unten)





Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit ASTRA

Zusammengefasst zeigt sich für die Pkw-Flotte, dass diese von einer Verbrennungsmotor-dominierten Flotte heute in eine BEV-dominierte Flotte in den Nachhaltigkeitsszenarien umgewandelt werden wird. Dieser Transformationsprozess kann aufgrund der Inertia der Flotte bis 2035 noch nicht abgeschlossen sein. Nischen unterschiedlicher Größe verbleiben für PHEV (größere Nische) und FCEV (kleinere Nische), die im Langstreckenverkehr und hochpreisigen Fahrzeugsegmenten eingesetzt werden.

4.1.2 Pkw-Komponenten als Basis der Beschäftigungsrechnung

Für die Berechnung der Beschäftigung durch Pkw-Produktion werden insgesamt 10 verschiedene Komponenten differenziert, die sich wiederum aus Sub-Komponenten zusammensetzen. Die Sub-Komponenten der Komponenten wurden in AP2 beschrieben (WAGNER u. a., 2018). Die weiteren Erläuterungen und Berechnungen zur Beschäftigungswirkung erfolgen auf Basis der folgenden 10 differenzierten Komponenten:

- Fahrwerk (FWK)
- Antriebsstrang (AST)
- Verbrennungsmotor & Aggregate (ICE)
- Elektrische Antriebe & Aggregate (EMO)
- Karosserie (KAR)
- Exterieur (EXT)
- Interieur (INT)
- Elektronik ohne Fahrerassistenzsysteme (ELE)
- Fahrerassistenzsysteme (FAS)
- Integration der Komponenten in das Gesamtfahrzeug / Fahrzeugmontage (GFZ)

Anhand verschiedener Studien (EVCHAIN.NRW, 2014; SPATH u. a., 2012; UBS, 2017; VDA, 2012) wurden die Herstellkosten von Komponenten und Sub-Komponenten analysiert und aufbereitet und so die Kostenstruktur der Fahrzeugproduktion ermittelt. Dabei wurden für unterschiedliche Segmente verschiedene Ausstattungsvarianten sowie eine im Zeitverlauf zunehmend höhere Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen (FAS) berücksichtigt. So ist beispielsweise das Interieur oder die Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen in der Oberklasse oder bei Geländewagen deutlich aufwendiger und hochpreisiger als in den Segmenten Mini oder Kleinwagen.

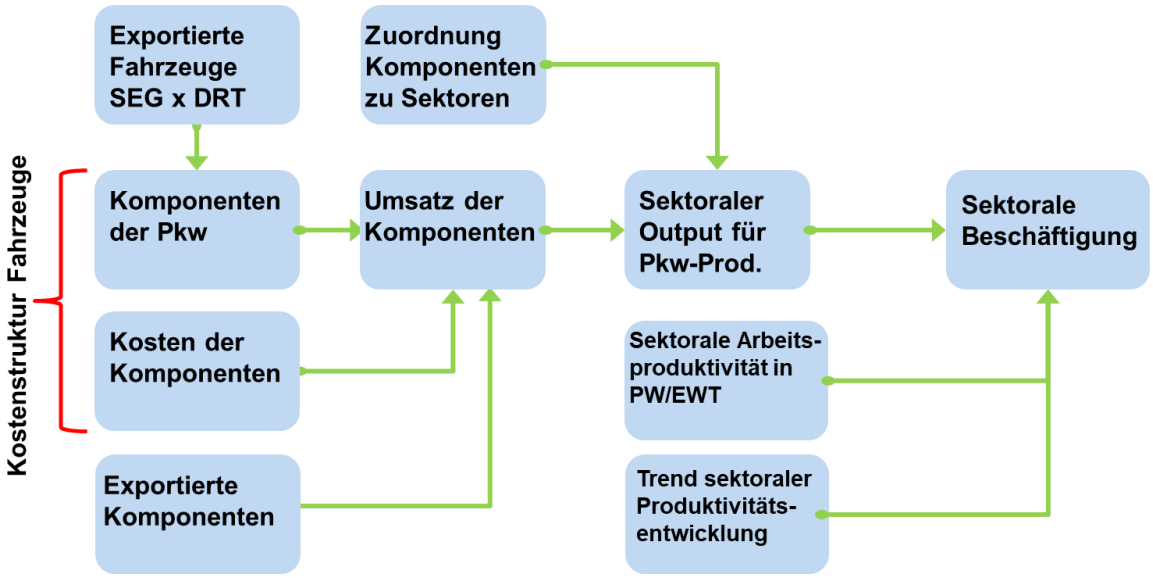
Abbildung 14 zeigt den Rechengang zur Ermittlung der Beschäftigung am Beispiel der Exporte auf. Analog ist der Rechengang für die Beschäftigten zur Produktion der Neuzulassungen von Pkw in Deutschland angelegt. Ausgangspunkt ist die Zahl der exportierten Pkw differenziert nach Segmenten und Antrieben. Diese werden zunächst in ihre Komponenten zerlegt. Dadurch ist die Zahl der in Deutschland für den Export von Pkw produzierten Komponenten festgelegt.

Hinzu kommen die direkt exportierten Komponenten, die sich 2015 auf immerhin 65 Mrd. €$_{2010}$ beliefen (eigene Analyse basierend auf (VDA, 2017) und DeStatis Genesis Online Datenbank). Mit der Anzahl der produzierten Komponenten und den bereits ermittelten Herstellkosten der Komponenten kann unter Berücksichtigung von Margen und weiteren Aufschlägen der Produktionswert (PW) der Komponenten zugeordnet werden. Hierbei wurden die Aufschläge so ermittelt, dass der statistisch nachgewiesene Produktionswert aus 2015 getroffen wurde.

Der Produktionswert auf Komponentenebene wurde dann der sektoralen Ebene zugeordnet, also beispielsweise die Komponente ICE zu WZ 29.1, Karosserie (KAR) zu WZ 29.2, usw. Durch diese Zuordnung wird es möglich, die sektoralen Arbeitsproduktivitäten

auf die Produktionswerte anzulegen und die zukünftige Beschäftigung abzuschätzen. Die Berechnungen wurden anhand der Werte für 2014/15 überprüft.

Abbildung 14: Komponenten und Produktivität als Basis der Methodik der Beschäftigungsermittlung



Quelle: M-Five

Die Arbeitsproduktivität kann gemessen werden als Produktionswert pro Erwerbstätigem (in Vollzeitäquivalenten) und damit in Euro pro Person. Um eine belastbare Abschätzung zu erhalten sollte zumindest der Mittelwert über einen Zeitraum von mehreren Jahren genutzt werden. Wir haben für die Berechnung die nationalen Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes für den 5-Jahreszeitraum 2010 bis 2014 genutzt. Für die Sektoren, die sich den 10 Komponenten zuordnen lassen (WZ 29.1, WZ 29.2, WZ 29.3, WZ 29.301, WZ 29.302) wurden durchschnittliche jährliche reale Produktivitätssteigerungen von 0,7 % p. a. bis 3,3 % p. a. beobachtet. Dabei traten teilweise sehr starke jährliche Schwankungen auf (> +/- 10 % p. a.). Durch die Zuordnung der Sektoren zur Produktion der verschiedenen Komponenten und eine Glättung der Produktivitätsentwicklung ergeben sich die in Tabelle 5 beschriebenen Verbesserungen der Produktivität auf Komponentenebene.

Eine besondere Betrachtung erfolgte für die EMO-Komponenten. Zur Komponente *elektrische Antriebe und Aggregate* gehört sowohl der Elektromotor als auch die Batterie. Beide weisen eine gegenläufige Tendenz in der Produktivitätsentwicklung auf. Während die Batterieproduktion sich heute durch die dynamischen F&E-Entwicklungen der letzten Jahre in einer Phase hoher Produktivitätsfortschritte befindet, wird hinsichtlich des Elektromotors gerade deutlich, dass dort, entgegen den allgemein formulierten Erwartungen der Ausgereiftheit der Technologie des Elektromotors, zukünftig auch wichtige Produktivitätspotenziale liegen. In der jeweiligen Phase hoher Produktivitätsfortschritte wären für beide Komponenten auch 3 % jährliche Verbesserung denkbar. Aufgrund der Überlagerung der beiden Komponenten und des unterschiedlichen Zeitverlaufs hoher Produktivitätsfortschritte sind in Summe jedoch etwas niedrigere Fortschritte zwischen 1,2 und 1,5 % angesetzt worden.

Tabelle 5: Produktivitätsentwicklung auf Komponentenebene (in realen Werten)[14]

Komponente	2015 bis 2025	2025 bis 2035
Fahrwerk (FWK)	1,0 %	1,0 %
Antriebsstrang (AST)	1,0 %	1,0 %
Verbrennungsmotor & Aggregate (ICE)	2,0 %	2,0 %
Elektrische Antriebe & Aggregate (EMO)	1,5 %	1,2 %
Karosserie (KAR)	2,5 %	2,5 %
Exterieur (EXT)	1,0 %	1,0 %
Interieur (INT)	1,0 %	1,0 %
Elektrik / Elektronik ohne FAS (ELE)	1,0 %	1,0 %
Fahrerassistenzsysteme (FAS)	1,0 %	1,0 %
Gesamtfahrzeug / Fahrzeugmontage (GFZ)	2,0 %	2,0 %

Quelle: M-Five, eigene Abschätzung auf Basis DeStatis IO-Tabellen

4.1.3 Modellierung der Pkw-Inlandsnachfrage

In diesem Kapitel werden die im vorhergehenden Kapitel für die Szenarien abgeschätzten Neuzulassungen in Deutschland runtergebrochen in Neuzulassungen aus inländischer Produktion und in importierte Pkw. Dabei wird nach Segmenten differenziert. Mit einem Marktanteil von rund einem Viertel war die Kompaktklasse das stärkste Segment in Deutschland, allerdings mit einem deutlich sinkenden Anteil in den letzten Jahren. Dafür steigt der Anteil der Geländewagen (inkl. SUV) an den Neuzulassungen in den letzten Jahren deutlich und liegt bereits bei über einem Fünftel.

Die Zahl der in Deutschland neu zugelassenen und auch in Deutschland hergestellten Pkw differiert je nach Segment. Tabelle 6 zeigt die auf VDA-Daten basierenden Anteile der deutschen Produktion. Diese gehen in die Berechnung der Neuzulassungen aus deutscher Produktion ein. Vereinfachend wurden die Werte für die Fortschreibung bis 2035 konstant gehalten. Hier kann auch diskutiert werden, ob in den unteren drei Klassen mit einer weiteren Verlagerung der Produktion aus Deutschland z. B. nach Osteuropa zu rechnen ist und damit mit einer Reduktion der Anteile über die Zeit bis 2035.

[14] Andere Studien gehen von höheren Wachstumsraten aus (z.B. 2,5 bis 3 % p.a.). Dabei muss beachtet werden, dass diese Studien entweder nominale Angaben, oder keine Angaben machen, ob sich die Wachstumszahlen auf reale oder nominale Angaben beziehen. Für Zeiträume von 10 bis 20 Jahren ist die Unterscheidung nominal versus real essentiell. Wir halten reale Wachstumsraten von 3 % p.a. für unwahrscheinlich.

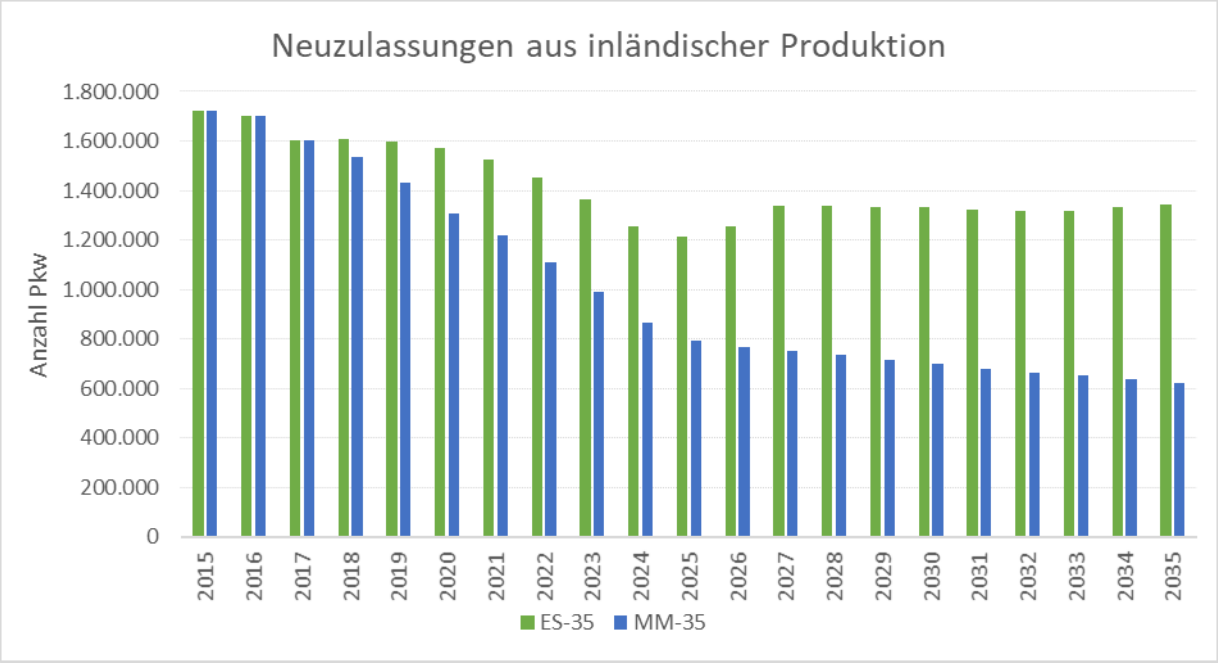
Tabelle 6: Anteile der inländischen Produktion an Neuzulassungen in Deutschland je Segment

Segment	Anteile nationaler Produktion
Mini	9,6 %
Kleinwagen	21,4 %
Kompaktklasse	58,9 %
Mittelklasse	80,6 %
Oberklasse	86,8 %
Geländewagen	33,6 %
Van	44,4 %

Quelle: M-Five, eigene Berechnung basierend auf VDA 2017

Die aus den segmentbezogenen und mit den vorhergehenden Anteilen multiplizierten sich ergebenden Neuzulassungen aus deutscher Produktion sind in Abbildung 15 dargestellt. Gemäß den vereinbarten Szenarien nachhaltiger Mobilität sinken die Neuzulassungen aus inländischer Produktion in ES-35 um ca. 22 % und in MM-35 um ca. 64 % gegen REF-15.

Abbildung 15: Neuzulassungen an Pkw aus inländischer Produktion



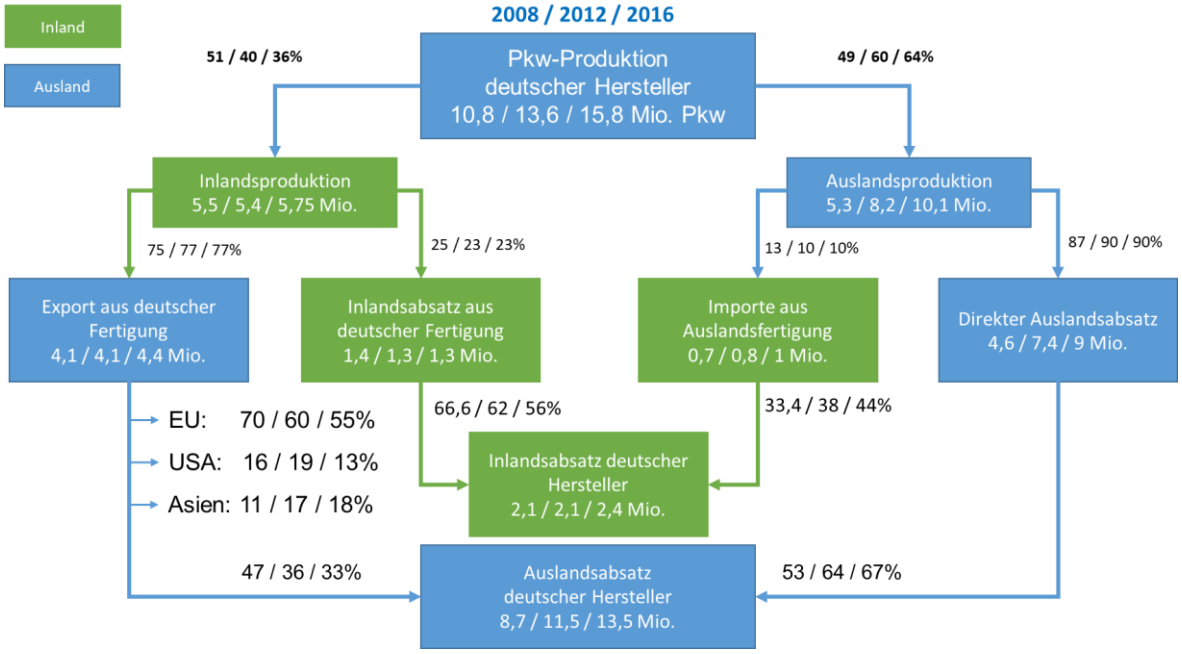
Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit ASTRA

4.1.4 Modellierung der Exporte der deutschen Automobilindustrie

Noch in 2008 wurde die Hälfte der Gesamtproduktion an Pkw von in Deutschland produzierenden OEM auch im Inland hergestellt (Abbildung 16). Nach 2008 ist der Anteil der Pkw, die von in Deutschland produzierenden OEM in Deutschland hergestellt wurden, deutlich unter 50 % gefallen. Dabei ist die Inlandsproduktion in absoluten Zahlen

produzierter Pkw jedoch seit 2008 annähernd konstant geblieben, wohingegen die Auslandsproduktion sich von 2008 bis 2016 verdoppelt hat. Insbesondere in China haben deutsche Hersteller weitere Werke aufgebaut. Abbildung 16 zeigt auch, dass ein Teil der im Inland abgesetzten Pkw aus ausländischen Werken deutscher OEM importiert wird. Weitere Hintergründe zu den Marktstrukturen sind in AP2 erläutert (WAGNER u. a., 2018).

Abbildung 16: Inlands- und Auslandsproduktion und -absatz deutscher Hersteller 2008, 2012 und 2016



Quelle: M-Five, eigene Berechnungen basierend auf VDA 2015 und 2017

Um den Export von in Deutschland gefertigten Pkw und Komponenten in die Weltmärkte zu quantifizieren, wurde ein regional differenziertes, globales Marktmodell aufgebaut, mit dem Pkw-Absatzprognosen nach Weltregionen erstellt werden können. Hierbei wurde auf die Berechnungslogik aus einer Studie für den deutschen Bundestag zurückgegriffen (SCHADE u. a., 2014).

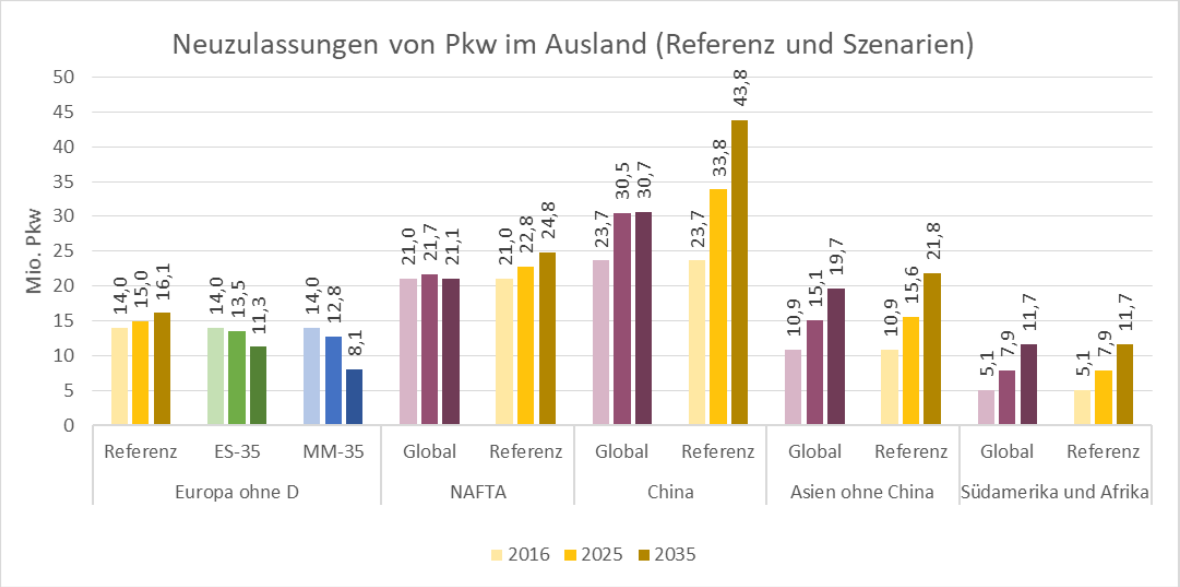
Für Europa wurde mit dem Beirat vereinbart, dieselbe Szenariologik zu unterstellen wie für Deutschland, d.h. in ES-35 elektrifiziert auch die übrige EU stark, und in MM-35 setzen sich Mobilitätsdienstleistungen auch in anderen EU-Ländern durch.

Für die übrigen Weltregionen wurden eigene Annahmen getroffen und jeweils ein Szenario „Global“ gegenüber der Referenz entwickelt. Das Global-Exportszenario geht davon aus, dass neben Europa auch in anderen Märkten Anstrengungen unternommen werden, Mobilität nachhaltiger zu gestalten, insbesondere in China und der NAFTA-Region. Die genaue Ausgestaltung bleibt dabei offen, allerdings ist der erwartete Effekt in den Märkten NAFTA und China aufgrund der bereits hohen Pkw-Verfügbarkeit und damit verbundenen Kapazitätsengpässen der Straßeninfrastruktur größer als in den anderen Märkten.

Das Referenz-Exportszenario ohne diese Bestrebungen basiert auf Trendfortschreibungen der jüngsten Entwicklungen bzw. ist angelehnt an die prognostizierte BIP-Entwicklung und

die damit einhergehende Motorisierung. Die Szenarien der Neuzulassungen nach Weltregion sind in Abbildung 17 dargestellt.

Abbildung 17: Neuzulassungen in globalen Märkten in den Szenarien



Quelle: M-Five, eigene Berechnungen

Für den weltweiten Pkw-Absatz sind vor allem die Neuzulassungen in den Märkten *China*, *NAFTA* und *Asien ohne China* von Bedeutung. In letzterem übertrifft die Zahl der Neuzulassungen 2035 jene des europäischen Marktes sowohl im Global-Exportszenario als auch im Referenz-Szenario. Selbst im – hinsichtlich des Pkw-Absatzes – relativ positiven Szenario ES-35 werden 2035 im europäischen Ausland rund 11,3 Mio. Pkw neu zugelassen, während es rund 20 Mio. Pkw in *Asien ohne China* im Global-Exportszenario sind.

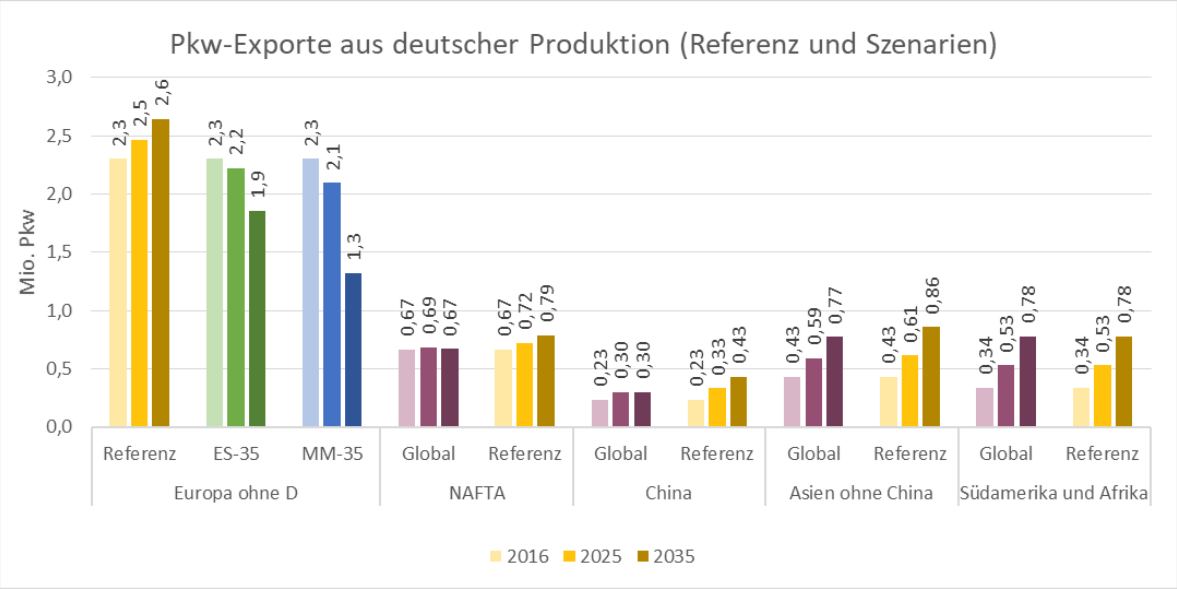
Das Wachstum der Pkw-Märkte in den übrigen Weltregionen führt nicht automatisch zu einem Wachstum der Pkw-Exporte aus Deutschland in die Regionen. Stattdessen wurden die Anteile der Belieferung dieser Märkte aus deutscher Produktion unter Rückgriff auf VDA-Daten (Tatsachen und Zahlen 2017) und eigene Annahmen zu zukünftigen Handelsstrukturen ermittelt.

Bei Betrachtung der so abgeschätzten Neuzulassungen aus deutscher Produktion (siehe Abbildung 18) wird deutlich, dass aufgrund der Pkw-Produktion deutscher OEM in China selbst ohne den Einfluss neuer Mobilitätskonzepte dieser Markt trotz vieler Neuzulassungen für den Export aus Deutschland nur von geringer Bedeutung ist.

Die sinkende Nachfrage nach in Deutschland hergestellten Pkw auf dem europäischen Markt wird selbst im pessimistischen Global-Exportszenario von der Entwicklung in den anderen Märkten (annähernd) kompensiert. Einem rückläufigen Export nach Europa um 450.000 Pkw im Jahr 2035 (ES-35) bzw. um 980.000 Pkw (MM-35) stehen 850.000 zusätzlich abgesetzte Pkw (Global-Exportszenario) bzw. 1,2 Mio. Pkw (Referenz-Exportszenario) in anderen Märkten gegenüber. Nach wie vor entfällt auf den Export nach Europa 2035 in allen Szenarien aber ein größerer Anteil (42 % ES-35, Global-Exportszenario bzw. 34 % MM-35, Global-Exportszenario) als auf jeden anderen Markt.

Zur Fortschreibung der Beschäftigungseffekte in den Szenarien wurde die Pkw-Nachfrage aus dem Global-Exportszenario herangezogen. Der Effekt von Arbeitsplatzverlagerungen bei der Fahrzeug- und Komponentenherstellung in die jeweiligen Märkte wird im Kapitel 4.1.6 diskutiert.

Abbildung 18: Pkw-Exporte aus deutscher Produktion in den Szenarien



Quelle: M-Five, eigene Berechnungen, 2016 nach VDA-Angaben

4.1.5 Umsatz und Beschäftigung in der Pkw-Produktion in Deutschland

Abbildung 19 fasst die Umsätze nach Komponenten aus den drei Absatzbereichen Produktion für Pkw-Neuzulassungen in Deutschland, Export von Pkw aus deutscher Produktion in übrige Weltregionen und Export von Komponenten zusammen. Die Annahmen zur Entwicklung der Nachfrage außerhalb Europas basieren auf dem Global-Exportszenario (vgl. voriges Kapitel 4.1.4).

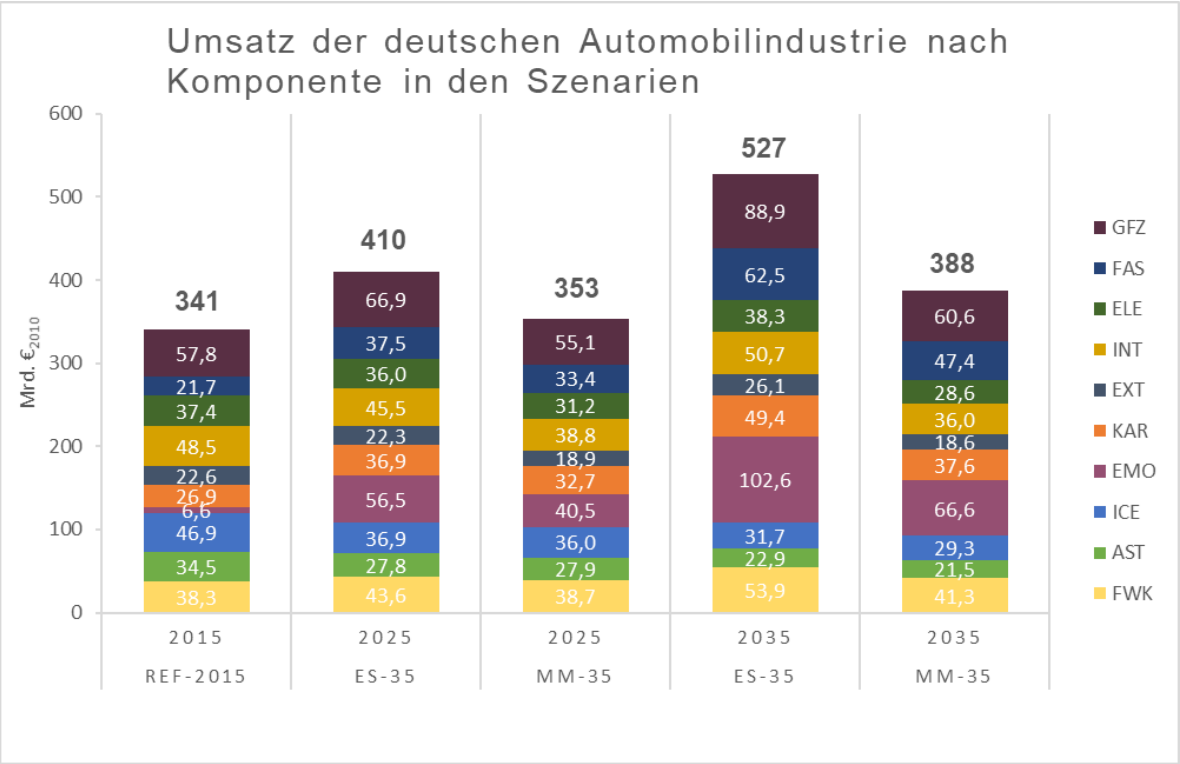
Bei Gesamtbetrachtung kann der Umsatz im Szenario ES-35 noch deutlich zulegen von 341 Mrd. € in REF-15 auf 527 Mrd. € im Jahr 2035 (vgl. Abbildung 19), während er in MM-35 nur sehr leicht ansteigt auf 388 Mrd. €.[15] Das entspricht einem jährlichen realen Wachstum des Umsatzes von 2,2 % in ES-35 und 0,6% in MM-35. Dabei wächst der Umsatzanteil der EMO-Komponente (Batterie und E-Motor) von 1,9 % in REF-15 auf 19,5 % in ES-35 und auf 17,2 % in MM-35. Der Umsatzanteil der ICE-Komponente (Verbrennungsmotor) sinkt von 13,7 % in REF-15 auf 6,0 % in ES-35 bzw. 7,5 % in MM-35. Starke Zuwächse gibt es auch bei Komponenten der Fahrerassistenzsysteme, deren Anteil von 6,4 % in REF-15 auf 11,9 % in ES-35 und 12,2 % in MM-35 zunimmt.

Die neuen Mobilitätskonzepte in MM-35 könnten eine höherwertige Ausstattung einzelner Komponenten erfordern (z.B. Fahrerassistenzsysteme) als in durchschnittlichen privaten

[15] Angaben in realen € zur Preisbasis 2010.

Pkw. Dies ist bisher in den dargestellten Abschätzungen nicht unterstellt worden, würde aber zu einer Erhöhung von Umsatz und Beschäftigung dieser Komponenten führen.

Abbildung 19: Umsatz nach Komponente aus inländischer Pkw-Produktion in den Szenarien



Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit Neuzulassungs- und Komponentenmodell

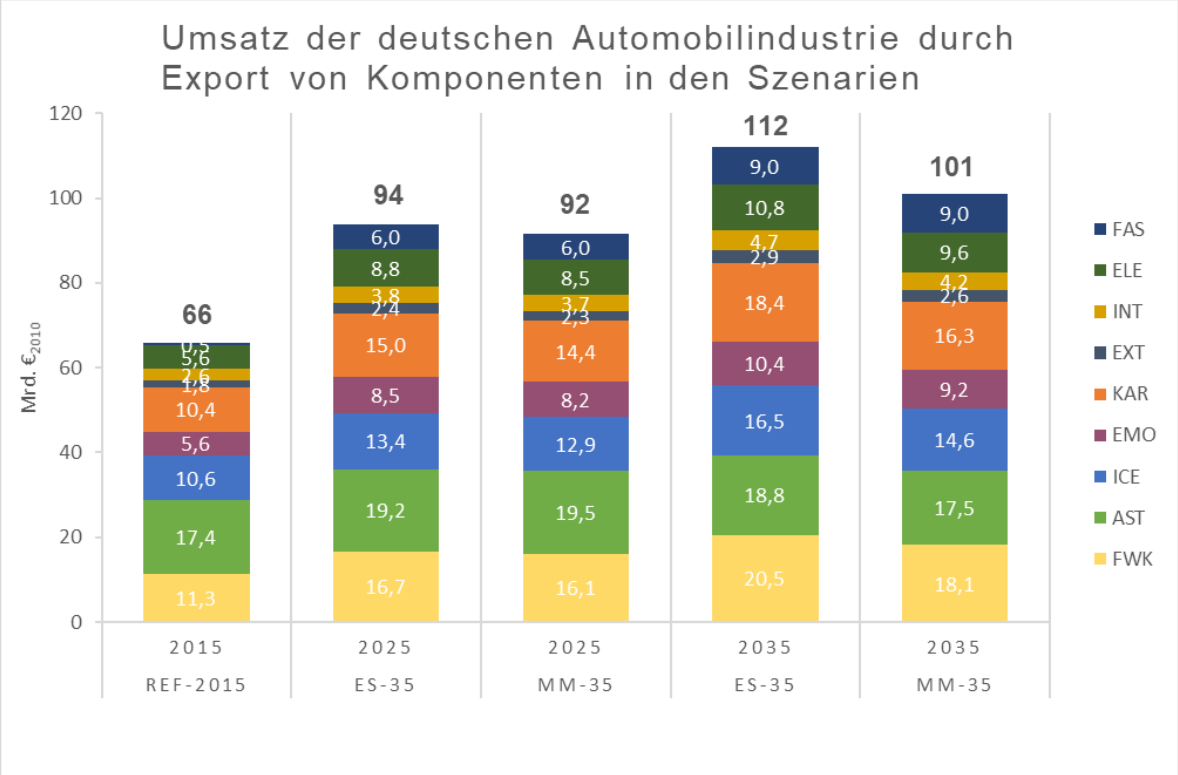
Welche Rolle dem Export von Komponenten zukommt, verdeutlicht Abbildung 20. Im Jahr 2015 betrug der Umsatz aller ins Ausland exportierten Komponenten 66 Mrd. €, was einem Anteil von 19 % des Umsatzes der gesamten Automobilindustrie in Deutschland entspricht. Bis 2035 wird der Export von Komponenten mit der Entwicklung der Neuzulassungen in den verschiedenen Weltregionen fortgeschrieben. D.h. es wird kein Strukturwandel unterstellt, der dazu führen würde, dass der lokal produzierte Anteil an Pkw und Teilen aus deutscher Produktion steigt zu Lasten der in Deutschland produzierten und exportierten Komponenten.

Damit steigt der Umsatz der exportierten Komponenten in ES-35 auf 112 Mrd. € bzw. in MM-35 auf 101 Mrd. €. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtumsatz im Szenario ES-35 von 21 % und in MM-35 von 26 %.

Komponenten des Antriebsstrangs weisen 2035 mit einem Export-Anteil von über 80 % die höchste Export-Quote aller Komponenten auf (18,8 Mrd. € von 22,9 Mrd. € in ES-35 bzw. 17,5 Mrd. € von 21,5 Mrd. € in MM-35). Auch Komponenten des Verbrennungsmotors (und Aggregate) weisen einen hohen Export-Anteil von rund 50 % auf (16,5 Mrd. € von 31,7 Mrd. € in ES-35 bzw. 14,6 Mrd. € von 29,3 Mrd. € in MM-35). Darin spiegelt sich, dass in den Global-Exportszenarien die Elektrifizierung vor allem in Europa, China und NAFTA stattfindet, andere Regionen aber weiter vorwiegend Verbrenner nutzen.

Anders verhält es sich mit Komponenten des E-Antriebs: in MM-35 werden Teile im Wert von 9,2 Mrd. € exportiert, was einem Anteil von 14 % des Umsatzes entspricht. In ES-35 erreichen diese Exporte 10,4 Mrd. € (10 %). Folglich werden verhältnismäßig mehr Teile dieser Komponentengruppe in der inländischen Pkw-Herstellung verwendet.

Abbildung 20: Komponenten-Export aus inländischer Produktion in den Szenarien

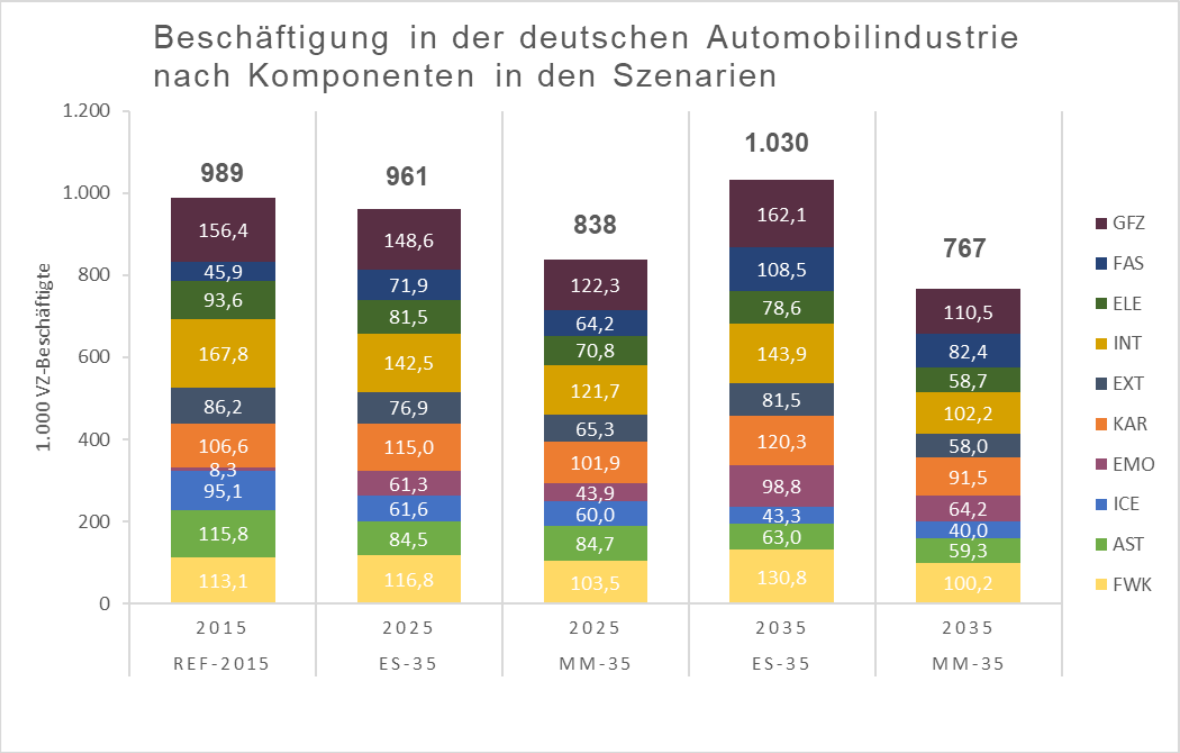


Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit Daten von VDA 2017 für 2015

Abbildung 21 zeigt das Ergebnis für die Beschäftigung in der Pkw-Produktion in Deutschland in den beiden Szenarien nachhaltiger Mobilität. Die Beschäftigung wird anhand des Umsatzes (siehe Abbildung 19) und der für die jeweilige Komponente unterstellten Produktivitätsentwicklung (siehe Tabelle 5) berechnet.

Das Produktivitätswachstum führt trotz deutlichem Umsatzzuwachs auch in ES-35 dazu, dass die Beschäftigung allenfalls leicht wächst von 988.800 Beschäftigten in der Pkw-Produktion in Deutschland auf 1.030.900 im Jahr 2035 (+4,3 %). In MM-35 bewirkt die Kombination aus abnehmenden Neuzulassungen und Produktivitätswachstum eine Reduktion der Beschäftigung auf 766.900 (-22 %) von 2015 bis 2035. Dabei entfällt auf die Fahrzeugintegration nach 15,8 % in REF-15 in den beiden Szenarien der größte Anteil mit 15,7 % in ES-35 und 14,4 % in MM-35. Fahrerassistenzsysteme werden ihren Anteil von 4,6 % in REF-15 mehr als verdoppeln auf 10,5 % in ES-35 und 10,7 % in MM-35. Die Komponenten des E-Antriebes wachsen von einem Beschäftigungsanteil von 0,8 % in REF-15 auf 9,6 % in ES-35 und 8,4 % in MM-35.

Abbildung 21: Beschäftigung nach Komponente in der Pkw- und Teile-Herstellung in den Szenarien

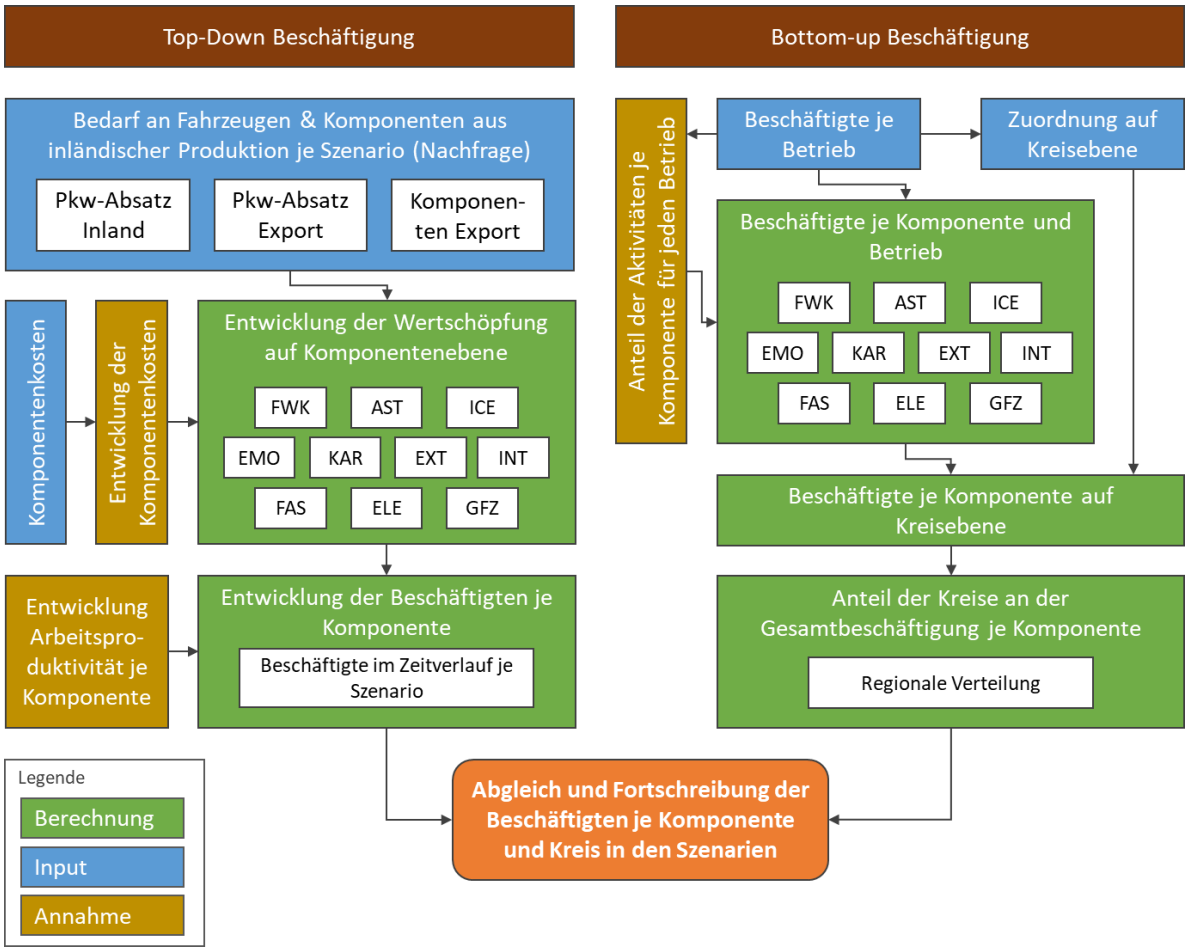


Quelle: M-Five, eigene Berechnungen mit Neuzulassungs- und Komponentenmodell

Wie schon bei der Betrachtung der globalen Fahrzeug- und Komponentennachfrage aus deutscher Produktion im vorhergehenden Unterkapitel liegt auch hier die Annahme zugrunde, dass im Ausland der Anteil der dort aus deutscher Produktion importierten Fahrzeuge und Komponenten konstant bleibt. Der Effekt von Arbeitsplatzverlagerungen bei der Fahrzeug- und Komponentenherstellung in die jeweiligen Märkte wird in einer Sensitivität in Kapitel 4.1.6 diskutiert.

Die Modell-Logik des Top-down-Ansatzes zur Berechnung der Beschäftigten ist im linken Teil der Abbildung 22 veranschaulicht und legt die Eckwerte zur Gesamtbeschäftigung je Komponente für die Pkw-Herstellung in den Szenarien fest. Die Methodik zur regionalen Aufteilung dieser Eckdaten mit dem Bottom-up-Ansatz unter Rückgriff auf die Status-quo Verteilung wird in Kapitel 4.1.8 beschrieben, wobei im Kapitel 4.1.7 die Wirkung unternehmerischer Entscheidungen auf die Prognosegüte der regionalen Modellierung erläutert wird.

Abbildung 22: Berechnungsmodell der Eckdaten zur Beschäftigung



Quelle: M-Five

Tabelle 7 stellt die Veränderungen der Beschäftigung in der Pkw-Produktion in Deutschland auf Komponentenebene dar. Während die Beschäftigung in der Herstellung des Verbrennungsmotors in beiden Szenarien bis 2035 um über 50.000 Beschäftigte zurückgeht, erhöht sich die Zahl bei Komponenten des E-Antriebs um 91.000 in ES-35 und um 56.000 in MM-35.

In der Gesamtbilanz zeigt sich eine Abnahme der Beschäftigung in der Pkw-Produktion in MM-35 um 221.900 Beschäftigte aufgrund der Kombination aus Rückgang des Inlandsabsatzes, Elektrifizierung und Produktivitätsfortschritt, die durch das Wachstum bei Fahrerassistenzsystemen sowie in ausländischen Märkten und Exporte aus Deutschland nicht kompensiert werden kann. Für ES-35 fällt der Rückgang des Inlandsabsatzes und der Exporte in wichtige Märkte geringer aus, sodass die treibenden Kräfte überwiegen und von einem Zuwachs an Beschäftigung von 42.100 bis 2035 auszugehen ist.

Tabelle 7: Beschäftigungseffekte in der Pkw-Herstellung auf Komponentenebene

	2025		2035	
[1000 Beschäftigte]	**ES-35**	**MM-35**	**ES-35**	**MM-35**
Fahrwerk	3,7	-9,6	17,7	-12,9
Antriebsstrang	-31,3	-31,0	-52,7	-56,4
Verbrennungsmotor & Aggregate	-33,6	-35,1	-51,8	-55,1
E-Antriebe & Aggregate	53,0	35,6	90,5	55,9
Karosserie	8,4	-4,7	13,7	-15,1
Exterieur	-9,2	-20,8	-4,7	-28,1
Interieur	-25,3	-46,1	-23,9	-65,6
Elektronik	-12,1	-22,9	-15,1	-35,0
Assistenzsysteme	25,9	18,2	62,6	36,4
Fzg-Integration	-7,8	-34,1	5,7	-45,9
Gesamt	-28,3	-150,4	42,1	-221,9

Quelle: M-Five, eigene Berechnungen

4.1.6 Sensitivität der Verteilung von Produktion und Absatz

In Kapitel 4.1.4 wurde dargestellt, dass die Pkw-Exporte nach Europa abnehmen, während sie nach Südamerika und Afrika sowie nach Asien ohne China zunehmen. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung aber auch als denkbare Reaktion der OEM auf veränderte Rahmenbedingungen des globalen Handels und Wettbewerbs könnte eine weitere Verlagerung der Produktion von Fahrzeugen und Komponenten aus Deutschland in die Märkte dieser Neuzulassungen erfolgen.

Als Sensitivität wurde als Export-Variation (basierend auf den Annahmen des Global-Exportszenarios, siehe Abbildung 18) der Effekt eines um 10 % verringerten Exports von fertigen Pkw in Verbindung mit einem um 25 % verringerten Export von Komponenten bis zum Jahr 2035 berechnet. Im Ergebnis bewirkt dies im Fall des Szenarios MM-35 eine um 70.700 Personen reduzierte Gesamtbeschäftigung in der Automobilindustrie (-9,2 %) bzw. einen Umsatzrückgang in Höhe von 33,6 Mrd. €$_{2010}$ (-8,7 %).

Eine in absoluten Werten stärkere, relativ gesehen aber schwächere Veränderung bewirkt der verringerte Export im Szenario ES-35: Hier bewirkt der Umsatzrückgang in Höhe von 36,8 Mrd. €$_{2010}$ (-7,0 %) einen Beschäftigungsrückgang um 77.200 Personen (-7,5 %). Dieser Verlust an Beschäftigung aufgrund des globalen Strukturwandels wäre größer als die Verringerung der Beschäftigung in der Komponente Verbrennungsmotor & Aggregate (ICE) mit 51.800 Beschäftigten in ES-35 und 55.100 in MM-35 gegenüber heute (REF-15).

Als weitere Sensitivität wurde für das Szenario MM-35 angenommen, dass die stärkere nationale Nutzung von Mobilitätskonzepten mit hoch automatisierten Pkw bzw. Shuttles zu einem steigenden Export von FAS-Komponenten führt. Der Erfolg entsprechender Mobilitätskonzepte würde dann durch zusätzliche Exporte weitere Arbeitsplätze sichern. Dabei wurde keine Verlagerung von Arbeitsplätzen ins Ausland berücksichtigt.

In der Sensitivität wurde für das Szenario MM-35 ein um 66 % höherer Export von FAS-Komponenten im Wert von 15 Mrd. €$_{2010}$ (anstatt 9 Mrd. €$_{2010}$) unterstellt. Dadurch wären zusätzlich rund 10.400 Arbeitsplätze in Deutschland zu erwarten. Ungefähr ein Drittel der Verluste an Beschäftigung im Bereich der Komponenten für Verbrennungsmotoren und Aggregate könnte so kompensiert werden.

Diese Sensitivitäten sollen (1) exemplarisch die Wirkungszusammenhänge von Export, Inlandsproduktion und Beschäftigungseffekten aufzeigen, ohne dabei eine quantitative Aussage zu einer tatsächlich erwarteten Verlagerung von Arbeitsplätzen ins Ausland zu treffen, und (2) die möglicherweise größere Bedeutung eines hier nicht betrachteten globalen Strukturwandels hervorheben, gegenüber der hier aufgezeigten Wirkung verschiedener Entwicklungspfade nachhaltiger Mobilität in Deutschland.

4.1.7 Prognosegüte der Bottom-up Regional-Verteilungs-Methodik

Die regionale Verteilung der Beschäftigung baut für die Zeithorizonte 2025 und 2035 auf der für den Status-quo auf Komponentenebene ermittelten Verteilung der Beschäftigung auf. Implizit werden so auch die regionalen Zuordnungen innerhalb einer Wertschöpfungskette fortgeschrieben.[16]

Bei den in der Transformation der Mobilität stark auftretenden Nachfrageänderungen können durch unternehmerische Entscheidungen die Wertschöpfungsketten komplett neu aufgestellt werden. Dies wird die regionale Verteilung der Beschäftigung gegenüber dem Status-quo verändern. Ein Beispiel für eine solche unternehmerische Entscheidung wäre, wenn die Stückzahl der gefertigten Komponente durch die in den Szenarien ermittelten Rückgänge der Nachfrage an einem Standort unter die für den Standort für die Rentabilität notwendige Menge fällt und damit der Hersteller gezwungen wäre, die Produktion der Komponente an einem anderen Standort mit Produktion derselben Komponente oder ähnlichen Komponenten zusammenzulegen. Dann würde sich durch die unternehmerische Entscheidung der Fertigung an einem anderen Standort die regionale Zuordnung der Beschäftigung bei dieser Komponente zukünftig ändern, d.h. am heutigen Standort auf null fallen. Eine solche unternehmerische Standort-Entscheidung kann die gewählte Bottom-up Verteilungsmethodik nicht abbilden. Hier würde die Beschäftigung am heutigen Standort proportional zum Nachfragerückgang und unter Berücksichtigung der Produktivitätsentwicklung reduziert aber nicht komplett verlagert.

[16] Möglich wäre in unserer Fortschreibung der Wechsel eines Zulieferers einer Komponente zwischen den Zulieferketten zweier OEM, so dass die regionale Struktur der Wertschöpfungskette beider OEM sich ändern würde, aber die regionale Verortung der Beschäftigung in der Komponente gleich bliebe (eine ähnliche Größe der PKW-Nachfrage der beiden OEM vorausgesetzt).

Ein weiteres Beispiel von unternehmerischen Entscheidungen, die mit der Bottom-up Methodik nicht abgebildet werden, entsteht durch die Zunahme der Beschäftigung in der Produktion von neuen Komponenten, insbesondere Fahrerassistenzsystemen (FAS), deren Beschäftigungswirkung in unserem Modell sich an der regionalen Verteilung der Komponente ELE ausrichtet. Eine unternehmerische Entscheidung könnte hier festlegen, dass alle neuen FAS-Komponenten konzentriert an einem Standort gefertigt werden, und nicht verteilt auf die existierenden Standorte der Elektronikfertigung, wie es durch die von uns gewählte Bottom-up Verteilungsmethodik erfolgt.

Da diese unternehmerischen Entscheidungen aber nicht modelliert werden können, aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren (neben klassischen Faktoren wie Stückkosten, regionale Lohnkosten und Verfügbarkeit an qualifiziertem Personal auch Faktoren wie Verhandlungsgeschick der Betriebsräte verschiedener Werke, Potenziale neu eröffneter Werke im Ausland, Markteintritt neuer Anbieter einer Komponente oder regionale Förderung an verschiedenen Standorten, etc.), wurde auf ihre Modellierung verzichtet und für die zukünftige regionale Verteilung konsequent die Bottom-up Verteilungsmethodik basierend auf dem Status-quo genutzt (mit Ausnahme EMO, wo auch sich abzeichnende neue Standorte einbezogen wurden, siehe Abbildung 7).

Damit kann die Ansiedlung neuer Arbeitsplätze oder der Verbleib von Arbeitsplätzen in einem Marktumfeld mit sinkender Nachfrage deutlich von den im Folgenden für die Szenarien berechneten und ausgewiesenen regionalen Beschäftigtenzahlen abweichen.

Die dargestellten räumlichen Verteilungen der Beschäftigung sind somit im Bereich der Fahrzeugproduktion als **Beschäftigungsszenario mit weitgehender Strukturkonstanz und ohne unternehmerische Entscheidungen** zu verstehen.

4.1.8 Berechnung der Beschäftigung auf Kreisebene

Zur Projektion der veränderten Beschäftigung auf Kreisebene wurde zunächst anhand der aktualisierten[17] Unternehmensdatenbank ermittelt, welchen Anteil jeder Kreis an der gesamten Beschäftigung je Komponente hat (Status quo). Rund 904.700 der 934.300 in der Datenbank erfassten Beschäftigten in der Automobilindustrie konnte eine komponentenspezifische Tätigkeit zugeordnet werden (einschließlich Nfz, Omnibusse und spezialisierte Nfz-Zulieferbetriebe[18]).

Hinzu kommen rund 46.000 Beschäftigte (Wert aus Top-down-Ansatz) bei der Komponente Fahrerassistenzsysteme (FAS), woraus sich in Summe 950.700 Beschäftigte ergeben (zum Vergleich in der REF-15 Top-down Berechnung: 988.800 Beschäftigte in 2015). Da hinsichtlich der erforderlichen Entwicklungs- und Fertigungskompetenzen bei FAS große Schnittmengen mit der Komponente Elektrik / Elektronik (ELE) unterstellt werden, wird die

[17] Stand der Beschäftigten: Oktober 2017, letzte Aktualisierung der standortbezogenen Aktivitäten: Dezember 2018

[18] Betriebe zur Herstellung von Nfz, Omnibussen und spezialisierte Nfz-Zulieferbetriebe verteilen sich auf insgesamt 61 Kreise, daher wurde in der Bottom-up-Betrachtung auf eine separate Betrachtung der Komponenten für Nfz und Omnibusse verzichtet. Die Auswertung zu den komponentenspezifischen Tätigkeiten bezieht sich somit auf Kraftwagen allgemein.

regionale Zuordnung der Beschäftigten in diesem Bereich anhand der regionalen Verteilung im Status-quo bei der Komponente ELE vorgenommen.

Unter der Annahme, dass die Anteile der Kreise je Komponente bis 2035 konstant bleiben, wurde so die Zahl der Beschäftigten auf Kreisebene fortgeschrieben. Die im Bottom-up-Ansatz ermittelten Beschäftigten wurden anhand der im Top-down-Ansatz berechneten Beschäftigten je Komponente plausibilisiert, entsprechen diesen jedoch nicht exakt. Im Vergleich zu den Beschäftigungs-Eckwerten aus der Top-down-Berechnung weichen im Bottom-up-Ansatz insbesondere die Beschäftigten bei der Komponente E-Antrieb & Aggregate (EMO) erheblich von den Top-down-Werten ab. Letztere beziehen sich jedoch auf das Referenz-Jahr 2015, während der Unternehmensdatenbank die Beschäftigtenzahl aus dem Oktober 2017 zugrunde liegt und in diesem Zeitraum die EMO-Komponente sich deutlich entwickelt hat.

Die Abschätzung des Anteils komponentenspezifischer Tätigkeiten erfolgt für jeden Betrieb anhand von Abschätzungen, die auf laufende Recherchen zurückgehen und zuletzt im Dezember 2018 aktualisiert wurden. Daher sind in der Unternehmensdatenbank zuletzt bereits 44.100 Beschäftigte in der Produktion von E-Antrieben & Aggregaten (EMO) enthalten, während die Top-down-Berechnung in 2015 nur von 8.300 Beschäftigten ausgeht. Da jedoch allein der im Zeitverlauf konstante Anteil jedes Kreises an der Gesamtbeschäftigung je Komponente zur Fortschreibung der Beschäftigung auf Kreisebene und nicht die exakte Anzahl der Beschäftigten je Kreis aus dem Bottom-up-Ansatz maßgeblich ist, wird die abweichende Zahl aus den beiden Ansätzen in Kauf genommen.

Der rechte Teil der Abbildung 22 veranschaulicht das Prinzip der regionalen Verteilung anhand des Verteilungsschlüssels aus der Analyse des Status quo. Die Aktivitäten der Automobilindustrie verteilen sich auf insgesamt 260 Kreise. Somit sind 142 Kreise, in denen zum Stand der Bearbeitung keine Aktivitäten bekannt oder konkret geplant sind, in beiden Szenarien nicht von Veränderungen der Beschäftigung in der Fahrzeugproduktion betroffen.

In vielen Schwerpunktregionen der Automobilindustrie sind zum Zeitpunkt der Datenerhebung (2016-2018) bereits Aktivitäten in der Produktion von E-Antrieben & Aggregaten feststellbar. Sofern es möglich war, den Umfang der Aktivitäten in den jeweiligen Betrieben abzuschätzen, konnte dieser zur Fortschreibung auf 2035 berücksichtigt werden.

Andere Betriebe hingegen, in denen Absichtsbekundungen zur Produktion von E-Fahrzeugen oder Komponenten zwar bekannt aber nicht näher quantifizierbar waren, wurden zur Fortschreibung der Beschäftigung in dieser Komponentengruppe nicht berücksichtigt.

Die Summe aller Beschäftigten je Komponente ist bei Betrachtung der nationalen Ebene zwar nicht betroffen, da diese anhand des Top-down-Ansatzes berechnet wird – jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die Beschäftigung in den betroffenen Kreisen unterschätzt und im Gegenzug die Beschäftigung in Kreisen mit bereits heute vorhandener oder zumindest absehbarer Produktion von EMO-Komponenten überschätzt wird.

So plant beispielsweise Audi die Produktion von elektrischen Pkw im Werk Ingolstadt ab 2021, jedoch kann anhand der verfügbaren Informationen die Beschäftigung bei der

Komponente E-Antrieb & Aggregate in Ingolstadt aufgrund des noch ungewissen Produktionsumfangs und der genauen Aktivitäten am Standort selbst nicht abgeschätzt werden – insbesondere, weil ohne die Herstellung oder die Weiterverarbeitung von EMO-Komponenten selbst lediglich die Fahrzeugmontage (GFZ) betroffen ist.

Am Standort Neckarsulm (Landkreis Heilbronn) hingegen soll eine eigene Batteriemontage aufgebaut werden. Als Ausgangsniveau werden rund 1.700 Beschäftigte (ermittelt aus Bottom-up-Ansatz) bei der Komponente E-Antriebe & Komponenten (EMO) angenommen, deren Zahl infolge der zunehmenden Nachfrage bis 2035 in beiden Szenarien deutlich ansteigt (absolut MM-35: 2.430 Beschäftigte; ES-35: 3.750 Beschäftigte).

Die genaue Rolle von Kreisen bzw. Arbeitsmarktregionen mit neuer Produktion von E-Fahrzeugen und Komponenten (siehe Kapitel 3) kann heute schwer abgeschätzt werden, da neue Betriebe im unmittelbaren Wettbewerb zu etablierten Akteuren und Schwerpunktregionen der Automobilindustrie stehen.

Drohende Verluste von Arbeitsplätzen bei konventionellen Fahrzeugkomponenten könnten an manchen Standorten durch umfassende Investitionen und Qualifikationsmaßnahmen abgewendet werden, was folglich das Wachstum an den neuen Standorten mindert. Nichtsdestotrotz eröffnet die Forschung an bzw. die Produktion von Komponenten des E-Antriebs vielen bisher nicht etablierten Standorten die Chance, zusätzliche Arbeitsplätze langfristig zu sichern. Vom Aufbau dieser regionalen Kompetenz profitieren wiederum etablierte Standorte, an denen Komponenten des E-Antriebs weiterverarbeitet bzw. in die dort produzierten Fahrzeuge integriert werden.

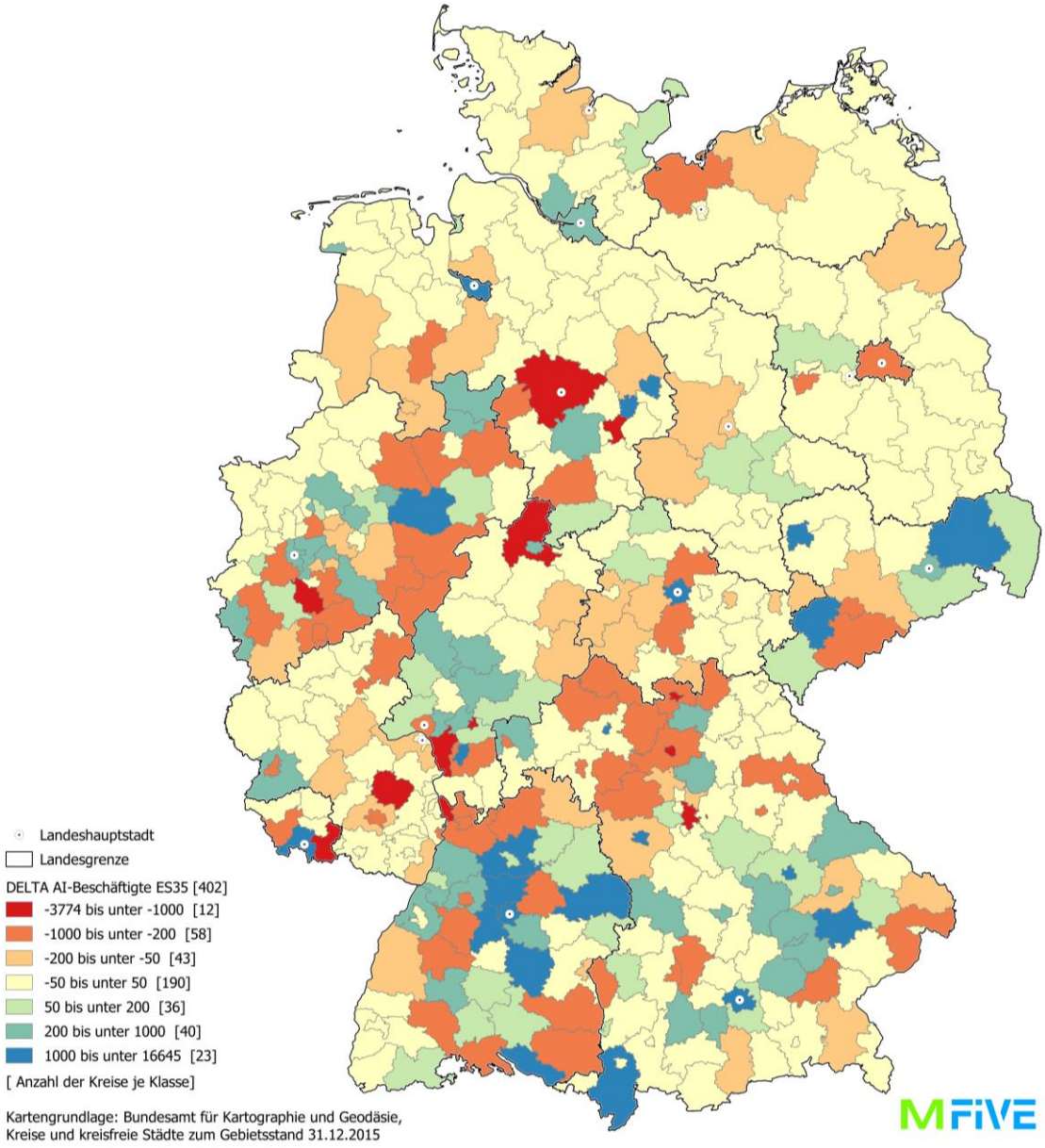
Obwohl die Fortschreibung der Beschäftigung auf Kreisebene mit einigen Unsicherheiten hinsichtlich der unternehmerischer Standortentscheidungen neuer und etablierter Akteure einerseits und hinsichtlich der Absatzzahlen von in Deutschland produzierten Fahrzeugen und Komponenten andererseits behaftet ist, soll mit den folgenden Karten **eine mögliche regionale Verteilung und die daraus resultierende Veränderung der Beschäftigung dargestellt werden**. Bei der Interpretation der Karten sind jeweils die den Szenarien zugrundeliegenden Besonderheiten zu berücksichtigen.

Für die Nachfrage in den Weltmärkten wurde nicht das Referenz-Exportszenario, sondern das Global-Exportszenario herangezogen, welches eine geringere Nachfrage an Fahrzeugen und Komponenten aus deutscher Produktion unterstellt (siehe Kapitel 4.1.4). Bei Betrachtung des Referenz-Exportszenarios würden in den Kartendarstellungen in Einzelfällen durch die insgesamt höhere Beschäftigung manche Kreise in den Karten einer anderen Klasse zugeordnet. Einen negativen Effekt auf die Beschäftigungswirkung hingegen hätte die in Kapitel 4.1.6 diskutierte Verringerung ins Ausland exportierter Pkw und Komponenten. Die räumlichen Verteilungsmuster bleiben aufgrund der verwendeten Methodik in ihren Grundzügen unberührt. D.h. unternehmerische Entscheidungen einer veränderten Standortwahl, z.B. bei sinkenden Produktionszahlen eines Standortes, sind hier nicht abgebildet.

Die Karten bilden die Differenz aus den regionalisierten Fortschreibungen der Szenarien im Jahr 2035 gegenüber der Referenz (2015) auf Kreisebene ab. Auf die kartographische

Darstellung absoluter Werte (Gesamtbeschäftigung) wurde verzichtet, da der Fokus auf der veränderten Beschäftigung durch die Entwicklungspfade der beschriebenen Szenarien liegt.

Abbildung 23: Veränderung der Gesamtbeschäftigung in der Automobilindustrie in ES-35

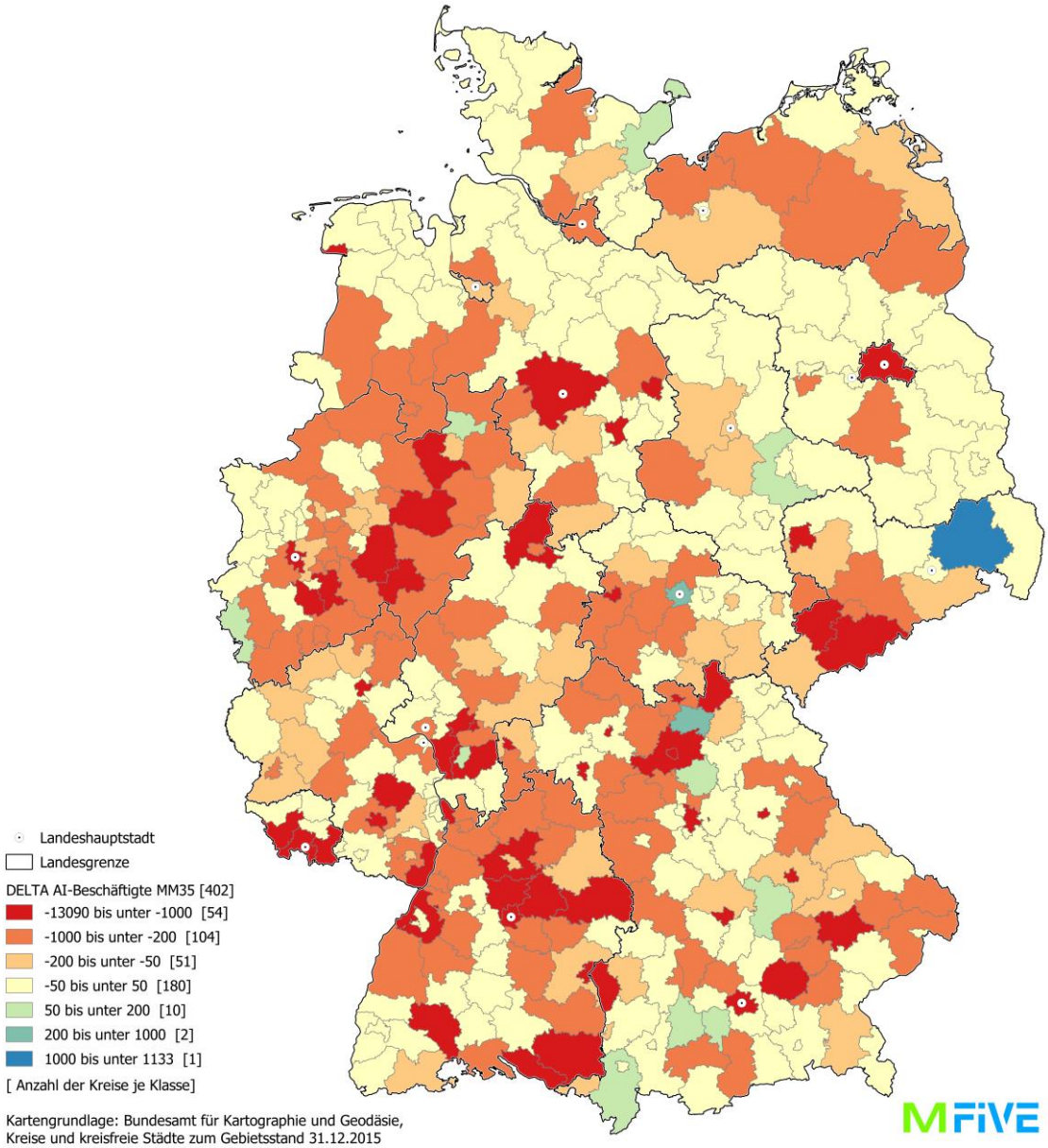


Bei Gesamtbetrachtung der veränderten Beschäftigung im **Szenario ES-35** (Abbildung 22) zeigt sich eine Abnahme in 113 von 402 Kreisen, jedoch eine sehr starke Zunahme (+1.000 und mehr) in 23 Kreisen, eine mittlere Zunahme (+200 bis +1.000) in 40 Kreisen, sowie eine geringe Zunahme (+50 bis +200) in 36 Kreisen. Insgesamt können knapp ein Viertel aller Kreise mit zusätzlichen Arbeitsplätzen rechnen, während die Beschäftigung in knapp der Hälfte der Kreise (190) nicht oder nur gering beeinflusst wird (+/- 50).

Im Verhältnis zur aktuellen Beschäftigung in der Pkw-Produktion wachsen insbesondere die Kreise Erfurt und Bautzen aufgrund der Entwicklung im Bereich elektrische Antriebe & Aggregate (EMO). Unter den etablierten Schwerpunktregionen der Automobilindustrie

weisen Bremen und der Landkreis Böblingen bei Rückgriff auf das regionale Verteilungsmuster des Status-quo das stärkste Wachstum auf – ebenfalls hauptsächlich aufgrund der Zunahme im Bereich elektrische Antriebe & Aggregate (EMO).

Abbildung 24: Veränderung der Gesamtbeschäftigung in der Automobilindustrie in MM-35



Im **Szenario MM-35** fällt das Verhältnis von Kreisen mit zunehmender zu Kreisen mit abnehmender Beschäftigung extremer aus (Abbildung 24): Hier wird von Arbeitsplatzverlusten in mehr als der Hälfte aller Kreise (209 von 402) ausgegangen, davon 54 Kreise mit einem Verlust im vier- bis fünfstelligen Bereich, während lediglich 13 Kreise mindestens 50 Arbeitsplätze hinzugewinnen. Ausschlaggebend für den hohen Rückgang sind die abnehmenden Beschäftigtenzahlen bei den Komponenten INT (-65.600), AST (-56.400), ICE (-55.100) und GFZ (-45.900).

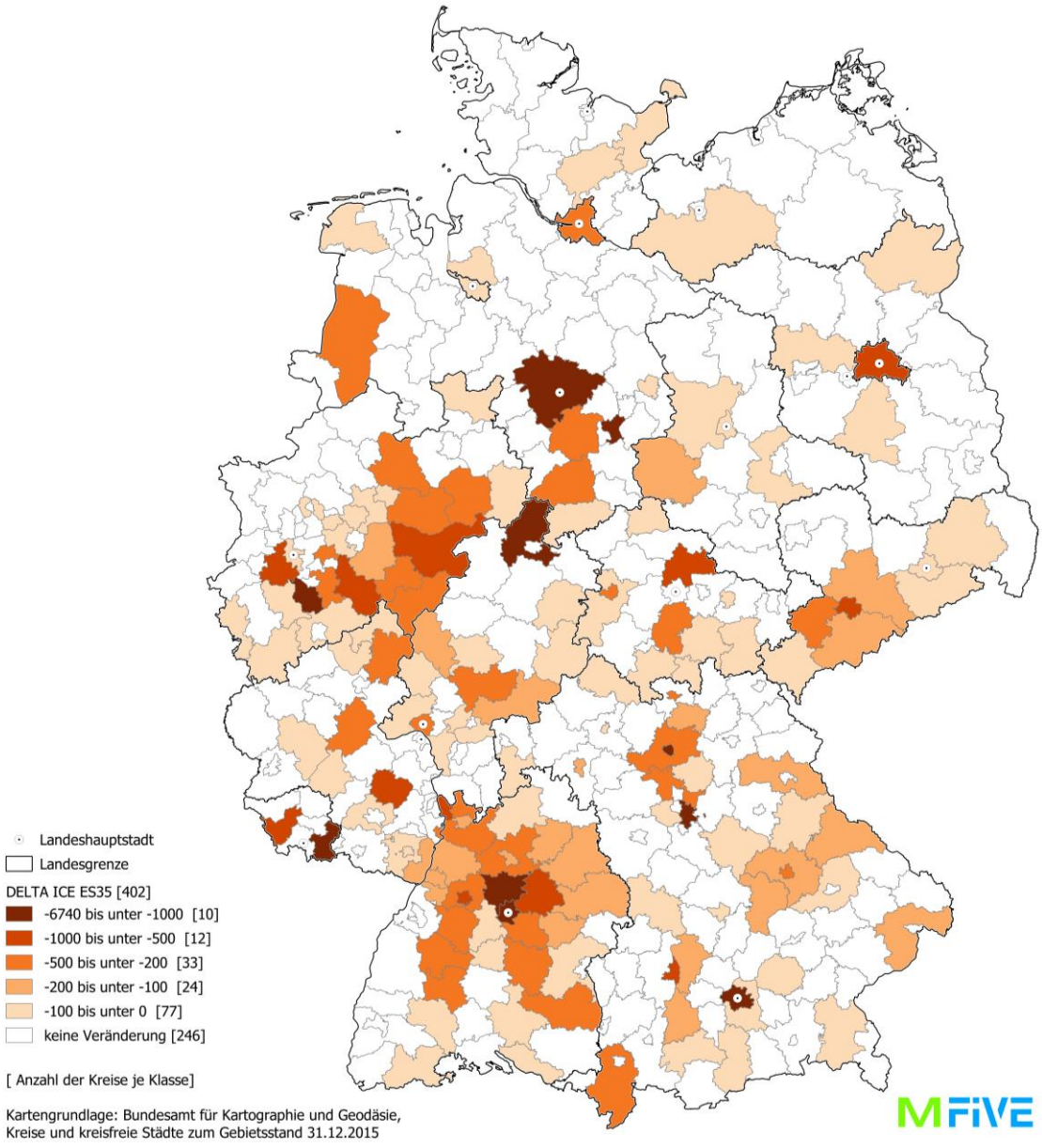
Am stärksten sind diese Verluste in jenen Kreisen ausgeprägt, die zum Status quo in mehreren dieser Bereiche eine hohe Anzahl an Beschäftigten haben: Wolfsburg verliert in Summe knapp 13.100 Arbeitsplätze (davon -7.650 GFZ, -2.100 INT), Ingolstadt verliert

12.700 Arbeitsplätze (davon -8.030 GFZ, -1.500 AST), München verliert 12.400 Arbeitsplätze (davon -4.000 GFZ, -2.590 INT, -2.710 ICE und -2.320 AST) und Stuttgart 11.300 Arbeitsplätze (davon -3.160 GFZ, -2.250 INT, -7.180 ICE und -2.890 AST).

Unter den Kreisen mit steigender Beschäftigung befinden sich überwiegend Standorte, die zum Status quo keine oder nur eine geringe Beschäftigung bei konventionellen Automobil-Komponenten aufweisen, jedoch neue Beschäftigte in den Bereichen EMO und FAS hinzugewinnen. Dies sind neben Bautzen (+1.270 EMO-Beschäftigte) die Städte Darmstadt und Erfurt sowie die Städteregion Aachen und die Kreise Lichtenfels, Oberallgäu, Anhalt-Bitterfeld und Herford.

Im **Szenario ES-35** verlieren aufgrund der lokalen Bedeutung des Verbrennungsmotors und dessen Komponenten (ICE) insbesondere Stuttgart (-6.740), Bamberg, Salzgitter, München, Nürnberg, der Saarpfalz-Kreis, Köln, der Landkreis Ludwigsburg, die Region Hannover und der Landkreis Kassel Beschäftigte im vierstelligen Bereich. Die räumliche Verteilung der abnehmenden Kreise (Abbildung 25) folgt der heutigen Verteilung etablierter Hersteller von Verbrennungsmotoren und dessen Teilkomponenten bzw. Aggregaten. Ähnliche entwickelt sich die Abnahme der Beschäftigung im **Szenario MM-35**, wobei die stärkste Abnahme auf Kreisebene mit -7.180 (Stuttgart) noch etwas deutlicher ausfällt als in **ES-35**.

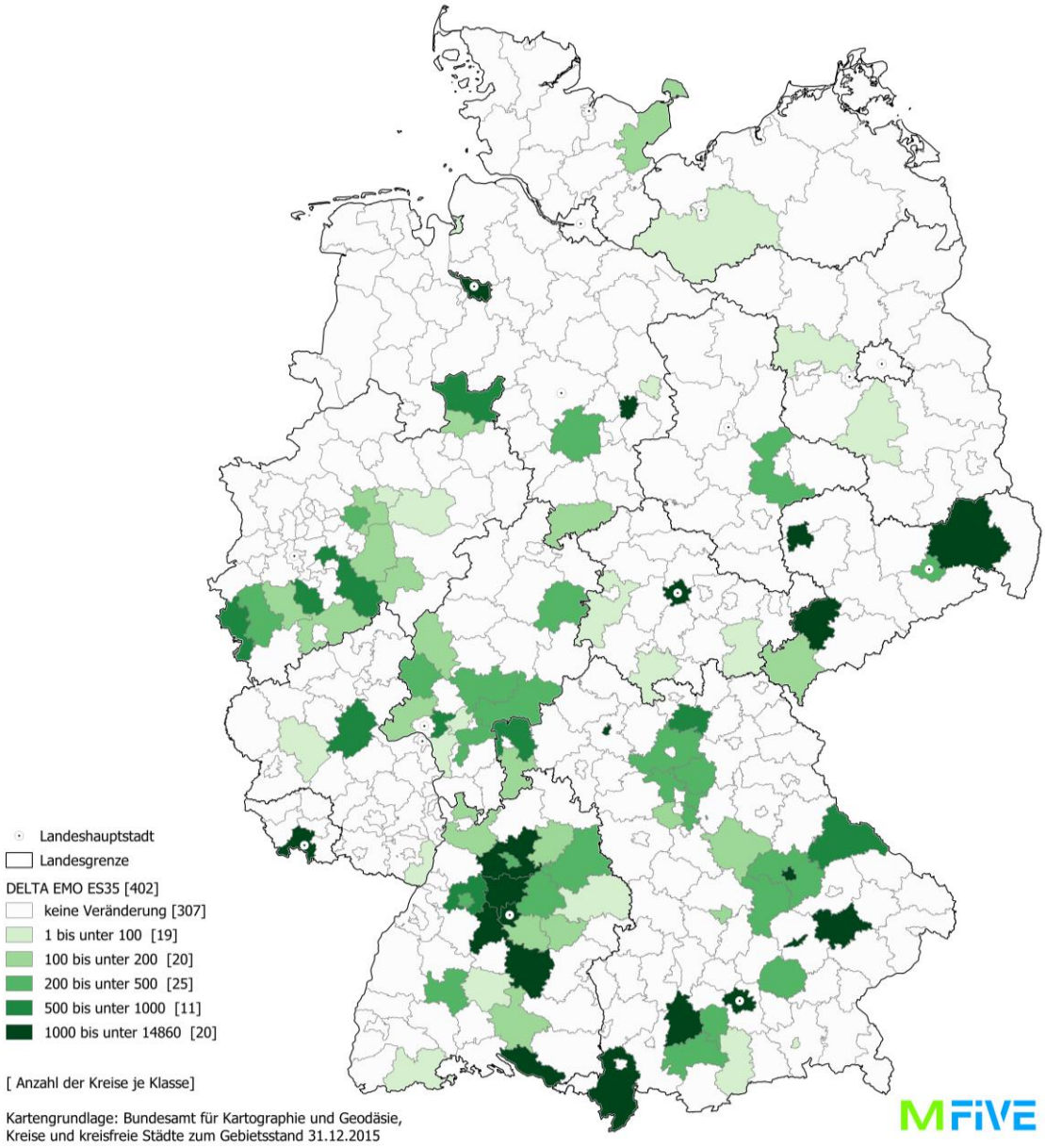
Abbildung 25: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente ICE in ES-35



Regionen, die bereits heute Komponenten des E-Antriebs fertigen oder in absehbarer Zeit Montagewerke mit einem hohen Anteil von E-Fahrzeugen besitzen, können im **Szenario ES-35** die abnehmende Beschäftigung für Komponenten des Verbrennungsmotors durch die neu entstehenden Arbeitsplätze teilweise (über-)kompensieren. Größere Montagewerke, bei denen in Zukunft ein hoher Anteil elektrifizierter Antriebe verbaut wird, können nicht nur Arbeitsplätze vor Ort bei der Komponente EMO generieren, wenn diese im selben Werk hergestellt werden, sondern auch dann, wenn davon auszugehen ist, dass sich spezialisierte Zulieferer vor Ort (vereinfachte Annahme: im selben Kreis) niederlassen, die heute noch nicht existieren oder bisher noch nicht/kaum in diesem Bereich tätig sind. Nach der Modell-Logik der Regional-Verteilungs-Methodik wird im Landkreis Böblingen aufgrund der zeitnah einsetzenden Produktion von E-Pkw und der damit einhergehenden Produktion von Komponenten des E-Antriebs die stärkste Zunahme an Arbeitsplätzen erwartet: +14.860 in **ES-35** bzw. +9.170 in **MM-35**.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass dort nicht mit vielen freiwerdenden Arbeitskräften infolge des Rückgangs bei anderen Komponenten gerechnet wird. Somit könnte ein Teil des rechnerisch ermittelten Zuwachses auch an einem anderen Standort realisiert werden. Anders in Stuttgart: dort stehen den – je nach Szenario – zwischen 6.740 und 7.175 wegfallenden Arbeitsplätzen bei Komponenten des Verbrennungsmotors mehr neue Arbeitsplätze durch Komponenten des E-Antriebs gegenüber: +7.550 in **MM-35** bzw. +12.230 in **ES-35** (Abbildung 26).

Abbildung 26: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente EMO in ES-35



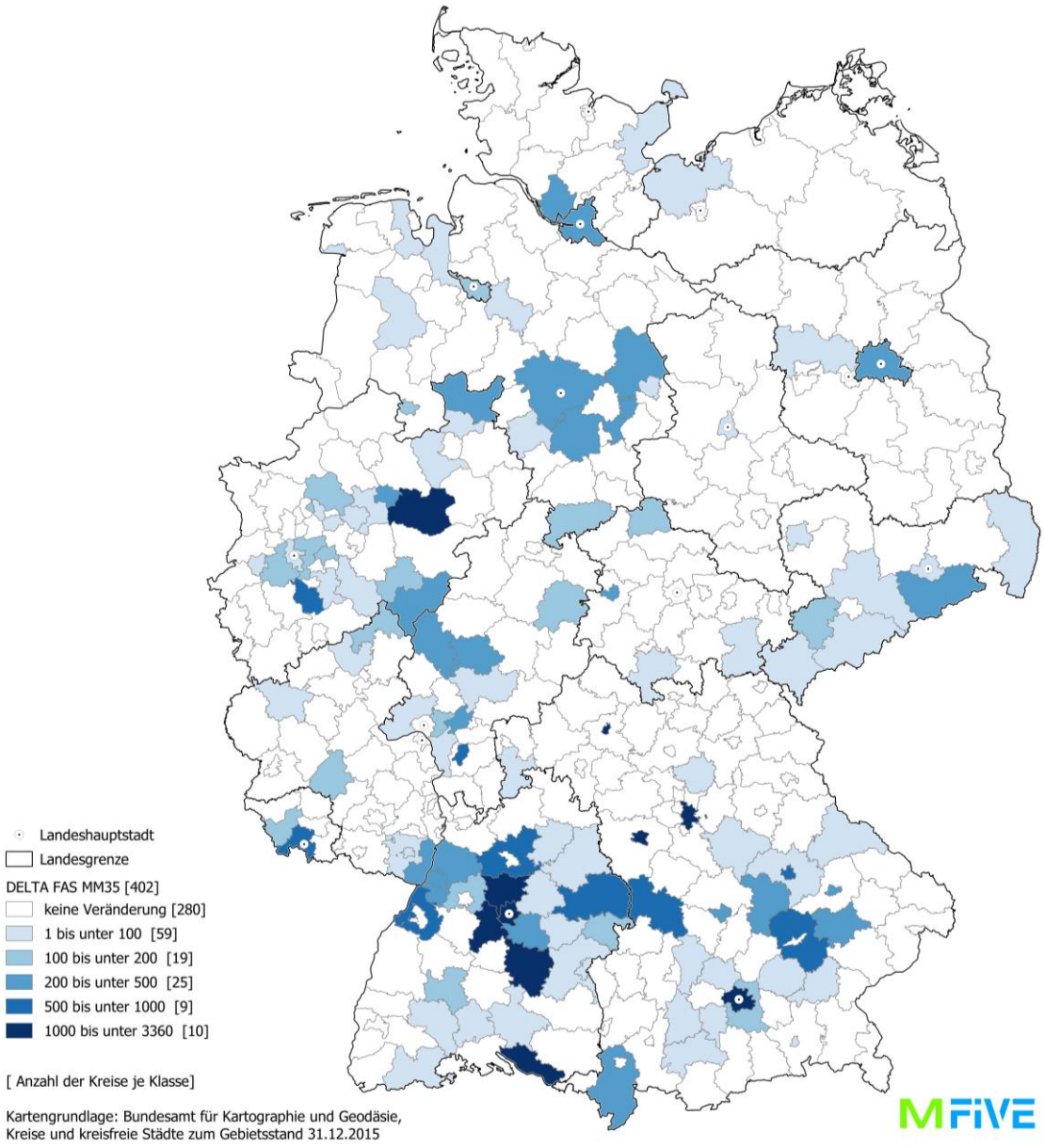
Neben dem Kreis Böblingen und der Stadt Stuttgart gehören im **Szenario ES-35** auch der Landkreis Dingolfing-Landau, Bremen, München und Zwickau als etablierte Produktionsstandorte der OEM zu den Regionen mit den größten Zuwächsen von rund 4.000 Beschäftigten oder mehr. Um mindestens 2.000 nimmt die Beschäftigung durch EMO-Komponenten in den Landkreisen Heilbronn und Bautzen sowie in den Städten Braunschweig und Leipzig zu.

Nach der Beschäftigungszunahme durch EMO-Komponenten ist der zweitstärkste Treiber die Herstellung von Fahrerassistenzsystemen (FAS)[19] (siehe Abbildung 27). Obwohl die Pkw-Dichte und folglich auch die Zahl der Neuzulassungen in **ES-35** fast um den Faktor 2 höher ist als in **MM-35**, entfallen in **ES-35** rund 108.500 Beschäftigte auf die Herstellung von FAS und damit nur 32 % mehr als in **MM-35** (82.400 FAS-Beschäftigte).

Die Ursache hierfür liegt in den Annahmen des Komponentenmodells und den darin unterstellten typischen Fahrzeugausstattungen: Aufgrund der geringeren Pkw-Dichte werden mehr Sharing-Fahrzeuge (später auch Robo-Taxis) genutzt, die über eine Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen höherer Level verfügen. Die wichtigsten Standorte dieser Komponente (siehe Abbildung 27) sind die Kreise Reutlingen (+3.360 Beschäftigte in **MM-35** bzw. +5.770 in **ES-35**), Ludwigsburg (+1.970 bzw. +3.380 Beschäftigte) und Stuttgart (+1.920 bzw. +3.300 Beschäftigte).

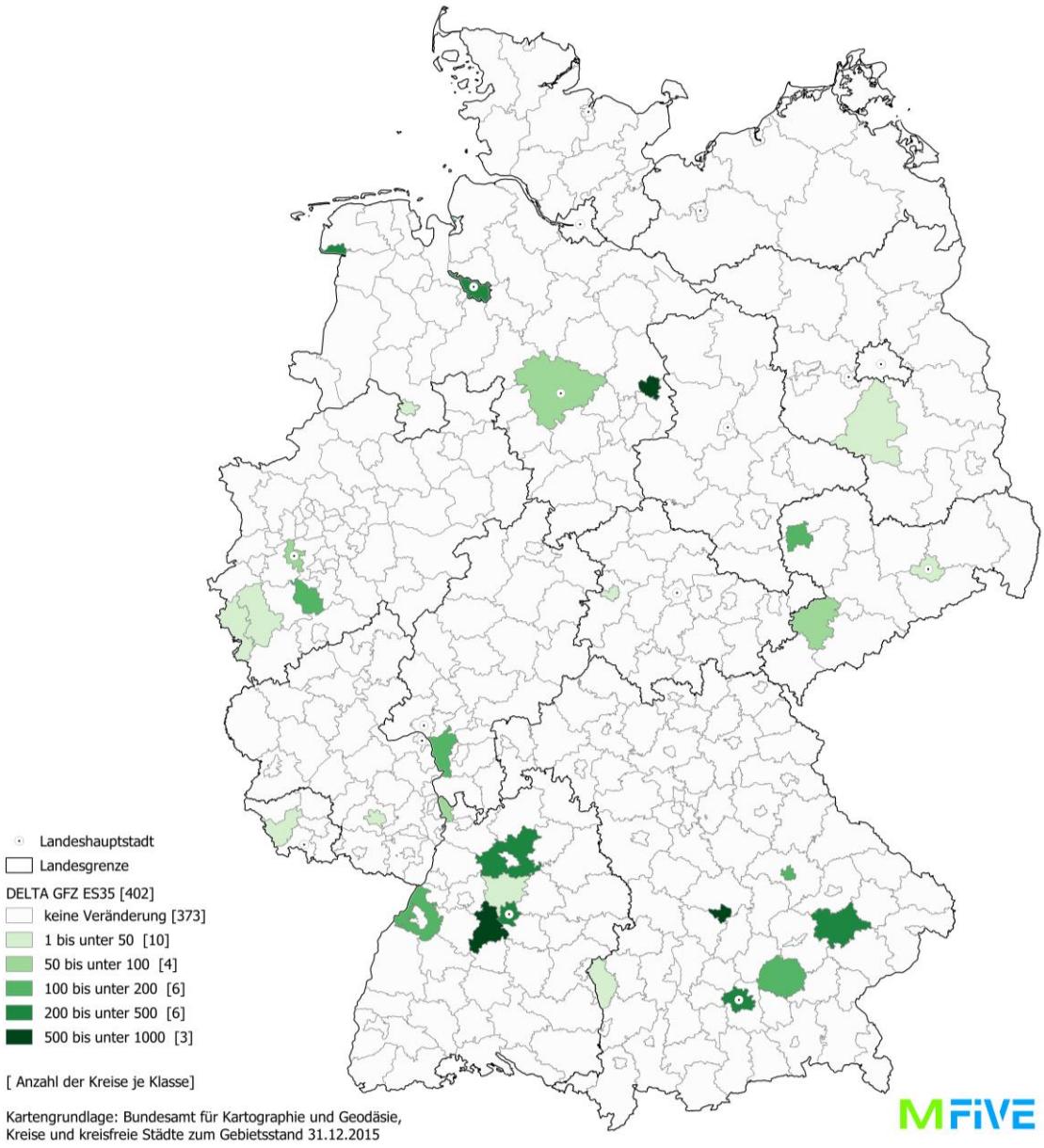
[19] An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die regionale Zuordnung der Aktivitäten bei dieser Komponente der regionalen Verteilung von ELE-Komponenten folgt.

Abbildung 27: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente FAS in MM-35



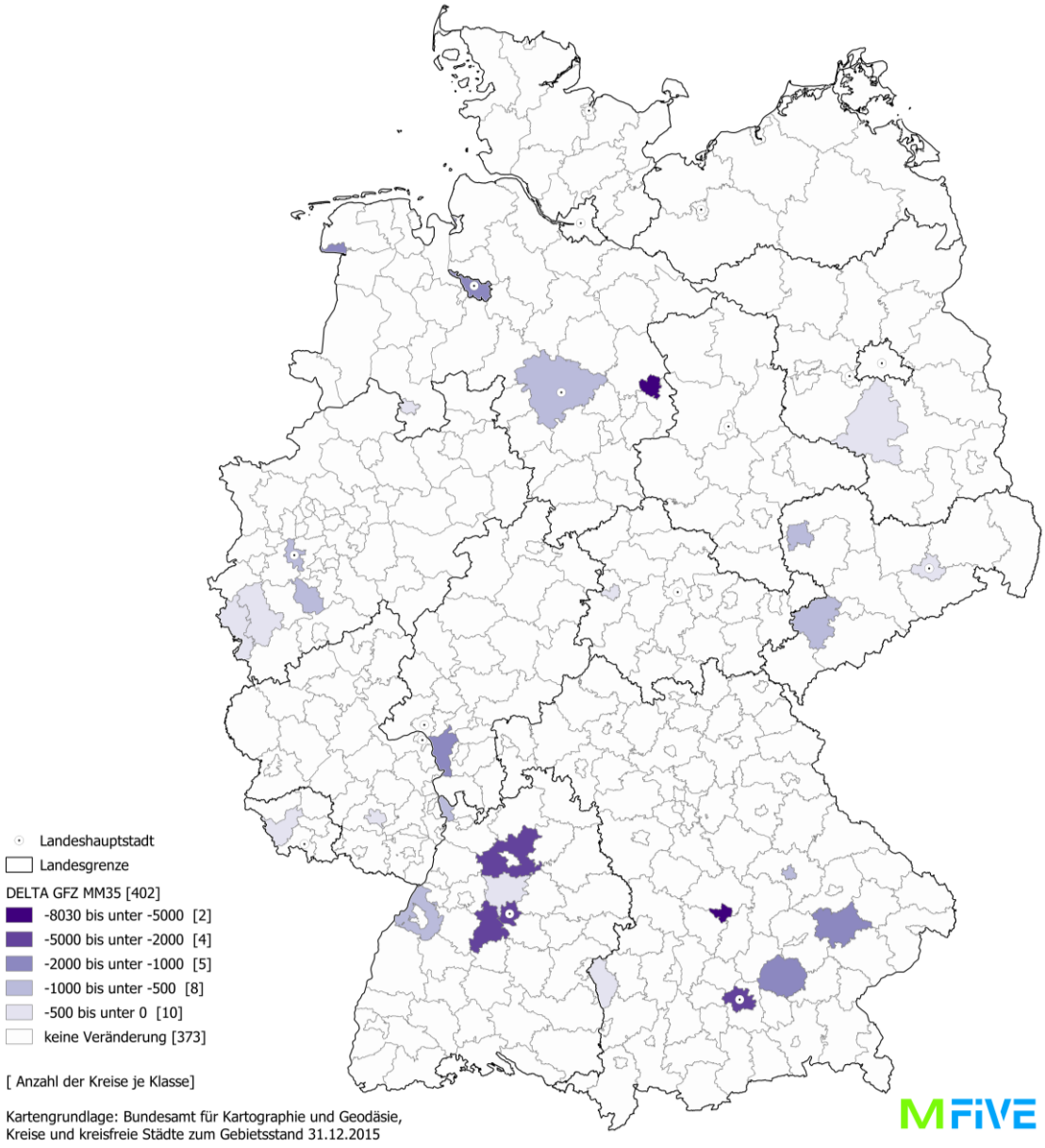
Die Entwicklung der (virtuellen) Komponente Gesamtfahrzeug / Fahrzeugintegration (GFZ) unterscheidet sich aufgrund der unterschiedlichen Pkw-Nachfrage in den Szenarien erheblich. Aufgrund der Entwicklung der globalen Nachfrage können Ingolstadt, Wolfsburg und der Landkreis Böblingen im **Szenario ES-35** trotz sinkender Inlandsnachfrage noch mit zusätzlichen Beschäftigten in Höhe von +500 bis +1.000 gegenüber REF-15 rechnen (Abbildung 28).

Abbildung 28: Zunahme der Beschäftigung bei der Komponente GFZ in ES-35



Genau diese Kreise sind jedoch auch im Fall der abnehmenden GFZ-Beschäftigung in **MM-35** mit Arbeitsplatzverlusten in Höhe von rund 5.000 oder mehr am stärksten betroffen. Selbst die neuen Standorte Landkreis Düren und Städteregion Aachen wären trotz eines geringen Ausgangsniveaus bei der Komponente GFZ von geringen Arbeitsplatzverlusten betroffen, da hier bereits in REF-15 Aktivitäten in diesem Bereich beobachtet werden (Abbildung 29). Aufgrund der steigenden Beschäftigung bei der Komponente EMO werden die Verluste in diesen Kreisen jedoch überkompensiert.

Abbildung 29: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente GFZ in MM-35



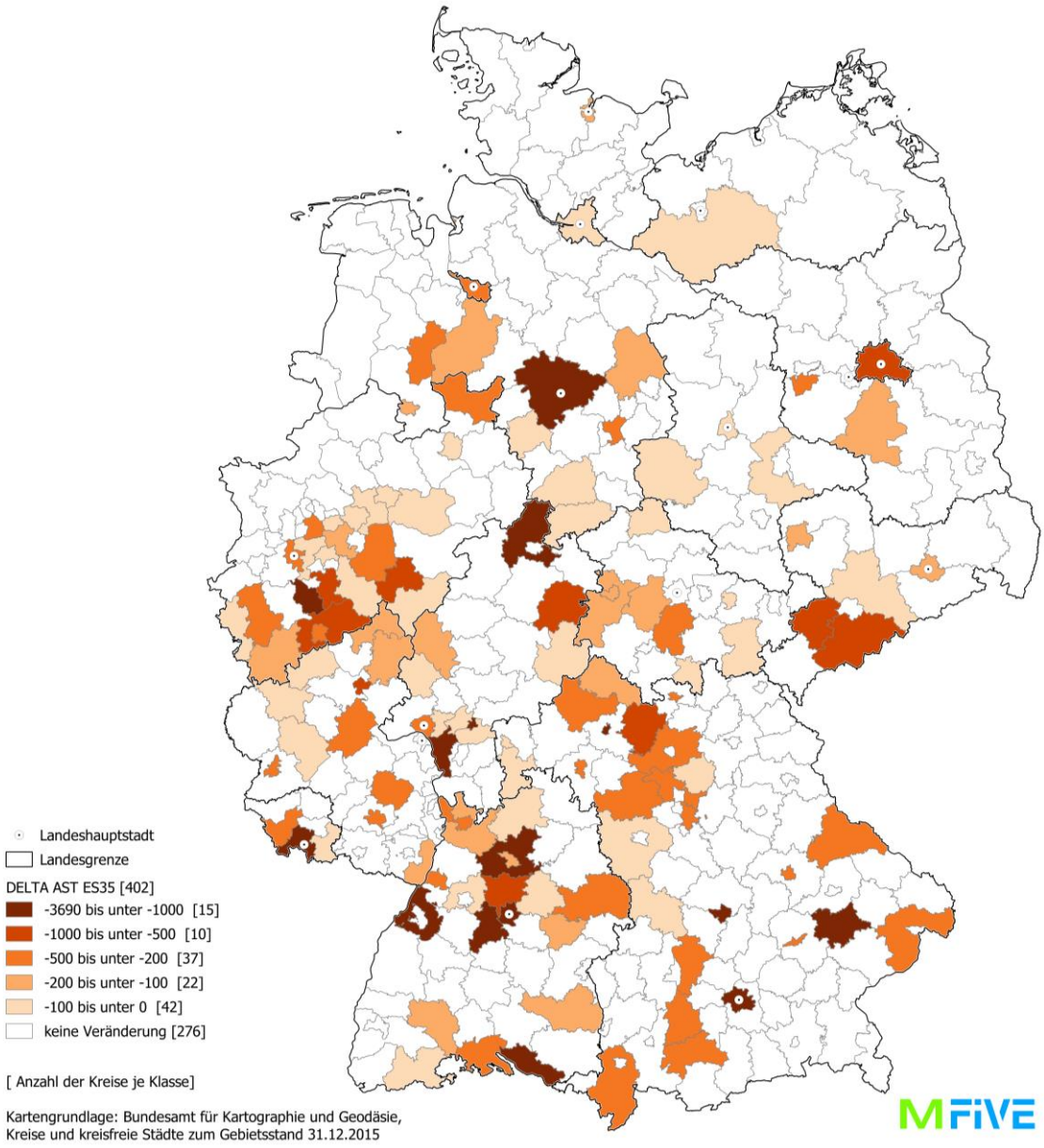
Mit einem Verlust von 52.700 Arbeitsplätzen in allen Kreisen sind die meisten Arbeitsplatzverluste in der Automobilindustrie im **Szenario ES-35** auf die veränderte Nachfrage nach Komponenten des Antriebsstrangs (AST) zurückzuführen und bewirken damit sogar geringfügig höhere Verluste als die veränderte Nachfrage bei Komponenten des Verbrennungsmotors (ICE) mit 51.800 entfallenden Arbeitsplätzen.

Bei Komponenten des Antriebsstrangs verlieren 15 Kreise Arbeitsplätze im vierstelligen Bereich (vgl. Abbildung 30). Zum Vergleich: Bei der Komponente ICE verlieren im selben Szenario nur 10 Kreise Arbeitsplätze im vierstelligen Bereich. Allerdings sind die Verluste im Landkreis Kassel, der mit -3.690 Arbeitsplätzen am stärksten betroffen ist, geringer ausgeprägt, als die 6.740 wegfallenden Arbeitsplätze bei Komponenten des Verbrennungsmotors (ICE) in Stuttgart.

In ähnlicher Relation, jedoch in absoluten Zahlen stärker ausgeprägt, schlägt sich die veränderte Nachfrage in den Beschäftigungseffekten im **Szenario MM-35** nieder: Insgesamt

fallen hier 56.400 Arbeitsplätze bei Komponenten des Antriebsstrangs (AST) weg und 55.100 weitere bei Komponenten des Verbrennungsmotors (ICE). Der Landkreis Kassel verliert hier 3.950 Beschäftigte im Bereich AST, die Kreise Groß-Gerau, Bodenseekreis sowie die Städte Stuttgart, München und Schweinfurt verlieren zwischen 2.000 und 3.000 Beschäftigte, während neun weitere Kreise zwischen 1.000 und 2.000 Beschäftigte verlieren.

Abbildung 30: Abnahme der Beschäftigung bei der Komponente AST in ES-35



Zusammenfassend sind im **Szenario MM-35** deutlich mehr Kreise von wegfallenden Arbeitsplätzen betroffen. Aufgrund der hohen Verluste durch die Komponente GFZ verlieren Wolfsburg, Ingolstadt, München und Stuttgart die meisten Arbeitsplätze (mehr als 10.000). Die stärkste relative Abnahme von -57 % haben der Saarpfalz-Kreis (-2.220) und Bamberg (-3.990) zu verzeichnen.

Zu den Gewinnern gehören im **Szenario MM-35** insbesondere der Landkreis Böblingen, Schweinfurt, der Bodenseekreis, Bautzen und der Regionalverband Saarbrücken, was insbesondere auf Zugewinne in den Bereichen elektrische Antriebe (EMO) und Fahrerassistenzsysteme (FAS) zurückzuführen ist.

Im **Szenario ES-35** verlieren insbesondere Standorte mit einer hohen Spezialisierung auf ICE- und AST-Komponenten viele Arbeitsplätze. Am stärksten betroffen sind hier Kassel (-3.770), Bamberg (-3.640), Salzgitter (-3.490), der Saarpfalz-Kreis (-2.090) und der Kreis Groß-Gerau (-2.070), weil hier den Verlusten in der Produktion von ICE-Komponenten keine gleichwertige Zunahme bei Komponenten des E-Antriebs (EMO) gegenübersteht. In Salzgitter entstehen 580 Arbeitsplätze durch FAS, wodurch ein Rückgang der gesamten AI-Beschäftigung um über 4.060 abgewendet wird. Die mögliche Beschäftigungsentwicklung in der Lithium-Verarbeitung in Salzgitter gehört zu den vorgelagerten Bereichen, die in der Methodik der Bottom-up Recherche mit Fokus auf Hersteller und deren heutige Zulieferer außerhalb der regionalen Analyse der Automobilproduktion liegen.

Die stärksten Zuwächse sind in den Kreisen Böblingen, Stuttgart, Dingolfing-Landau, Bremen, Reutlingen und München zu erwarten. Insbesondere der Landkreis Reutlingen sticht durch den hohen Beschäftigungszuwachs bei FAS hervor (+5.770), während die anderen Kreise hauptsächlich aufgrund der Produktion von EMO-Komponenten Beschäftigte hinzugewinnen.

Da die regionale Verortung neu entstehender Arbeitsplätze bei neuen Komponenten (EMO, FAS) mit einer höheren Unsicherheit behaftet ist, als die regionalisierte Fortschreibung der Beschäftigung bei konventionellen Komponenten oder im Bereich der Fahrzeugmontage, zeigen Abbildung 31 und Abbildung 32 die veränderte Beschäftigung in der Automobilindustrie ohne den Einfluss der beiden neuen Komponenten. Um die inhaltliche Unterscheidung gegenüber Abbildung 23 und Abbildung 24 hervorzuheben, wurden abweichende Klassengrenzen und Farbabstufungen für die kartografische Darstellung gewählt, um den regional teilweise gravierenden Rückgängen (in fünf Kreisen in Höhe von -10.000 bis knapp -21.000 Beschäftigte in MM-35) Rechnung zu tragen. Ohne den kompensierenden Effekt durch die Herstellung neuer Komponenten geht die deutschlandweite Beschäftigung in der Automobilindustrie im Szenario ES-35 um 111.000 Beschäftigte zurück und steigt lediglich in 25 von 402 Kreisen (keine Veränderung in 143 Kreisen). Unter der Voraussetzung, dass bisherige Wertschöpfungsketten in ihrer regionalen Zuliefererstruktur unverändert und die bisherigen Wachstumsraten der Fahrzeug- und Komponenten-Exporte in die verschiedenen Märkte zumindest in leicht abgeschwächter Form bestehen bleiben, entstehen nach der Modell-Logik der Regional-Verteilungs-Methodik in diesen 25 Kreisen aufgrund steigender Personalbedarfe zur Fertigung von Karosserie- und Fahrwerkskomponenten auch ohne den Einfluss neuer Komponenten zusätzliche Arbeitsplätze.

Im Szenario MM-35 wird ein Rückgang von 314.000 Beschäftigten unterstellt. Von 402 Kreisen bleiben 143 Kreise ohne Standorte der Automobilindustrie unverändert, 136 Kreise verlieren bis zu 500 Beschäftigte und 123 Kreise verlieren mehr als 500 Beschäftigte (siehe Abbildung 32).

Abbildung 31: Veränderung der Beschäftigung in der Automobilindustrie bei konventionellen Komponenten und Fahrzeugmontage im Szenario E-Straße 2035

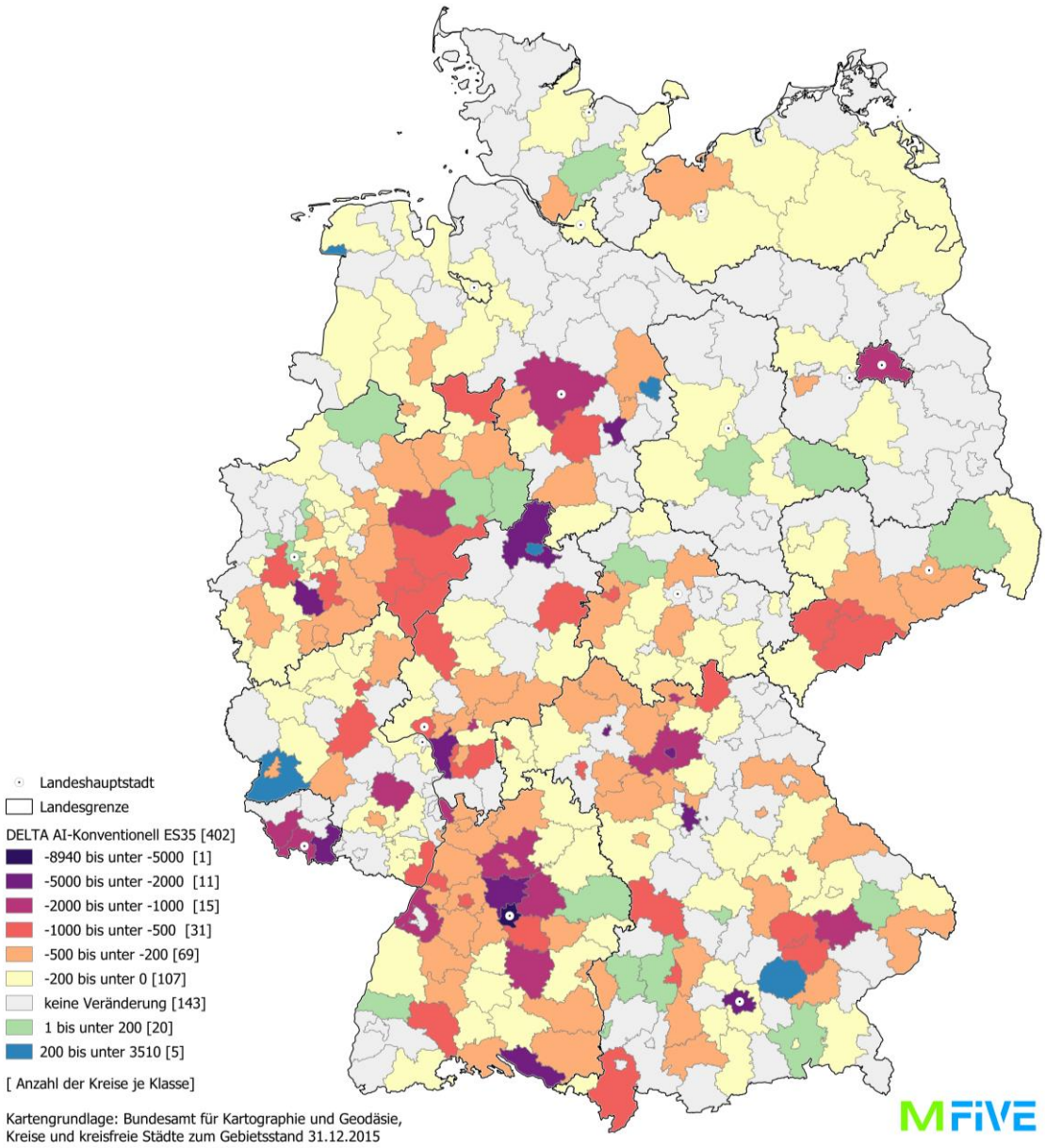
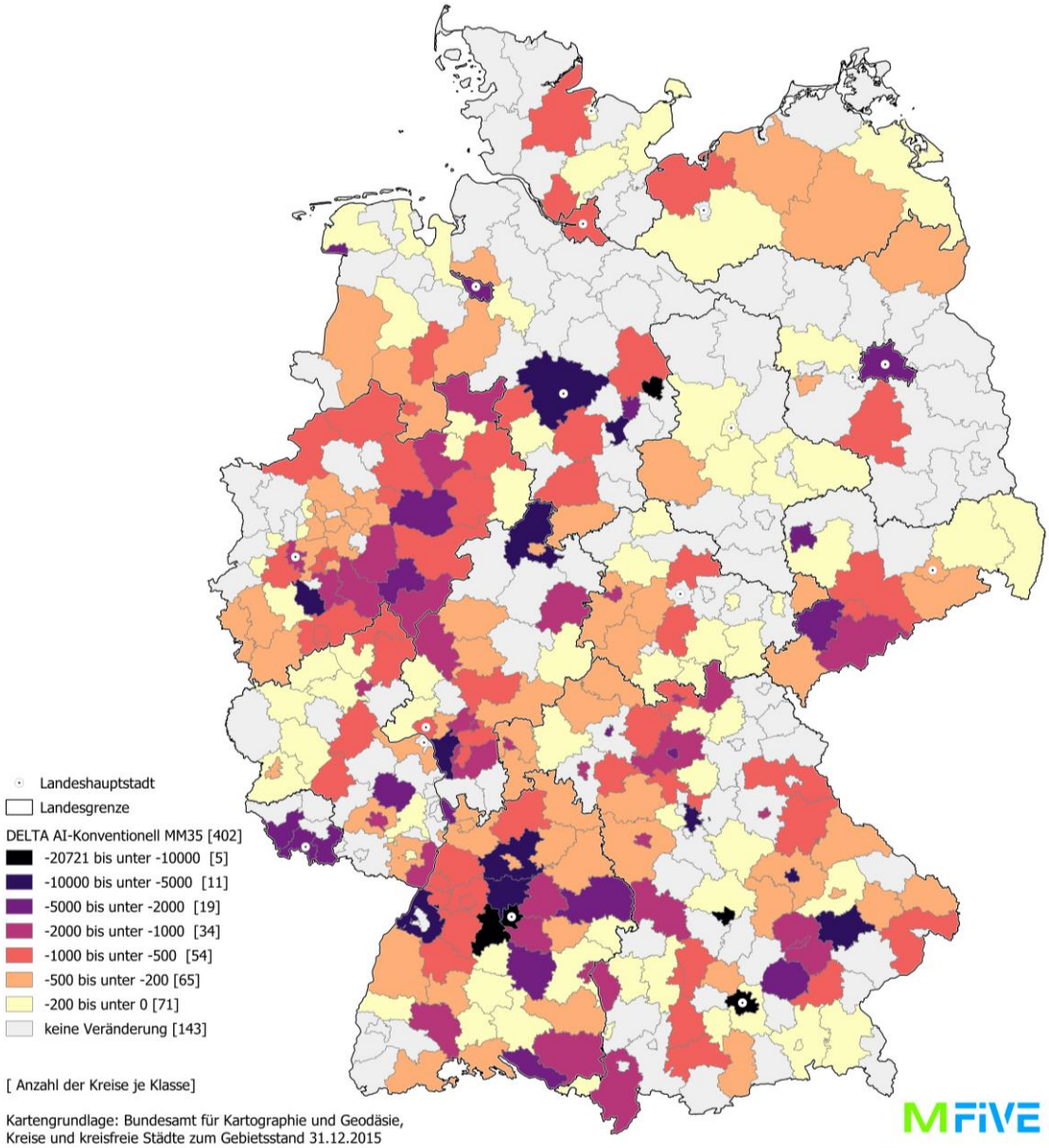


Abbildung 32: Veränderung der Beschäftigung in der Automobilindustrie bei konventionellen Komponenten und Fahrzeugmontage im Szenario Multimodalität 2035



Sonderauswertung Saarland

Eine genauere Betrachtung der drei benachbarten Kreise im Saarland Regionalverband Saarbrücken, Saarlouis und Saarpfalz-Kreis zeigt, wie komponentenspezifische Schwerpunkte die Entwicklung der Gesamtbeschäftigung in der Automobilbranche beeinflussen.

Im **Szenario ES-35** verliert der Regionalverband Saarbrücken rund 410 Beschäftigte bei der Komponente ELE, gewinnt jedoch vor allem in den Komponenten EMO (+1.550) und FAS (+1.700) viele Beschäftigte hinzu, sodass in Summe 1.330 zusätzliche Arbeitsplätze (+14 %) entstehen. Der Kreis Saarlouis verliert 660 Beschäftigte bei Komponenten des Verbrennungsmotors (ICE) und weitere 340 Beschäftigte bei der Komponente Interieur,

gewinnt jedoch immerhin 240 Beschäftigte bei der Herstellung von Komponenten für Fahrerassistenzsysteme (FAS) hinzu, sodass in Summe, unter Berücksichtigung aller Komponenten, 960 Arbeitsplätze (-11 %) entfallen.

Die AI-Beschäftigung im Saarpfalz-Kreis hingegen wird fast ausschließlich durch die Herstellung von Komponenten des Verbrennungsmotors dominiert, weshalb bei dieser Komponente wie auch bei Gesamtbetrachtung mehr als die Hälfte der Arbeitsplätze (2.090) entfallen. Bei Nettobetrachtung verlieren diese drei benachbarten Kreise zusammen 1.720 Arbeitsplätze.

Im **Szenario MM-35** gewinnt der Regionalverband Saarbrücken 960 Arbeitsplätze durch EMO-Komponenten hinzu sowie 990 weitere durch FAS, verliert jedoch 1.860 Beschäftigte im Bereich AST und weitere 950 im Bereich ELE und, sodass in Summe 1.030 Arbeitsplätze wegfallen (-11 %). Saarlouis verliert in Summe 2.890 Arbeitsplätze (-33 %). Hier stehen 140 zusätzlichen Arbeitsplätzen durch FAS rückläufige Beschäftigtenzahlen bei allen anderen Komponenten gegenüber – die meisten davon in den Bereichen INT (-920), AST (-400), GFZ (-330) und EXT (-320).

Der Saarpfalz-Kreis verliert in diesem Szenario deutlich mehr als die Hälfte der Arbeitsplätze in der Pkw-Produktion durch den Rückgang von 2.190 Beschäftigten im Bereich ICE (insgesamt -2.220 bzw. -58 %). Zusammengenommen verlieren die drei benachbarten Kreise in diesem Szenario 6.140 Arbeitsplätze in der Fahrzeugproduktion.

Im Regionalverband Saarbrücken sind zur Fortschreibung der Beschäftigten die zum Status quo Beschäftigten des Zulieferers ZF Friedrichshafen AG maßgeblich, dessen rund 7.500 Beschäftigte Komponenten des Antriebsstrangs (AST), Komponenten des E-Antriebs (EMO), Fahrzeugelektronik (ELE) und folglich auch FAS-Komponenten herstellen. Im Landkreis Saarlouis ist die Ford Werke GmbH mit rund 6.500 Beschäftigten der bedeutendste Arbeitgeber in der Automobilindustrie. Nach unserer Schätzung entfallen etwa 20 % der Belegschaft auf die Komponente Gesamtfahrzeug/Fahrzeugmontage (GFZ), weitere 20 % auf Verbrennungsmotor & Aggregate (ICE), die restliche Belegschaft verteilt sich auf konventionelle Automobil-Komponenten. Da zum Zeitpunkt der Datenerhebung keine konkreten oder geplanten Aktivitäten im Bereich der EMO-Komponenten bekannt sind, entfällt ein Großteil der Aktivitäten am Standort auf Komponenten mit einem abnehmenden Bedarf an Beschäftigten. Die Robert Bosch GmbH beschäftigt am Standort Homburg (Saarpfalz-Kreis) 4.300 Beschäftigte im Bereich der Herstellung von Komponenten des Verbrennungsmotors (ICE) und macht in diesem Kreis einen Großteil der Beschäftigten in der Automobilindustrie aus. Folglich sind hier die (anteilsmäßig) höchsten Verluste an Arbeitsplätzen infolge der sinkenden Nachfrage bei PKW insgesamt und insbesondere bei PKW mit Verbrennungsmotoren zu erwarten.

4.2 Beschäftigung in der Pkw-Nutzung

4.2.1 Handel und Vertrieb

Der Personalaufwand für den Pkw-Handel und Vertrieb entwickelt sich in Abhängigkeit zu den prognostizierten Neuzulassungen und dem Pkw-Bestand in Deutschland. Außerdem ist davon auszugehen, dass veränderte Kaufkanäle und verbesserter Informationszugang die Beratungstätigkeiten schmälern. Aktuelles Beispiel hierfür ist der Konzern VW und dessen Abkehr vom konventionellen Autohaus (ECKL-DORNA, 2018). Hintergrund ist hier, dass das konventionelle Händlernetz verkleinert werden soll und die verbleidenden Händler sich gemäß zunehmender Vernetzung und Elektromobilität anpassen. Auf regionaler Ebene wird die Beschäftigung anhand der prognostizierten Einwohnerzahlen und den Zielwerten der Pkw-Dichte im Jahr 2035 von 300 Pkw pro EW (**MM-35**) beziehungsweise 430 Pkw pro EW (**ES-35**) verteilt. Deutschlandweit verringert sich die Beschäftigung im Bereich Handel und Vertrieb von 543.400 um circa 236.000 Beschäftigte (rund 43 %) im **Szenario ES-35** und im **Szenario MM-35** um ungefähr 324.000 Beschäftigte (rund 60 %).

4.2.2 Instandhaltung und Wartung

Je höher die gefahrenen Fahrzeugkilometer umso höher ist der (Personal-) Aufwand für Instandhaltung und Wartung. Jedoch unterscheidet sich der Instandhaltungs- und Wartungsaufwand für die unterschiedlichen Fahrzeugtypen. Elektrofahrzeuge erfordern einen vergleichsweise niedrigen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, da es weniger Verschleißteile im Fahrzeug gibt. Mit zunehmendem Anteil an Elektrofahrzeugen an der Fahrzeugflotte sinkt somit die durchschnittliche Beschäftigungsintensität pro Fahrzeug und Fahrzeugkilometer. In den betrachteten Szenarien ist davon auszugehen, dass die Beschäftigung von etwa 281.700 Erwerbstätigen um ungefähr 109.000 Beschäftigte (rund 39 %) im Szenario ES-35 und im Szenario MM-35 um ungefähr 126.000 Beschäftigte (rund 45 %) abnimmt. Auf Kreisebene wird die Beschäftigung anhand der regional prognostizierten MIV-Verkehrsleistung in den Szenarien und der Verteilung der Status quo Beschäftigung im Bereich Instandhaltung und Wartung von Kraftfahrzeugen fortgeschrieben.

4.2.3 Herstellung und Betrieb der Ladeinfrastruktur

Der Wandel weg vom Verbrennungsmotor und hin zum Elektroantrieb ist nicht ohne einen adäquaten Ausbau der Ladeinfrastruktur möglich. Ohne verbesserte Reichweiten und ohne flächendeckende, harmonisierte Ladeinfrastruktur wäre es denkbar, dass trotz Kaufprämie die Absatzzahlen von BEV nicht den gewünschten Marktanteil erreichen.

Im Jahr 2015 gab es in Deutschland 5.571 öffentlich zugängliche Normalladepunkte, wobei mehr als sechs Elektrofahrzeuge auf einen Ladepunkt kamen (NPE, 2015). Zwei Jahre später waren es bereits fast doppelt so viele Normalladepunkte, jedoch auch deutlich mehr Elektrofahrzeuge (KRAFTFAHRT-BUNDESAMT, 2018; NPE, 2018). Bei 42.000 Elektrofahrzeugen und 11.000 Ladepunkten entspricht dies einer Ladepunktdichte von etwa vier BEV pro öffentlich zugänglichem Ladepunkt im Jahr 2017.

Die Nationale Plattform Elektromobilität prognostiziert für das Jahr 2020 einen Bedarf von 70.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten und 7.100 Schnellladesäulen, wobei dies am

politischen Ziel von mindestens 1 Mio. BEV bis 2020 orientiert ist. Dies würde bedeuten, dass mehr als 10 Elektrofahrzeuge auf einen öffentlich zugänglichen Ladepunkt kommen. Bei einer Anzahl von 8 Mio. (**MM-35**) beziehungsweise 17 Mio. (**ES-35**) BEV in den hier betrachteten Szenarien entspräche dies 800.000 beziehungsweise 1,7 Mio. öffentlichen Ladepunkten.

Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu fördern, beschloss die Bundesregierung 2016 die Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Mit dieser Förderrichtlinie werden zwischen 2017 und 2020 300 Mio. € Förderung für den Aufbau von Schnelllade- und Normalladestationen bereitgestellt (BMVI, 2016a).

Die durchschnittlichen Kosten für Ladepunkte schwanken abhängig von der Ladeleistung. Aktuell liegt der Investitionsbedarf zwischen 10.000 € für Ladesäulen mit einer Ladeleistung von 11 oder 22 kW[20] und 35.000 € für Ladesäulen mit 50 kW Ladeleistung. Bis zum Jahr 2020 wird ein Rückgang auf 7.500 € beziehungsweise 24.000 € pro Ladesäule prognostiziert (NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT, 2015). Dies bedeutet, dass in den betrachteten Szenarien MM-35 und ES-35 der Investitionsbedarf für 800.000 beziehungsweise 1,7 Mio. Ladepunkte ungefähr zwischen 4,5 und 10 Mrd. € liegt[21].

Informationen der Nationalen Plattform Elektromobilität zufolge ist während der Planung und des Betriebs von Ladesäulen für das Vertragsmanagement und die Abrechnung eine Beschäftigung von 0,5 bis 1 Mitarbeiter je Ladesäule notwendig. Hinzu kommen weitere Beschäftigte für die Hotline, die Wartung und das IT-System (NPE, 2015). Nach eigenen Schätzungen kann ein Mitarbeiter zwischen 50 und 100 Ladesäulen betreuen, sodass ein Beschäftigungspotential von bis zu 23.000 Beschäftigten im Szenario ES-35 beziehungsweise von 11.000 Beschäftigten im Szenario MM-35 entstehen kann.

Im Jahr 2014 waren in Deutschland etwa 84.000 Beschäftigte für den Betrieb von Tankstellen angestellt. Durch einen Rückgang der Nachfrage nach Pkw mit Verbrennungsmotor sinkt auch die Nachfrage nach den hier benötigten Treibstoffen. Dies führt jedoch nicht dazu, dass Tankstellen per se obsolet werden. Das Konzept und Angebot muss im Hinblick auf neue Antriebsarten und veränderte Aufenthaltsdauern durch entstehende Ladezeiten überdacht werden. Ein mögliches Bild der Tankstelle der Zukunft liefert eine vom ARAL beauftragte Studie (ARAL & DLR, 2018). Hier werden erweiterte Nutzungen für Tankstellen aufgezeigt und zusätzlich spezifische Entwicklungsmöglichkeiten für Stationen in städtischen und ländlichen Kreisen sowie an der Autobahn herauskristallisiert. Das Konzept sieht unter anderem Erweiterungen wie Batterieautomaten oder Mikrodepots vor. Gerade im innerstädtischen Bereich könnten sie auch als Umsteigepunkt zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln oder auch gleichartigen Fahrzeugen (beispielsweise bei Ride-Sharing) und als Service-Station für autonome Flotten genutzt werden. Inwiefern sich die Beschäftigungspotenziale in diesem Bereich entwickeln und die Beschäftigungszunahme im Bereich Ladeinfrastruktur durch Verluste bei

[20] Dies entspricht 5.000 € je Ladepunkt.

[21] Unter der Annahme, dass mindestens 10 % der Ladepunkte Schnellladesäulen sein werden und der prognostizierte Preis für Ladepunkte nach 2020 auf konstantem Niveau bleibt.

Tankstellen kompensiert wird, soll in der makroökonomischen Analyse in AP5 eingehend untersucht werden.

4.3 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im Bereich der Herstellung und Nutzung von Kraftfahrzeugen

Zusammengefasst stellen sich die untersuchten Beschäftigungsentwicklungen der Herstellung und Nutzung von Kraftfahrzeugen wie in Tabelle 8 gezeigt dar.

Tabelle 8: Beschäftigungseffekte im Bereich Kfz-Herstellung und Nutzung

Beschäftigungszweig	REF-15	ES-35	MM-35
Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge	988.800	1.030.900	766.900
Handel und Vertrieb der Fahrzeuge	543.400	306.900	219.200
Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge	281.700	172.700	155.400
Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur	116.900	144.100	129.400
SUMME	1.930.800	1.654.600	1.270.900

Quelle: M-Five, eigene Berechnungen

Die Beschäftigung im Bereich Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur bleibt in den Szenarien im Vergleich zur Referenz unverändert. Die geringere Pkw-Dichte wirkt sich unmittelbar auf die Beschäftigten im Fahrzeughandel und in der Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge aus.

In diesen Bereichen fallen die Arbeitsplatzverluste in beiden Szenarien sowohl bei absoluter als auch bei relativer Betrachtung stärker ins Gewicht als die veränderte Beschäftigung im Bereich der Fahrzeugherstellung. Ein Vergleich des Szenarios ES-35 gegenüber REF-15 zeigt: 42.000 zusätzlichen Beschäftigten (+4 %) in der Automobilindustrie und 27.000 (+23 %) im Bereich Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur stehen ein Rückgang von 236.000 Beschäftigten (-44 %) im Fahrzeughandel und weiteren 109.000 (-39 %) in der Fahrzeuginstandhaltung gegenüber, woraus sich eine Abnahme der Beschäftigung im Bereich der Kfz-Herstellung und Nutzung in Höhe von -276.000 ergibt (-14 %).

Deutlich stärker fällt dieser Rückgang im Szenario MM-35 aus, denn hier ist eine Abnahme von 660.000 Beschäftigten anzunehmen. In der Automobilindustrie finden 222.000 Personen weniger eine Beschäftigung (-22 %) im Vergleich zu REF-15, durch Fahrzeughandel sind es 324.000 (-60 %) und durch Fahrzeuginstandhaltung 127.000 (-45 %), während 13.000 zusätzliche Beschäftigte durch Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur kaum ins Gewicht fallen.

Bei stark steigender oder sinkender Nachfrage wäre im Hinblick auf die regionale Veränderung der Beschäftigung zu diskutieren, inwiefern und bei welchen Komponenten eine verringerte oder erhöhte Auslastung der Produktionskapazität plausibel erscheint oder ob auch mit der Schließung bestehender Produktionsstandorte bzw. der Gründung neuer Produktionsstätten zu rechnen ist. Letztere Maßnahme würde zu einer starken Verlagerung von Beschäftigten zwischen den Kreisen führen, was jedoch in dem gewählten Ansatz zur Modellierung nicht berücksichtigt wird.

Die Entwicklungen der Investitionen der Fahrzeugindustrie in Maschinen und Anlagen wurden im vorliegenden Arbeitspaket noch nicht betrachtet, obwohl die Automobilindustrie zu den vier größten Nachfragern nach Investitionsgütern gehört. Dies erfolgt in den Arbeitspaketen 4 und 5 dieses Projektes.

5 Räumliche Analyse der Beschäftigung in Verkehrs- und Mobilitätsdienstleistungen

5.1 Beschäftigung im öffentlichen Verkehr

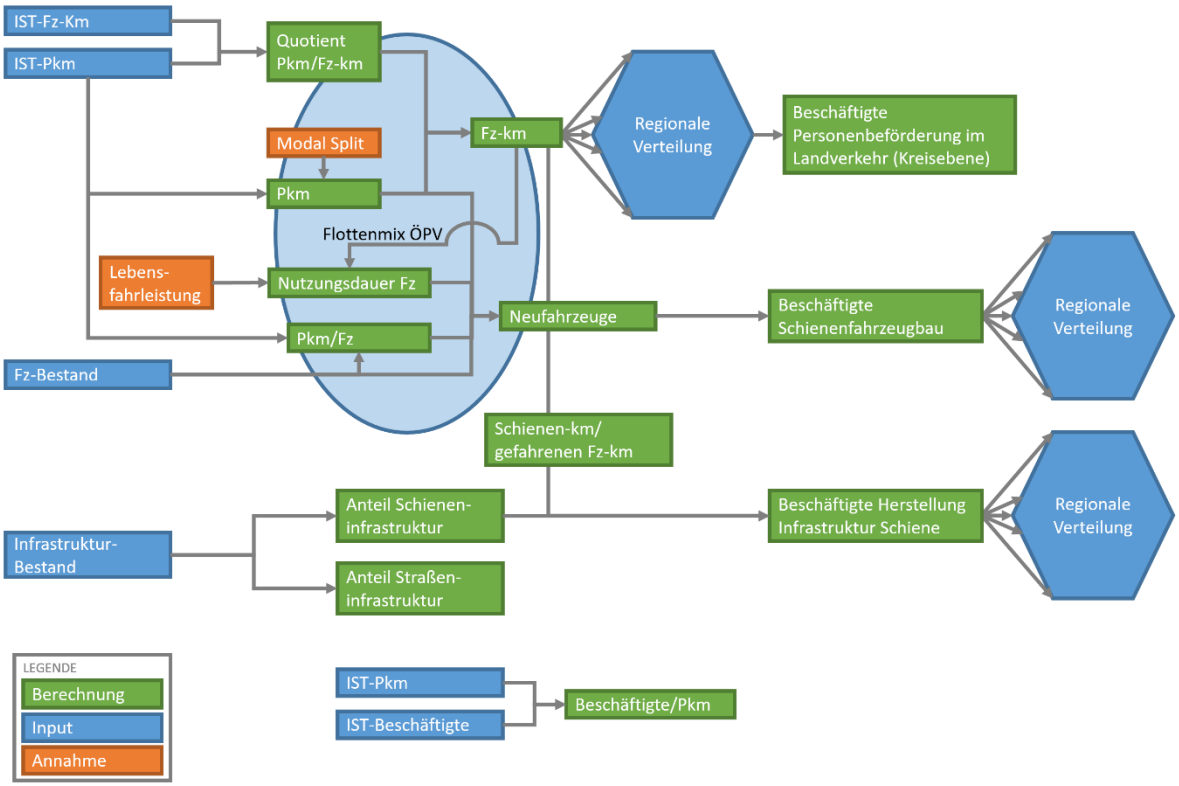
Im Bereich öffentlicher Verkehr werden die Teilbereiche Personenbeförderung, zusätzliches Potenzial durch mehr Service, Schienenfahrzeugbau und -instandhaltung und Herstellung der Schieneninfrastruktur unterschieden. Die Herstellung autonomer Shuttles (Kleinbusse) sowie die Straßeninfrastruktur werden im Bereich Pkw-Herstellung und -Nutzung mitberücksichtigt. Grundlegend für die Berechnungen ist die vereinfachende Annahme, dass die Beschäftigung überwiegend in Abhängigkeit zur Fahrleistung (kurz Fz-km) und Beförderungsleistung steht. Der genutzte Beschäftigungsquotient beinhaltet Tätigkeiten, die in ihrem Ursprung nicht in direkter Abhängigkeit zur Beförderungsleistung stehen. Das betrifft beispielsweise Tätigkeiten in der Verwaltung.

Die Art des öffentlichen Verkehrsmittels wird unterteilt in Eisenbahn-, Straßenbahn[22]- und Busverkehre sowie Taxiverkehre und den Betrieb autonomer Shuttlebusse. Es wird sowohl der Nah- als auch der Fernverkehr betrachtet.

Abbildung 33 zeigt modellhaft die Berechnung der Kennzahlen und Beschäftigungseffekte übergeordnet für die öffentlichen Verkehrsträger. Ausgangspunkt für die Berechnung der Indikatoren für 2035 ist die Verkehrsleistung je Verkehrsträger, die anhand von Modal Split Zielgrößen errechnet wurde.

[22] Inklusive U-Bahnen

Abbildung 33: Berechnungsmodell der Beschäftigung im Bereich öffentlicher Personenverkehr[23]



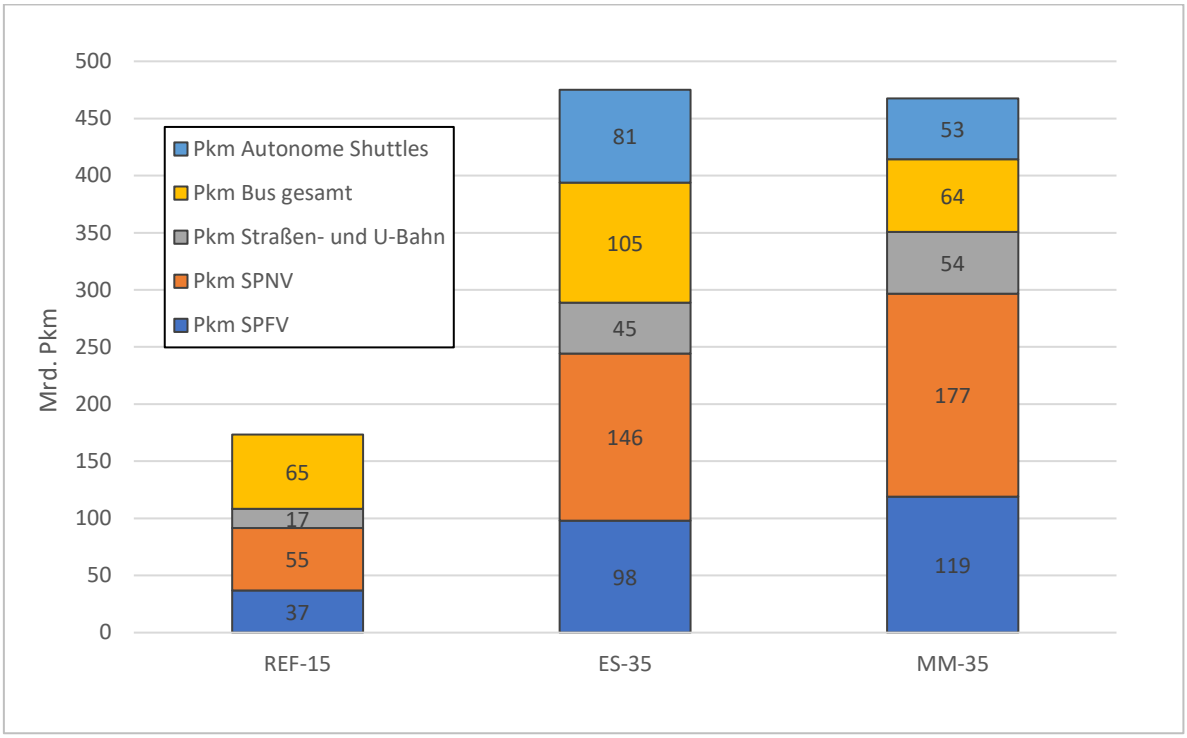
Quelle: M-Five

5.1.1 Personenbeförderung

Die Personenkilometer, welche vom öffentlichen Verkehr bewältigt werden, steigen mit zunehmendem Anteil des öffentlichen Verkehrs am Modal Split. Die Summe der Personenkilometer in den jeweiligen Szenarien wird mit Hilfe des angenommenen Modal Splits im Jahr 2035 vorausberechnet (siehe Abbildung 34). Die Umrechnung in Fz-km erfolgt anhand des Quotienten aus dem Referenzjahr mit Anpassungen passend zu Kreistypus und Szenario.

[23] IST-Fz- km auf Kreisebene aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017), IST-P km aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017), IST-Fz-Bestand aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017), Infrastrukturbestand aus (DB FERNVERKEHR AG, 2016), IST-Beschäftigung aus (BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT, 2016) und (SCHADE u. a., 2017, S. 17)

Abbildung 34: Personenkilometer mit öffentlichen Verkehrsmitteln



Quelle: M-Five

Die Aufteilung der Personenkilometer, die mit den Verkehrsmitteln im Schienenverkehr zurückgelegt werden, erfolgt analog zur Aufteilung auf die Kreise im Referenzjahr 2015. Die Verkehrsleistung mit Bussen nimmt von 65 Mrd. Pkm auf 105 Mrd. Pkm im Szenario ES-35 zu beziehungsweise 64 Mrd. Pkm im Szenario MM-35 ab. Außerdem wird im Projektionsjahr 2035 ein beachtlicher Teil der Personenkilometer mit autonomen Shuttles zurückgelegt. Autonome Shuttles sind im Vergleich zum klassischen Busverkehr individuell an den Beförderungsbedarf der Kunden angepasst. Dies bedeutet, dass autonome Shuttles an manchen Stellen ein geeigneteres Substitut für den MIV darstellen als beispielsweise klassische Linienbusverkehre. Daraus folgt die Annahme, dass bis 2035 zehn Prozent der MIV-Verkehrsleistung durch autonome Shuttles substituiert werden können.

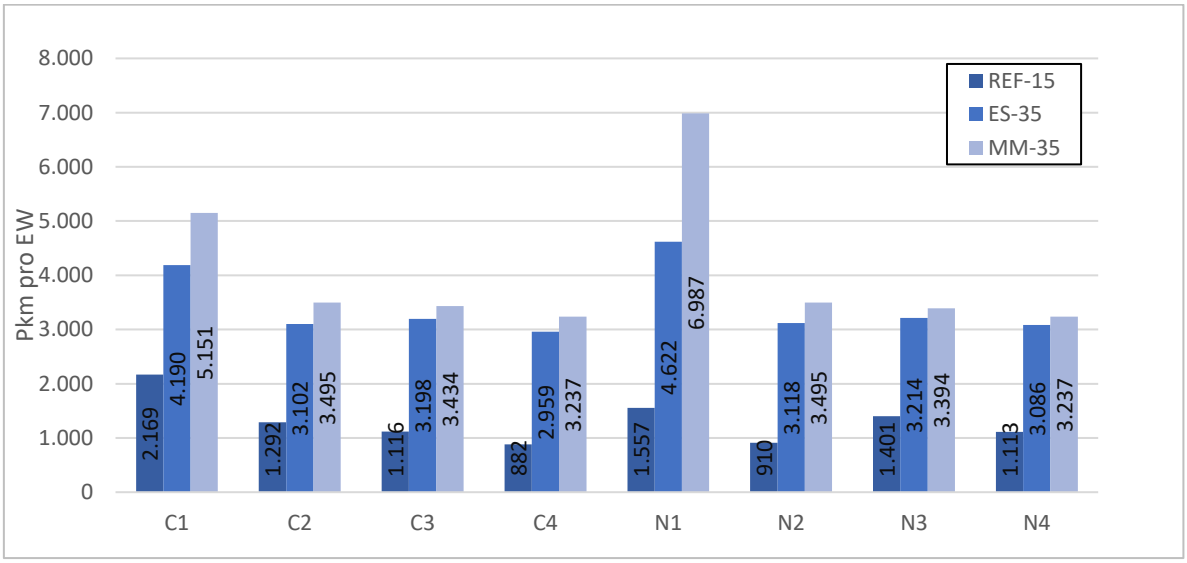
Die Veränderung der Fahrzeugkilometer bis 2035 wird auf Grundlage des Besetzungsgrads der öffentlichen Verkehrsmittel ermittelt. Der durchschnittliche Besetzungsgrad lässt sich für das Referenzjahr 2015 mit Hilfe des Quotienten aus den gesamten Fahrzeugkilometern und Personenkilometern bestimmen. Gegenwärtig wird im Eisenbahnverkehr eine Transportleistung von 115 Pkm je Fahrzeugkilometer (bzw. 115 Personen je Fahrzeug) erbracht, während es bei Straßenbahnen 56 Pkm und im Busverkehr 24 Pkm sind.

Für das Projektionsjahr unterscheiden sich die Besetzungsgrade je nach Szenario und Kreistypus. Im Szenario ES-35 steigen die Besetzungsgrade, wobei diese in kreisfreien Großstädten deutlich höher und in ländlichen Kreisen deutlich niedriger liegen als der bundesweite Durchschnitt. Im Szenario MM-35 bleiben die Besetzungsgrade weitestgehend auf gleichem Niveau wie im Jahr 2015. Dies ist durch die flächendeckende Angebotsausweitung des Schienenverkehrs in diesem Szenario bedingt. In autonom

fahrenden Shuttles werden im Szenario ES-35 vier Pkm je Fz-km und im Szenario MM-35 fünf Pkm je Fz-km zurückgelegt.

Die Verteilung der Fahrleistung der öffentlichen Verkehrsmittel auf die Kreise eines Typs erfolgt analog der Angaben des Statistischen Bundesamts zur Fahrleistung öffentlicher Verkehrsmittel im Jahr 2015 (Statistisches Bundesamt 2017). Die Berechnung der zurückgelegten Personenkilometer in einem Kreis je Verkehrsmittel erfolgt anschließend anhand der fortgeschriebenen Fahrzeugkilometer auf Kreisebene. Die Durchschnittswerte je nach Kreistypus und Verkehrsträger werden auf Grundlage des bundesweiten Durchschnitts festgelegt. Die Unterschiede der Verkehrsleistung pro EW in den unterschiedenen Kreistypen sind in Abbildung 35 für den gesamten Schienenverkehr (Nah- und Fernverkehr) und in Abbildung 36 für den gesamten Busverkehr (Busse und Shuttles) einzusehen.

Abbildung 35: Pkm pro EW und Jahr auf der Schiene in den Kreistypen[24]

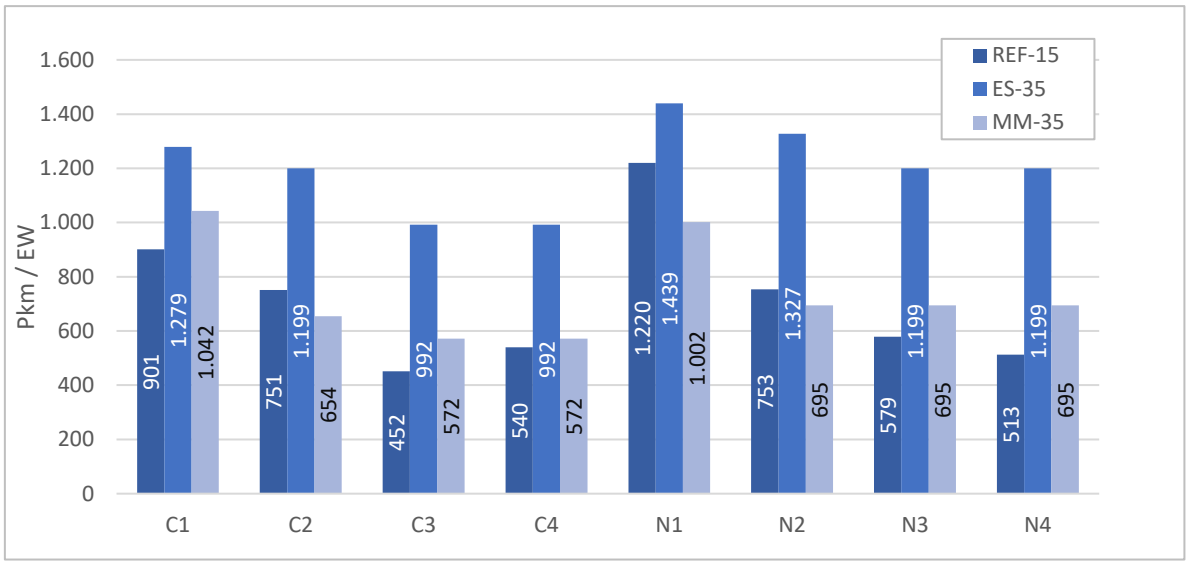


Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017)

In den kreisfreien Großstädten (Kreistypen C1 und N1, vgl. Definition der Kreistypen in Tabelle 3) werden, auch aufgrund der meist vorhandenen städtischen Schienensysteme, mehr Kilometer je EW auf der Schiene zurückgelegt. In den Szenarien nimmt beispielsweise die Kilometeranzahl pro EW in N1 überproportional zu, da wir der Annahme folgen, dass größere Städte (150.000 – 200.000 EW) ohne bestehendes städtisches Schienensystem ein solches aufbauen (siehe Kapitel 5.1.5).

[24] Definition der Kreistypen siehe Tabelle 3

Abbildung 36: Pkm pro EW und Jahr mit dem Verkehrsträger Bus in den Kreistypen[25]



Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017)

Die Beschäftigung in der Personenbeförderung lässt sich unterteilen in Beschäftigte in der Verwaltung (15 %), im technischen Dienst (22 %) und im Fahrdienst (63 %). Es wird angenommen, dass sich der Verwaltungsaufwand proportional zu den Personenkilometern entwickelt, und die Beschäftigung im technischen Dienst und dem Fahrdienst proportional zu den Fahrzeugkilometern.

Beschäftigte im Fahrdienst können durch den Einsatz eines autonom fahrenden Fahrzeugs -besonders durch die Automatisierung bestehender Großgefäße wie U-Bahn- obsolet werden. Im Busverkehr wird dies unter der Annahme autonomer Shuttle (Kleinbusse) etwas gemindert, da diese den klassischen ÖV eher ergänzen als ersetzen. Zudem fällt gerade bei autonom fahrenden Fahrzeugen im Busverkehr, ähnlich wie beim Carsharing, Mehraufwand für die Betreuung der Fahrzeuge an. Dies betrifft die Distribution der Fahrzeuge bei Wartungsbedarf, Reinigung und Pflege und die Betreuung der Buchungskanäle. Ein großer Teil dieser Aufgaben wird aktuell von den Busfahrern selbst übernommen. Außerdem ist die persönliche Kundenbetreuung an größeren Stationen sinnvoll. Gerade dann, wenn ein Großteil der Flotte fahrerlos betrieben wird. Durch diese Veränderung der Tätigkeitsfelder ergibt sich in den Szenarien für den Busverkehr eine Aufteilung gemäß Tabelle 9.

[25] Definition der Kreistypen siehe Tabelle 3.

Tabelle 9: Aufteilung der Beschäftigung im Busverkehr

Beschäftigungsfeld	REF-15	ES-35	MM-35
Fahrdienst	63 %	29 %	29 %
Technischer Dienst	22 %	36 %	35 %
Verwaltung	15 %	25 %	24 %
Service an Stationen	0 %	10 %	11 %

Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN, 2016)

Im Schienenverkehr hingegen wird der Anteil an Beschäftigten im Fahrdienst konstant gehalten, da angesichts der hohen Anzahl an beförderten Fahrgästen der Personalbedarf im Fahrzeug weiterhin auf ähnlichem Niveau bestehen bleibt. Nicht benötigte Fahrer werden durch den zusätzlichen Personalbedarf aufgrund der höheren Auslastung der Fahrzeuge kompensiert. Tabelle 10 zeigt die Verteilung der Beschäftigung der öffentlichen Schienen- und Busverkehre:

Tabelle 10: Beschäftigung in der öffentlichen Personenbeförderung nach Verkehrsmittel

Beschäftigungsfeld	REF-15	ES-35	MM-35
SPFV	19.235	41.000	66.000
SPNV	37.218	78.000	96.000
Straßen- und U-Bahn	20.572	48.000	60.000
Bus	161.794	142.000	83.000
SUMME	238.818	309.000	305.000

Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS), 2017)

Fernbusmarkt

Im Fernbusmarkt hat seit der Liberalisierung im Jahr 2013 ein rasanter Konzentrationsprozess auf einen großen und wenige kleine Anbieter stattgefunden. Heute ist das Unternehmen FlixMobility GmbH mit einem Marktanteil von fast 93 % nahezu marktbeherrschend (BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR, 2018). FlixMobility bietet Linienverkehr mit Fernbussen (FlixBus) sowie seit Kurzem mit Fernbahnen (FlixTrain) an. In der Bussparte werden jedoch keine eigenen Fahrzeuge eingesetzt, sondern Busse mit Fahrern bei Subunternehmen angemietet.[26] FlixMobility übernimmt die Aufgaben Betriebssteuerung, Fahrgastinformation, Kundenservice, Preisgestaltung, Netzplanung,

[26] Die eigenen Fahrzeuge beschränken sich auf einen einzigen Bus, der lediglich aus rechtlichen Gründen angeschafft wurde.

Kundenservice sowie das Marketing und den Vertrieb. Dazu beschäftigt das Unternehmen europaweit rund 1.200 Mitarbeiter. Die Subunternehmer bestehen aus ca. 300 mittelständischen Bus- und Zugpartnern mit zusammen etwa 7.000 Beschäftigten (HEEG, 2018). Im Juli 2018 wurden knapp 1.900 Busse eingesetzt. Dies macht insgesamt ca. 4 Beschäftigte pro Bus (ohne externe Wartungskräfte). Diese Quote konnte über stichprobenhafte Anfragen bei den Kleinanbietern bestätigt werden. Unter der Annahme, dass der Personalbedarf im Front- und Backend in Zukunft etwa gleichbleibt – d. h. ohne Autonomisierung im Fernbusverkehr, ist für das Jahr 2035 mit 3.500 bis 6.500 Beschäftigten in der deutschen Fernbusbranche zu rechnen. Da externe Wartungskräfte hierbei unberücksichtigt bleiben, stellt dieser Wert eine Untergrenze dar. Diese Beschäftigten sind teilweise in der oben ausgewiesenen Beschäftigung im Bereich Busverkehr enthalten. FlixMobility hat einen Marktanteil von über 90 % und arbeitet, wie oben beschrieben, hauptsächlich mit Subunternehmern. Da diese ihren Sitz in verschiedenen europäischen Ländern haben, lässt sich eine genaue Abgrenzung auf den deutschen Arbeitsmarkt schwer treffen. Sollte der Anteil an ausländischen Busunternehmen an der eingesetzten Flotte steigen, so sinken die Beschäftigungswirkungen in Deutschland dementsprechend.

Taximarkt

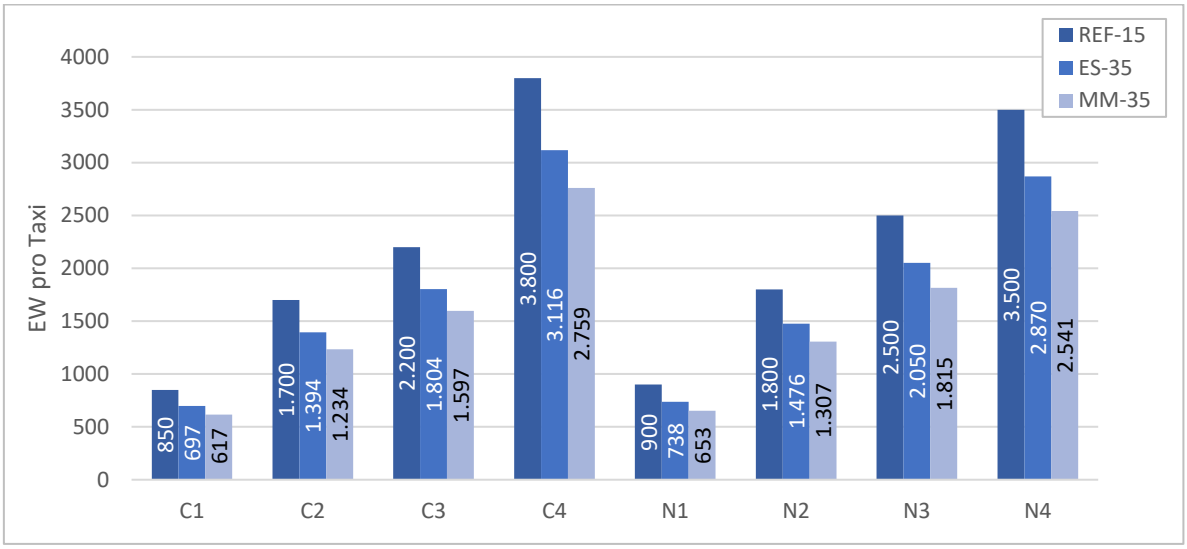
Das Vorhandensein einer Vielzahl an Mobilitätsangeboten senkt die Pkw-Besitzrate und Fahrgäste wählen ihre Verkehrsmittel flexibel und situationsangepasst anhand ihrer Bedürfnisse. Dies führt dazu, dass es zu einer erhöhten Nachfrage von Taxifahrten kommt. Durch den demographischen Wandel und die Digitalisierung des Buchungsprozesses wird dieser Effekt zusätzlich verstärkt. Das Taxi wird weiterhin privat genutzt und geteilte Fahrten werden mit autonomen Shuttles zurückgelegt. Ein Teil der Fahrleistung wird von autonomen Taxen zurückgelegt werden und ein Teil der Flotte wird weiterhin mit Fahrern betrieben. Diese sind insbesondere für Krankentransporte, Reisen mit großem Gepäck oder Reisen von körperlich eingeschränkten Personen weiterhin notwendig.

Im Jahr 2015 wurden 2,9 Milliarden Personenkilometer mit dem Taxi zurückgelegt. Bis zum Jahr 2035 wird im Szenario ES-35 von einer Steigerung auf 4 Mrd. Pkm und im Szenario MM-35 auf 4,7 Mrd. Pkm ausgegangen. Diese Erhöhung ergibt sich aus zweierlei Entwicklungen. Basierend auf der Annahme, dass ungefähr 30 % der Taxifahrleistung von autonom fahrenden Robo-Taxen erbracht wird, führt dies jedoch nur im Szenario MM-35 zu einer Erhöhung der klassischen Taxiflotte auf 61.000. Die klassische Taxiflotte wird im Szenario ES-35 durch 13.000 und im Szenario MM-35 durch 15.000 Robo-Taxen ergänzt. Der durchschnittliche Besetzungsgrad der Robo-Taxen liegt wie bei klassischen Taxifahrten bei 1,3 Fahrgästen.

Gemäß Angaben des statistischen Bundesamts waren 2015 im Taxi- und Mietwagenmarkt 109.000 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte tätig. Da der Taximarkt jedoch stark von Kleinstunternehmern geprägt ist, liegt die Zahl der insgesamt Beschäftigten deutlich höher. Im Jahr 2012 beispielsweise besaßen 72 % der Betriebe lediglich ein Taxi. Dem Geschäftsbericht des Deutschen Taxi- und Mietwagenverbandes e. V. zufolge liegt die Zahl der Beschäftigten bei 200.000.

Die Beschäftigung verteilt sich in den Kreistypen differenziert. In kreisfreien Großstädten beispielsweise ist die Taxi-Dichte deutlich höher als im bundesweiten Durchschnitt. Die Verteilung der Taxi-Dichte ist in Abbildung 37 dargestellt.

Abbildung 37: EW pro Taxi in den Kreistypen[27] differenziert nach Szenario



Quelle: M-Five, eigene Berechnung

Trotz der zunehmenden Nachfrage nach Taxiverkehren kommt es im klassischen Taxigeschäft bis 2035 zu keiner Beschäftigungszunahme. Digitalisierungsprozesse verringern den Beschäftigungsaufwand pro betriebenem Taxi, was bis zum Jahr 2035 zu einem Beschäftigungsrückgang auf 162.000 im Szenario ES-35 und auf 186.000 im Szenario MM-35 führt.

Hinzu kommen für den Betrieb der Robo-Taxen 13.000 Beschäftigte im Szenario ES-35 beziehungsweise 15.000 Beschäftigte im Szenario MM-35. Die Beschäftigung fällt für die Verwaltung der Fahrzeuge, die Wartung und Instandhaltung sowie die Reinigung der Fahrzeuge an. Pro Fahrzeug wird von einer Beschäftigungswirkung von ungefähr 0,15 Personen (Vollzeitäquivalenten) ausgegangen. Insgesamt führt dies zu folgender Beschäftigungsverteilung:

Tabelle 11: Beschäftigte im Taximarkt

Beschäftigungsfeld	REF-15	ES-35	MM-35
Klassischer Taximarkt	199.520	162.000	186.000
Robo-Taxen	0	13.000	15.000
Gesamtbeschäftigung	199.520	175.000	201.000

Quelle: M-Five mit Basisdaten aus (DEUTSCHER TAXI- UND MIETWAGENVERBAND E.V., 2017)

[27] Definition der Kreistypen siehe Tabelle 3

Betrieb autonomer Shuttlebusse

Nach derzeitigem Stand (Oktober 2018) bestehen nur wenige Beispiele für einen Regelbetrieb autonomer Shuttlebusse und diesbezügliche Personalbedarfe. Die Abschätzung des zukünftigen Beschäftigungspotenziales hinsichtlich autonomer Shuttlebusse kann daher kaum auf Bestandsdaten zurückgreifen. Im Folgenden wird dennoch auf zwei Wegen eine näherungsweise Abschätzung vorgenommen:

- Einerseits wurde ein *Testfeld des autonomen Fahrens* mit einem Einzelfahrzeug herangezogen, um anhand dieser „Miniatur" die Personalbedarfe pro Shuttlebus bzw. pro Leitwarte nach aktuellem Stand zu ermitteln.
- Andererseits wurden qualitative Vergleiche mit heutigen *Einsatzfeldern im ÖPNV* angestellt, um erste Eindrücke von möglichen Synergien – oder auch Mehraufwänden – zu gewinnen.

Beide Wege haben eingeschränkte Aussagekraft: Testfelder geben aufgrund ihrer frühen Entwicklung und geringen Fahrzeugzahl nur wenige Hinweise auf Mengeneffekte und Umfeldfaktoren, z. B. zur Überwachung einer Vielzahl von Shuttles aus einer Leitwarte. Heutige Einsatzfelder erlauben hingegen kaum Aussagen über Beschäftigungseffekte durch die technologische Qualität der Shuttleangebote, insbesondere solche, die mit dem autonomen Fahren zusammenhängen. Um einerseits Mengeneffekte und Umfeldfaktoren zu berücksichtigen, andererseits aber auch Technologiepotenziale nicht zu vernachlässigen, wurden nachfolgend beide Abschätzungswege zusammen angewendet. Zusätzlich flossen Hinweise aus dem Projektbeirat ein.

Auf halböffentlichen Arealen, wie z. B. dem EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg, wurden erste Teststrecken für autonome Shuttlebusse errichtet. Auf dem EUREF-Campus wird seit dem Jahresende 2016 eine ca. 800 Meter lange Route mit einem Shuttlebus und mehrere Haltestellen betrieben. Aus rechtlichen und sicherheitstechnischen Gründen finden die Fahrten unter Begleitung von Personal statt, das im Bedarfsfall eingreift und die manuelle Steuerung übernimmt. Zur Versuchsanordnung zählt auch eine eigene Leitwarte, die an Werktagen innerhalb der Betriebszeiten besetzt ist. Das Team, das derzeit zum Betrieb des Shuttlebusses eingesetzt wird, besteht überwiegend aus studentischen Mitarbeitern, die für das Shuttle geschult wurden und durch Führungs- und Fachkräfte unterstützt werden (HUNSICKER u. a., 2017).

Für die beiden Szenarien *ES-35* und *MM-35* wurde davon ausgegangen, dass der Betrieb autonomer Shuttle in der Regel rund um die Uhr stattfindet, da sich so der fahrerlose Betrieb optimal in Komfortgewinn umsetzen lässt. Begleitpersonen in den Shuttles selbst sind längerfristig nicht mehr erforderlich, da zukünftige Fahrten, so die Annahme, rechtlich fahrerlos zulässig sind und im Normalfall keine Ereignisse mehr auftreten, die manuelle Eingriffe erforderlich machen. Die gegenwärtig noch eingeschränkte Zuverlässigkeit des fahrerlosen Betriebs lässt aber vermuten, dass es eine Übergangszeit geben wird, in der die Shuttlebusse in geschützten Arealen fahren. Diese Areale werden sich voraussichtlich daran bemessen lassen, dass die fehlende Sicherheit weitestgehend durch infrastrukturelle Maßnahmen kompensiert werden, z. B. getrennte Fahrbahnen oder externe Sensoren am Fahrbahnrand.

Auch in Zukunft werden jedoch Personen erforderlich sein, die Fahrgäste über Störungen im Betriebsablauf informieren, Anfragen entgegennehmen und die allgemeine Sicherheit gewährleisten. Besonders in der Einführungsphase autonomer Shuttledienste ist mit einem erhöhten Informationsbedürfnis der Fahrgäste zu rechnen. Da die soziale Autorität der Fahrer entfällt, liegt es zudem nahe, dass der Schutz vor Kriminalität und Vandalismus durch zentrale Überwachungssysteme sichergestellt werden muss.

Massive Störfälle (Havarien), die den autonomen Fahrbetrieb behindern, werden durch Außendienstmitarbeiter behoben, die bei Bedarf zum Ort der Betriebsbeeinträchtigung dirigiert werden. Für diese Aufgaben werden Leitwarten erforderlich, wie sie grundsätzlich auch schon im heutigen ÖPNV existieren. Die besonderen Sicherheitsanforderungen autonomer Fahrzeuge können es allerdings erforderlich machen, die Leitwarten noch stärker als heute gegen äußere Störungen (z. B. Hackerangriffe) abzuschotten. Gleichzeitig müssen aber auch Kommunikationskanäle bestehen, die extrem offen und vielfältig sind, so dass Menschen mit Unsicherheiten gegenüber fahrerlosen Angeboten schnell geholfen werden kann. Daher können unterschiedliche Formen von Leitwarten – geschützte Sicherheitszentralen einerseits, offene Kommunikationszentren andererseits – erforderlich werden.

Insgesamt ist mit einer komplexen Gemengelage an Überwachungs- und Informationsaufgaben zu rechnen. Hinzukommen die Wartung und Pflege der Fahrzeuge: Aufgaben die heute zumindest in Anteilen durch das Fahrpersonal miterledigt oder weitergegeben werden. Es ist daher nicht gesagt, dass durch den Einsatz autonomer Shuttlebusse per se Beschäftige abgebaut werden.

Shuttlebusse, wie sie heute erprobt werden, eignen sich alleine schon von ihrer geringen Größe nicht für eine Substitution des fahrergestützten ÖPNV, da dadurch mit erheblichem Mehrverkehr zu rechnen wäre. Vielmehr ist von einem ergänzenden Einsatz in Form der Feinanbindung und -erschließung durch Stichstrecken bzw. lokale Rundkurse auszugehen. Dieser Gedanke liegt auch den beiden Szenarien zugrunde, die im Folgenden quantifiziert werden.

Unter der Annahme, dass zukünftig keine ständige Personalbegleitung mehr notwendig ist, dafür aber umfangreiche Informations- und Überwachungsaufgaben anfallen, entsteht somit ein neues Beschäftigungspotenzial, auch wenn pro Shuttlebus kein Fahrerbedarf mehr besteht: Der Personalbedarf lässt sich hinsichtlich der Beschäftigten pro Leitwarte und pro Shuttlebus differenzieren.

- *Pro Leitwarte*: Für einen Betrieb „rund um die Uhr“ muss sichergestellt sein, dass jede Leitwarte durchgehend von mehreren Personen besetzt ist, damit mindestens eine Person zur etwaigen Störfallbeseitigung ausrücken kann und die Leitwarte dennoch weiter besetzt ist. Unter Berücksichtigung von Nacht- und Wochenendschichten sowie Urlaubs- und Krankheitszeiten ist pro durchgehender Schichtbesetzung von mindestens 5 Personen auszugehen. Zur Sicherheit sollten die Leitwarten aber mindestens doppelt besetzt sein. Gleiches gilt für das Störfallpersonal, das stets einsatzbereit sein sollte und bei Bedarf auch mehrere Störfälle gleichzeitig bewältigen muss. Für die Szenarien verdoppeln wir daher

jeweils die Personalbedarfe, sodass pro Leitwarte jeweils 10 Personen Kontrollpersonal und 10 Personen Störfallpersonal (Einsatzkräfte) veranschlagt werden.

- *Pro Shuttlebus*: Es bleibt weiterhin Beschäftigungspotenzial in den Bereichen Wartung / Instandhaltung und Reinigung / Pflege. Auf Basis einer Befragung des Berliner Shuttle-Teams vom EUREF-Campus und den Rückmeldungen aus dem Projektbeirat gehen wir bei einem 24/7-Vollzeitbetrieb von einem Personalbedarf von durchschnittlich 0,3 Vollzeitäquivalenten pro Shuttlebus für die Wartung und Instandhaltung aus. Da dies von den Beschäftigten aller Voraussicht nach zusätzliches Know-how erfordert, sind entweder Neueinstellungen oder umfangreiche Weiterbildungen des vorhandenen Wartungspersonals notwendig. Für die Reinigung und Pflege setzen wir im Schnitt 0,15 Vollzeitäquivalente pro Shuttlebus an. Aus dem fahrerlosen Betrieb erwachsen auch in diesem Bereich neue Herausforderungen: Aufgrund des Wegfalls der direkten sozialen Kontrolle durch die Fahrerin oder den Fahrer kann es unter Umständen in erhöhtem Maße zu Verschmutzungen und Vandalismus kommen. Damit dieser Effekt nicht um sich greift, kann ggf. die schnelle Beseitigung etwaiger Verunreinigungen und Schäden notwendig werden. Neben der Innenreinigung ist zudem die Außenreinigung von Bedeutung, um die Sensorik stets in einwandfreiem Zustand zu halten.

In Tabelle 12 sind die Personalbedarfe für die genannten Beschäftigungsfelder zusammengefasst. Die Quantifizierung bezieht sich auf den Betrieb der Shuttlebusse im engeren Sinne. Effekte durch Forschung, Fertigung und Entwicklung – inkl. Softwareentwicklung – sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 12: Beschäftigungspotenzial für den Betrieb autonomer Shuttlebusse

Beschäftigungsfeld	ES-35		MM-35	
	absolut	**in Prozent**	**absolut**	**in Prozent**
Kontrollpersonal in den Leitwarten	15.000	19	8.000	19
Störfallpersonal in den Leitwarten	15.000		8.000	
Wartungspersonal für die Shuttles	87.300	81	45.600	81
Reinigungspersonal für die Shuttles	43.650		22.800	
GESAMT	**160.950**	**100**	**84.400**	**100**

Quelle: eigene Schätzungen und Berechnungen auf Interviewbasis

Der Unterschied in den Gesamtsummen der Beschäftigten ist überwiegend darauf zurückzuführen, dass für die beiden Szenarien mit unterschiedlichen Flottengrößen gerechnet wurde: die Fahrzeugzahl beträgt knapp 300.000 Shuttlebusse im Szenario ES-35 und gut 150.000 Shuttlebusse im Szenario MM-35. Im letzteren Szenario führt die Dominanz des Schienenpersonenverkehrs zu einem geringeren Bedarf an autonomen Shuttlebussen

auf der Straße. Wie die Prozentangaben in Tabelle 12 zeigen, liegt der Personalbedarf in beiden Szenarien deutlich auf Seiten des Wartungs- und Reinigungspersonals (gut 80 %) und damit nicht im eigentlich operativen Betrieb (knapp 20 %).

Die obere Potenzialabschätzung geht von 1.500 (ES-35) bzw. 800 (MM-35) Leitwarten aus. In Verbindung mit den zugrunde gelegten Flottengrößen ergibt sich daraus eine durchschnittliche Flotte von knapp 200 Shuttlebussen pro Leitwarte. Dieses Verhältnis unterstreicht noch einmal die möglichen Effizienzgewinne durch die Zentralisierung des Betriebs. Sollte sich diese operative Bündelung jedoch technisch als zu unsicher erweisen und autonome Shuttle noch länger auf kleinteiligen Arealen fahren, könnte die Anzahl der Leitwarten und damit auch die Zahl der Kontroll- und Störfallkräfte höher ausfallen.

On-Demand-Shuttlesysteme (Ridepooling)

Personenbeförderung mit Kleinbussen und bedarfsgerechter Bedienung erlebt in Großstädten gegenwärtig einen Boom. Vom herkömmlichen Bedarfsverkehr im ÖPNV (z. B. mit Rufbussen) unterscheiden sich die Angebote durch ihre dynamische Routenplanung: Je nach Fahrtwünschen und Fahrgastzahlen werden mehrere Personen gleichzeitig auf einer Route zu unterschiedlichen Zielen befördert. Damit soll die Flexibilität von Taxis mit der Effizienz des ÖPNV kombiniert werden. Die Shuttles fahren nicht nach festem Fahrplan. Feste Haltestellen werden teilweise durch „virtuelle“ Haltepunkte ergänzt bzw. ersetzt. Die Buchung erfolgt per Smartphone-App. Ridepooling steht international im Verdacht, den Nahverkehr zu „kannibalisieren“, indem ÖPNV-Fahrten ersetzt werden (HERMINGHAUS & REUNING, 2018). Hierzulande sind jedoch oft ÖV-Betriebe beteiligt und für kommerzielle Angebote sind Genehmigungen erforderlich. Dabei sind verschiedene Varianten möglich: 1) Sondergenehmigung nach PBefG, 2) reguläre Genehmigung nach PBefG und 3) Angebot zum Selbstkostenpreis oder darunter (nicht genehmigungspflichtig). Die erste Variante bezieht sich auf die sogenannte Experimentierklausel, mittels welcher neue Angebote befristet getestet werden können. Hiervon machen mehre Projekte Gebrauch (z. B. *Clever Shuttle*, *MOIA Shuttle* in Hannover). Andere nutzen die zweite Variante, sind enger in den Nahverkehr integriert oder wurden von ihm initiiert (z. B. *ioki*, *SSB flex*). Die dritte Variante findet meist nur übergangsweise Anwendung, da sich damit keine gewinnbringenden Geschäftsmodelle realisieren lassen (z. B. *Allygator Shuttle,* anfangs *MOIA Shuttle*). Insgesamt sind die Systeme noch Nischenangebote mit ca. 260 eingesetzten Shuttle im August 2018 (siehe Tabelle 13).

Die Bediengebiete haben meist innen- bzw. kleinstädtische Größe (im Schnitt ca. 87 km^2, entspricht etwa der Fläche Würzburgs). Die eingesetzten Fahrzeuge sind meist klein und erreichen kaum die Größe von Minibussen (im Schnitt ca. 6 Fahrgastplätze). Das Potenzial zur Reduktion privater Pkw-Fahrten ist jedoch beträchtlich. Eine Simulation für Hamburg zeigt, dass sich etwa eine Viertelmillion zugelassener Fahrzeuge in der Hansestadt durch ein haltestellenbasiertes System aus 22.000 Shuttles ersetzen ließen. Dabei würde der Zeitverlust durch Stau und Parkplatzsuche von durchschnittlich 13 auf 9 Minuten pro Fahrt sinken. Der Pooling-Effekt könnte die gefahrenen Kilometer und die Gesamtkosten pro Kilometer um jeweils ca. 60 % reduzieren (HUß u. a., 2016). Simulationen für Lissabon und

Helsinki bestätigen das hohe Verlagerungs- und Einsparpotential durch Ridepooling in Verbindung mit weiteren Sharing-Formen und automatisiertem Fahren (INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM, 2015, 2017). Eine Erfolgsbedingung ist aber die koordinierte Integration in den ÖPNV zur Vermeidung von „Kannibalisierung“ sowie die Bevorrechtigung von Alternativen zum MIV. On-Demand-Systeme sind ein Schritt in Richtung automatisierter Shuttleservices, von denen sowohl im ES-35- als auch im MM-35-Szenario eine nennenswerte Verbreitung erwartet wird. Da zunächst noch Fahrer (mit P-Schein) erforderlich sind und zahlreiche Tests der IT-Systeme anstehen, ist zumindest bis 2025 von einem zusätzlichen Beschäftigungseffekt auszugehen. Wie groß dieser ausfällt, lässt sich noch nicht quantifizieren. Er hängt u. a. vom Wachstum der Flotten, der Fahrzeugtypen und der Anzahl der relevanten Software-Unternehmen aus Deutschland ab. In der Mehrzahl der untersuchten Beispiele stammen die eingesetzten Fahrzeuge von deutschen Herstellern (Daimler, VW, BMW). Da auch hier ein Trend zur Elektromobilität erkennbar ist, wird die zukünftige Shuttle-Herkunft vom Angebot elektrischer Kleinbusse aus Deutschland abhängen.

Tabelle 13 fasst die wesentlichen On-Demand-Shuttlesysteme mit Stand 2018 zusammen. *BVG Berlkönig* (Berlin) und *MOIA Shuttle* (Hamburg) waren zum Erhebungszeitpunkt noch nicht gestartet. Das zu diesem Zeitpunkt fahrzeugreichste aktive Angebot war *Clever Shuttle* mit insgesamt 120 Fahrzeugen in Berlin, Hamburg, Leipzig, München und Stuttgart. Der Betreiber GHT Mobility GmbH beschäftigte im August 2018 insgesamt 75 Mitarbeiter im „Overhead“ (Organisation) sowie rund 300 Fahrer an den fünf Standorten.[28] Ende 2018 kamen noch Dresden und Frankfurt am Main (Betatest) hinzu. Dies ist eine deutliche Steigerung gegenüber 2017, als die Anzahl der Beschäftigten insgesamt bei 230 Personen lag (GHT MOBILITY GMBH, 2018).

[28] Auskunft der GHT Mobility GmbH vom 27. August 2018.

Tabelle 13: Ausgewählte On-Demand-Shuttlesysteme

Pilot-projekte	Start	Fahr-zeuge	Fahrzeugtyp / Hersteller	Motor	Fahr-gäste	Stadt / Fläche Bediengebiet	Koop.partner / Gesellschafter
Allygator Shuttle	Aug. 2016	25	BMW i3, Daimler, VW	Otto / Diesel, Elektro	3 – 6	Berlin ca. 70 km²	Door2Door, ADAC
BVG[29] Berlkönig	offen	50 (gepl.)	Mercedes Vito, V- & B-Klassen	Diesel	3 – 6	Berlin, ca. 70 km² (gepl.)	BVG, Via Van
Clever Shuttle	Sept. 2016[30]	120	Nissan Leaf, Toyota Mirai	Elektro / H_2	3	7 Städte, insg.°959 km²	DB[31], Daimler u. a.
DVG myBUS	Sept. 2017	5	Mercedes Vito	Diesel	5	Duisburg ca. 47 km²	Door2Door, DVG[32]
EcoBus	Juni 2018[33]	5	Mercedes Sprinter	Otto / Diesel	ca. 9	Bad Ganders-heim ca. 90 km²	MPIDS[34], ZVSN[35]
freYfahrt	Aug. 2018	2	Ford Tourneo	Diesel	8	Freyung 48 km²	Door2Door, Prager Reisen
ioki Shuttle	Juli 2018	10	London EV Company	Elektro	5	Hamburg 14 km²	DB, VHH[36]
LÜMO	März 2018+	4	Nissan eNV200, Renault Zoe, VW eGolf / GTE	Elektro / Hybrid	3 – 6	Lübeck ca. 10 km²	Clever Shuttle, SL[37]
MOIA Shuttle	Juli 2018[38]	55	VW T6	Benziner	5	Hannover ca. 90 km²	VW
MOIA Shuttle	April 2019 (gepl.)	Ca. 100 (gepl.)	E-Kleinbusse Typ VW Crafter	Elektro	6	Hamburg ca. 300 km² (gepl.)	VW, HH[39]
MVG[40] IsarTiger	Juni 2018	20	VW Caddy, eGolf, BMWi3	Erdgas, Elektro	3 – 6	München ca. 30 km²	Door2Door, MVG
Netliner	Dez. 2016	3	Mercedes-Sprinter	Otto / Diesel	10	Monschau ca. 90 km²	ASEAG[41], KBE Drive[42]
SSB[43] Flex	Juni 2018	10	Mercedes V- & B-Klassen	Otto / Diesel	3 – 5	Stuttgart ca. 30 km²	SSB, Daimler / moovel
Wittlich Shuttle	Mai 2018	2	Mercedes-Benz V-Klassen	Otto / Diesel	5	Wittlich ca. 50 km²	DB
		∑ 411			⌀ ca. 6	∑ 1.898 km² ⌀ ca. 95 km²	

Quelle: Recherche M-Five, Webseiten der Anbieter und Betreiber, Stand 2018

[29] *BVG: Berliner Verkehrsbetriebe (ehemals Berliner Verkehrs-Aktiengesellschaft)*
[30] Start in Berlin
[31] *DB: Deutsche Bahn AG*
[32] *DVG: Duisburger Verkehrsgesellschaft*
[33] Start im Pilotbetrieb
[34] *MPIDS: Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation*
[35] *ZVSN: Zweckverband Verkehrsverbund Süd-Niedersachsen*
[36] *VHH: Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein*
[37] *SL: Stadtwerke Lübeck*
[38] Start im Regelbetrieb
[39] *HH: Hamburger Hochbahn*
[40] MVG: Münchener Verkehrsgesellschaft
[41] ASEAG: Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG
[42] KBE: Kleinbus Eifel
[43] SSB: Stuttgarter Straßenbahnen

5.1.2 Zusätzliche Beschäftigungspotenziale durch Servicekultur und -infrastruktur im öffentlichen Personenverkehr

Bahnhöfe galten einst als „Kathedralen der Mobilität“. Sie hatten zahlreiche Funktionen, auch solche, die nur indirekt mit der eigentlichen Zugabfertigung in Verbindung standen: etwa die Gepäckaufgabe, Wartesäle, Fahrkartenausgabe, Büros und Dienstwohnungen für Bahnbeamte, Stellwerke etc. Nur ein Teil dieser Funktionen ist bis heute erhalten geblieben. Insbesondere die Hauptbahnhöfe großer Städte haben sich stattdessen zu Einkaufszentren mit Einzelhandel, Gastronomie, Parkgaragen uvm. entwickelt. Hier wurden die klassischen Beschäftigungsfelder teilweise durch neue ersetzt. Aller Voraussicht nach bleiben diese Standorte auch zukünftig attraktive Innenstadtlagen, bei denen der ÖV als Beschäftigungsmotor wirken kann. In den Bahnhofskategorien der Deutschen Bahn fallen diese Bahnhöfe vorwiegend in die höchstentwickelten Kategorien 1 und 2 (siehe Tabelle 14). Diesen beiden Kategorien gehören jedoch nur ca. 2 % der knapp 5.400 Bahnhöfe in Deutschland an (DB STATION&SERVICE AG, 2018).

Tabelle 14: Bahnhofskategorien: Verteilung und Personalbesetzung 2018

Kategorie	Anzahl	Anteil (%)	Bezeichnung	Servicepersonal
1	21	0,39	Fernverkehrsknoten	standardmäßig ja
2	87	1,62	Fernverkehrssystemhalt	standardmäßig ja
3	260	4,84	Nahverkehrsknoten / Fernverkehrshalt	standardmäßig ja
4	628	11,70	frequentierter Nahverkehrssystemhalt	teilweise
5	973	18,13	Nahverkehrssystemhalt	teilweise
6	2514	46,84	Nahverkehrshalt	in der Regel nein
7	884	16,47	Oft sog. „Landhalte“	in der Regel nein
GESAMT	5.367	100,00		

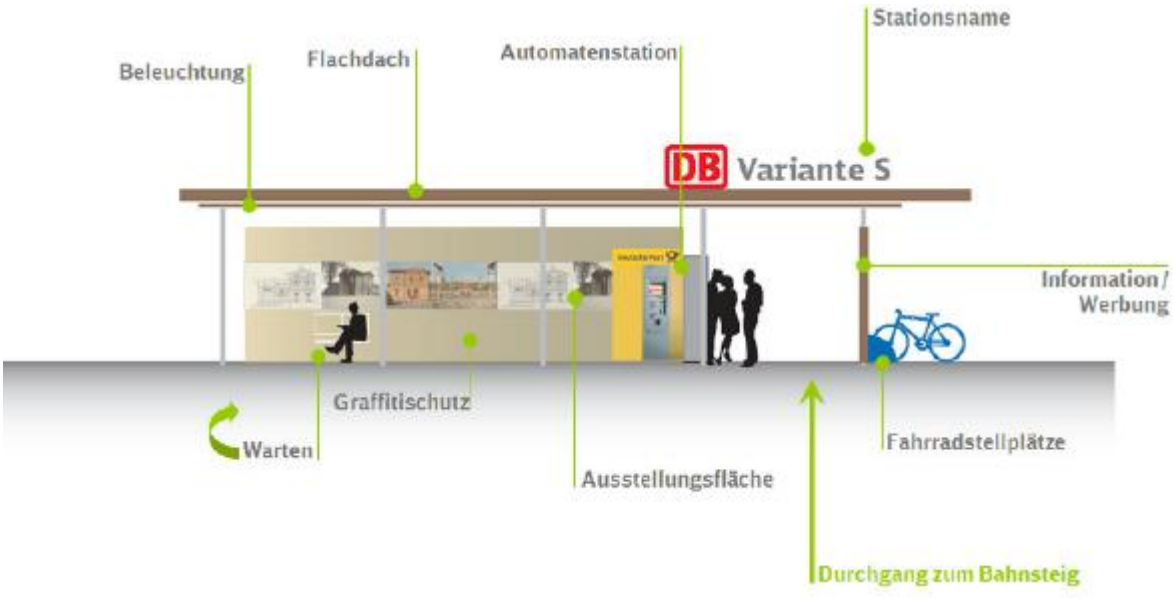
Quelle: DB Station&Service AG 2018; Lehmann 2011: 30 ff.

Die weit überwiegende Mehrzahl der deutschen Bahnhöfe sind aus Betreibersicht von minderer Priorität, besitzen aus kommunaler Perspektive und Nutzersicht aber gleichwohl beträchtliche strukturelle Bedeutung. Bahnhöfe gelten neben Rathäusern und Sakralbauten als zentrale Identifikationsmerkmale von Gemeinden. Sie zeigen einen gewachsenen Kristallisationspunkt an und sind traditionelle Orte des gesellschaftlichen Lebens im öffentlichen Raum. Etwa die Hälfte aller Reisenden passiert auf ihrem Weg mittlere bis kleine Bahnhöfe der Kategorien 3 bis 5 (LEHMANN, 2011). Hierin liegt ein besonderes Beschäftigungspotenzial, das auch dann noch nennenswert bleibt, wenn die niedrigste Kategorie (7), die etwa einer Bushaltestelle entspricht, aufgrund ihres geringen Potenzials außeracht gelassen wird. Es sind vor allem die ca. 1.600 Bahnhöfe der Kategorien 4 und 5, die häufig schwer zu bewirtschaften sind. Da die Standards der DB für diese Kategorien im Regelfall kein Servicepersonal vorsehen, sind verbliebene Stellen oft von Einsparungen

betroffen (ebd. 61). Dies betrifft insbesondere die Empfangsgebäude, die förderpolitisch von der eigentlichen „Verkehrsstation“ (Gleise, Bahnsteige etc.) getrennt behandelt werden. Die Politik ging in den 1990er Jahre davon aus, dass sich die Empfangsgebäude über Mieteinnahmen selbsttragend bewirtschaften lassen. Die Gleise und Bahnsteige waren daher förderfähig, die angrenzenden Empfangsgebäude aber zumeist nicht (ebd. 93). Die Folge sind vielerorts vernachlässigte Bahnhofsgebäude, die den „Hygienefaktoren“ *Service*, *Sicherheit* und *Sauberkeit* – Basis jeden erfolgreichen Bahnhofsbetriebs – nicht genügen. Nutzerbefragungen zeigen, dass sich diese Basisfaktoren am akzeptabelsten und wahrnehmbarsten durch Personal erzielen lassen (ebd. 58, 61, 75). Das heißt, gegenüber dem personalbesetzten *Infopoint*, der *Security* und dem *Facility Management* sind Automaten, Notrufsäulen und Hinweisschilder nur von begrenzter Wirkung. Für die vielen kleinen und mittleren Bahnhöfe ist dies aber wirtschaftlich oft nicht darstellbar: mangels Reisenden-Frequentierung sind die Fixkosten (Miete, Personal, Energie) gegenüber den erzielbaren Einnahmen unverhältnismäßig hoch.

Der Architekt und Stadtplaner Tim Lehmann entwickelte daher ein modulares *Entrée*-System. Da seine Umsetzung als Bestandteil des Szenarios *MM-35* gut vorstellbar ist, wird es im Folgenden hinsichtlich seiner beschäftigungsrelevanten Implikationen kurz vorgestellt. Unter dem *Entrée*[44] ist ein überdachter Pavillon zu verstehen (siehe Abbildung 38). Er umfasst die üblichen Bahnhofsangebote wie Information, Fahrkartenverkauf, Schließfächer, Fahrradstellplätze usw. Durch die standardisierten Module, situationsgerechte Dimensionierung sowie ein effizientes Personal- und Franchisekonzept soll das System kleinen und mittleren Bahnhöfen ermöglichen, einen personellen Betrieb zu sichern bzw. zu reaktivieren.

Abbildung 38: Schematische Gestaltung des modularen Entrée-Systems der Größenvariante „small“



Quelle: Lehmann 2011: 133 / Bahnhofsagentur

[44] *Entrée* (franz. „Eingang“) steht für den Eingangsbereich eines Gebäudes, hier des Empfangsgebäudes eines Bahnhofes.

Hinsichtlich des Beschäftigungsaspektes ist zu berücksichtigen, dass das Konzept die Wirtschaftlichkeit für schwach frequentierte Bahnhöfe u. a. durch einen sparsamen Personaleinsatz erzielt. Konkret ist der Einsatz von „Multifunktionsmitarbeitern“ (m/w) vorgesehen, die gleichzeitig Information, Ticketverkauf und kleine Verkaufsangebote übernehmen. Diese Position orientiert sich an der Funktion des klassischen Bahnhofsvorstehers. Die Verbindung verschiedener Dienstleistungsfunktionen soll Synergieeffekte und Einsparpotenziale ermöglichen (ebd. 152 f.). Dennoch entsteht Mehrbeschäftigung, denn das Entrée-System ist für Bahnhöfe gedacht, die unter Zugrundelegung herkömmlicher Konzepte unrentabel sind, teilweise leer stehen und standardmäßig nicht mit Servicepersonal besetzt sind.

In Abhängigkeit von Handlungsbedarf, Wirtschaftlichkeit sowie Lage und Örtlichkeit ermittelte Lehmann rund 500 Bahnhofsstandorte, an denen das *Entrée*-System potenziell umsetzbar wäre. Dabei geht er vom Status quo um das Jahr 2010 aus und wählte die potenziellen Standorte vorwiegend unter den Bahnhöfen der Kategorien 4 und 5 aus (ebd. 104 f.). Zeitlich schätzt er das jährliche Umsetzungspotenzial auf 20 Standorte, so dass bei kontinuierlicher und vollständiger Umsetzung des Konzeptes etwa 25 Jahren nach dem „Roll-Out“ alle in Frage kommenden Standorte mit mindestens einem Entrée-System ausgestattet wären.

In Bezug auf die Größe des *Entrée*-Systems definiert Lehmann drei Größen – *Large*, *Medium* und *Small* (L, M, S) – denen er unterschiedliche Personalbedarfe hinsichtlich des genannten Multifunktionsmitarbeiters sowie Reinigung und Wartung zuordnet (siehe Tabelle 15). Welche Größe für den jeweiligen Bahnhof angemessen ist, hängt von der durchschnittlichen Zahl der täglichen Reisenden, aber auch von der Frequentierung durch Nicht-Reisende (Besucher, Bewohner) und den Umgebungsbedingungen ab. Lehmanns Konzept bezweckt eine Belebung der Bahnhofsareale, die sie zu Orten des täglichen Lebens machen soll, an denen sich nicht nur Reisende gerne aufhalten.

Tabelle 15: Beschäftigungspotenzial an kleinen und mittleren Bahnhöfen durch ein personalbesetztes Entrée-System, angepasst an das Szenario „MM-35“

Entrée-System (#)	Multifunktions-mitarbeiter	Reinigungskräfte	Wartungskräfte	GESAMT (VZÄ)
Large (100)	700	40	15	755
Medium (300)	900	60	15	975
Small (600)	1.200	60	20	1.280
GESAMT	**2.800**	**160**	**50**	**3.010**
Inkl. der durch das *Entrée*-System angeregten bahnhofsnahen Beschäftigungen (z. B. Blumen- / Imbissstände, Kioske, Radverleih-, Reparatur- und Postservice etc.)				ca. 15.000

Quelle: Lehmann 2011; eigene Berechnungen M-Five

Als vereinfachte Annahme ist in Tabelle 15 das Beschäftigungspotenzial als Teil des Szenarios *MM-35* dargestellt. Im Kontext des Szenarios MM-35 verdoppeln wir die Anzahl der potenziellen Standorte auf 1.000, da nach dem Konzept der „Flächenbahn“ mit dem Bau neuer Bahnhöfe bzw. der Aufwertung bestehender Bahnhöfe der Kategorie 6 und 7 hin zu höheren Kategorien zu rechnen ist. Die drei Größenvarianten (L, M, S) des *Entrée*-Systems wurden in dem Verhältnis von 10 % zu 30 % zu 60 % auf die potenziellen Standorte umgelegt.[45]

Die Beschäftigten wurden anhand der von Lehmann veranschlagten Vollzeitäquivalente (VZÄ)[46] ermittelt (ebd. 153, 194 ff.). Zudem gehen wir von einer forcierten Umsetzungsgeschwindigkeit aus, so dass eine Realisierung bis zum Jahr 2035 als möglich erachtet wird. Insgesamt könnten so bis 2035 rund 3.000 zusätzliche Vollzeitarbeitsplätze an kleinen und mittleren Bahnhöfen entstehen. Bei diesem Wert handelt es sich nur um die Beschäftigten, die unmittelbar mit dem *Entrée*-System zusammenhängen. Der etwaige Einsatz von ehrenamtlichen und geringfügig entlohnten „Bahnhofspaten“ (z. B. Rentner) kann den Umfang sozialversicherungspflichtiger VZÄ ggf. schmälern. Als ortsnahe und am Bahnhof interessierte Personen sind sie gleichwohl für die Besetzung des *Entrée*-System „hochinteressant“ (ebd. 90).

In jedem Fall ist aber hervorzuheben, dass durch die beabsichtigte Aufwertung der Bahnhofsareale als Orte des gesellschaftlichen Lebens reguläre Beschäftigungsverhältnisse im näheren Umfeld entstehen können. Denkbar sind etwa Blumen- und Imbissstände, Kioske, Postagenturen sowie Radverleih- und Reparaturservice. Angenommen im Durchschnitt entstehen durch jeden geschaffenen *Entrée*-Vollzeitplatz vier weitere VZÄ[47] im Bahnhofsumfeld, sind bis 2035 ca. 15.000 zusätzliche Beschäftigte an kleinen bis mittleren Bahnhöfen möglich.

5.1.3 Schienenfahrzeugbau

Für die Ermittlung der Veränderungen im Schienenfahrzeugbau bedarf es, ebenso wie im Bereich der Automobilherstellung, der Berechnung des Bedarfs an Neufahrzeugen. Die Anzahl der Neufahrzeuge ist abhängig von der Lebensfahrleistung, den erwarteten Fahrzeugkilometern und dem Anteil an Fahrzeugen, der je Personenkilometer benötigt wird. Die Berechnung der Fahrzeugkilometer erfolgt wie in Abbildung 33 bereits erläutert. Die Nutzungsdauer resultiert aus der Lebensfahrleistung der Fahrzeuge. Die Anzahl der benötigten Fahrzeuge je geleistetem Personenkilometer errechnet sich aus dem Quotienten

[45] Die Zuordnung der Systemgrößen zu den potenziellen Standorten (*large*: 10 %, *medium*: 30 %, *small*: 60 %) entspricht der Einschätzung des Autors der *Entrée*-Studie Tim Lehmann.

[46] Die benötigten Vollzeitäquivalente (VZÄ) wurden unter der Annahme von ca.40 Arbeitsstunden pro Woche und ca.30 Urlaubstage pro Jahr ermittelt (Lehmann 2011: 215). Für die beschäftigungsintensivste Position der Multifunktionsmitarbeiter beträgt es pro Standort 7 VZÄ für die Größenvariante L, 3 VZÄ für die Variante M und 2 VZÄ für die Variante S (ebd.153).

[47] Dieser Faktor ist sehr standortspezifisch. Aufgrund fehlender Informationen treffen wir hier eine eigene Annahme zum allgemeinen Durchschnitt. Dieser Faktor bezieht sich nicht nur auf den Bahnhof als solches, sondern auch auf das Bahnhofsumfeld.

der Personenkilometer im Basisjahr und dem dazugehörigen Fahrzeugbestand. Die Veränderungen der Beschäftigung im Bereich Schienenfahrzeugbau ergeben sich aus der fahrzeugbezogenen Arbeitsproduktivität und dem Bedarf an Neufahrzeugen. Im Jahr 2015 wird ungefähr die Hälfte des Umsatzes durch einen Absatz im Inland erzielt. [48] Daraus lässt sich eine theoretische Arbeitsproduktivität von 44,36 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten je Neufahrzeug bestimmen. Unter anderem durch verbesserte Produktionsprozesse kann die Arbeitsproduktivität bis auf 36,24 im Jahr 2035 gemindert werden (Digitalisierung, Harmonisierung des Marktes). Dies entspricht auch dem strategischen Ziel der Bahnindustrie, um international weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben (NEUMANN & KRIPPENDORF, 2016).

In beiden Szenarien nimmt der Schienenpersonenverkehr und damit die Nachfrage nach Schienenfahrzeugen deutlich zu. Im Szenario ES-35 werden 2.000 und im Szenario MM-35 6.000 zusätzliche Beschäftigte benötigt, um die erhöhte Anzahl an Schienenfahrzeugen herstellen zu können. Dies führt zu einer Beschäftigungszunahme in den Produktionsstandorten der Schienenfahrzeugindustrie. Regionen die von der starken Zunahme des schienengebundenen Personenverkehrs profitieren sind im Bereich Schienenfahrzeugbau auszugsweise (NEUMANN & KRIPPENDORF, 2016):

- Braunschweig (Bombardier, Siemens, Alstom)
- Salzgitter (Alstom)
- Krefeld (Siemens)
- Siegen-Wittgenstein (Bombardier)
- Kassel (Bombardier, Hübner)
- Mannheim (Bombardier)
- München (Alstom, Knorr-Bremse)
- Erlangen (Siemens)
- Berlin (Siemens, Alstom, Stadler Rail Group)
- Oberhavel (Bombardier)
- Bautzen (Bombardier)

Die Beschäftigungszunahme in den Kreisen erfolgt in unserem Modell vereinfacht proportional zu den 2015 tätigen Beschäftigten an den jeweiligen Standorten.

5.1.4 Schienenfahrzeuginstandhaltung und -wartung

Die Deutsche Bahn AG führt in den Tochtergesellschaften *DB Fahrzeuginstandhaltung, DB Regio, DB Fernverkehr* und *DB Schenker Rail* Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen an Schienenfahrzeugen durch. Die Fahrzeughersteller Alstom, Bombardier und Siemens besitzen ebenfalls Werke zur Fahrzeuginstandhaltung, meist an Produktionsstandorte angegliedert. Darüber hinaus betreiben auch andere Eisenbahnverkehrsunternehmen, wie die Deutsche Bahn AG, eigene Werkstätten.

[48] Da der Exportmarkt für Schienenfahrzeuge nicht Betrachtungsgegenstand ist, wird der Exportanteil für künftige Jahre in den Berechnungen konstant gehalten.

Insgesamt werden in Deutschland an über 250 Standorten Instandhaltungen an Schienenfahrzeugen durchgeführt. Die größten Werkstätten der Deutschen Bahn AG befinden sich beispielsweise in (NEUMANN & SANDER, 2010):

- Krefeld (EMU, HGV)
- Paderborn (FW)
- Kassel (DMU)
- Fulda (Co.)
- München (electr. Co.)
- Nürnberg (EMU, HGV)
- Eberswalde (FW)
- Dessau (EMU, DMU, PC, FW).

Die Beschäftigten werden an allen Standorten der Fahrzeuginstandhaltung gemäß der Fahrleistung der Schienenfahrzeuge fortgeschrieben. Dies bedeutet, dass im Bereich Schienenfahrzeuginstandhaltung und -wartung im Szenario ES-35 circa 4.000 und im Szenario MM-35 5.500 zusätzliche Beschäftigte an diesen Standorten benötigt werden. Zusätzlich werden kleinere Werkstätten in Städten aufgebaut, in welchen neue städtische Schienensysteme entstehen (siehe Kapitel 5.1.5).

5.1.5 Schieneninfrastrukturbau

Die Fortschreibung der Beschäftigung im Bereich Schieneninfrastrukturbau folgt der Annahme, dass im Szenario ES-35 die Kapazität der Schieneninfrastruktur um 50 % und im Szenario MM-35 um 100 % zunimmt. Diese Kapazitätssteigerungen werden zum einen durch den Ausbau des Netzes erreicht, zum anderen beispielsweise durch Verbesserungen im Bereich Leit- und Sicherungstechnik, durch eine Verbesserung des Baustellenmanagements oder durch eine nachhaltige Instandhaltungs- und Reinvestitionspolitik. (Für weitere Beispielmaßnahmen zur Erhöhung der Kapazität des Schienennetzes siehe (HOLZHEY, 2010)).

Bezüglich des bundesweiten Ausbaus des Eisenbahnnetzes wurden im Rahmen des BVWP 2030 bereits notwendige Schieneninfrastrukturmaßnahmen im Vordringlichen Bedarf festgelegt, welche insgesamt Gleise von ungefähr 2.000 km Länge umfassen (Neu- und Ausbaumaßnahmen). Außerdem beinhaltet der Verkehrswegeplan Projekte, die unter anderem der Verbesserung der Großknoten und der Elektrifizierung des Netzes dienen.

Diese Maßnahmen wurden mit den Planungen zur Einführung des Deutschland-Takts abgestimmt. Bestandteil des Deutschland-Takt-Konzeptes ist es beispielsweise, dass auf den wichtigen Hauptachsen des Fernverkehrs die Züge im 30-Minuten-Takt verkehren. Nah- und Fernverkehrsverbindungen werden aufeinander abgestimmt und die Pünktlichkeit der Bahn durch einen gemeinsam gedachten Fahrplan insgesamt erhöht.

Die Maßnahmen des BVWP 2030 im Bereich Schieneninfrastruktur umfassen Investitionskosten in Höhe von 52,5 Mrd. Euro, wobei 12 Mrd. Euro auf noch abzuschließende Projekte entfallen. Diese Maßnahmen reichen jedoch nicht aus, um die in vorliegender Studie angenommenen Verlagerungsziele abbilden zu können.

Um welches Ausmaß genau die Schieneninfrastruktur und die eingesetzten Fahrzeuge verändert werden müssten, um eine Verdopplung der Nachfrage im Schienenfernverkehr realisieren zu können, wird aktuell in Studien im Auftrag des BMVI noch untersucht. Bekannt ist, dass für eine weitere Elektrifizierung der Schiene etwa 10 Mrd. €[49] investiert werden müssten, für die Nachrüstung auf ECTS- Standard mindestens 15 Mrd. €. Außerdem muss der Ausbau der fünf Großknoten München, Frankfurt, Hamburg und Mannheim, welcher aktuell als Maßnahme des potentiellen Bedarfs gilt, in den vordringlichen Bedarf aufgenommen werden. Dies dient der weiteren Verbesserung der Personen- und Güterverkehrsabwicklung an den Knoten. Hierfür wurden zwischen 2,5 Mrd. € (ES-35) und 5 Mrd. € (MM-35), gemäß der Summe im BVWP 2030, veranschlagt.

Für eine Verbesserung der Güterverkehrsabwicklung auf europäischer Ebene ist von der Bundesregierung die Absicht erklärt worden, ein Programm zur Engpassbeseitigung im Eisenbahnnetz und der Ermöglichung der europäischen Güterzug-Standardlänge von 740 Metern durchzuführen. Aus diesem Grund wurden auch diese Maßnahmen als Vordringlicher Bedarf eingestuft. Sie umfassen ein Investitionsvolumen von weiteren 500 Mio. €. Um die Verlagerungsziele erreichen zu können und die auf europäischer Ebene festgelegten Standards zu erfüllen müssen demzufolge zusätzlich zu den oben genannten 52,5 Mrd. Euro mindestens weitere 30 Mrd. Euro in den Ausbau der Schieneninfrastruktur investiert werden.

Zusätzlich folgen wir den Annahmen, dass im Szenario ES-35 in Städten ohne Schieneninfrastruktur mit mehr als 200.000 EW und im Szenario MM-35 in Städten mit mehr als 150.000 EW ein städtisches Schienennetz errichtet wird. Dies trifft in ES-35 auf Städte in sieben Kreisen und in MM-35 auf Städte in 15 Kreisen zu. Diese Annahme deckt sich zudem mit bestehenden oder zur Diskussion stehenden Ausbauplänen einzelner Gemeinden, beispielsweise der Kreise Wiesbaden[50], Kiel[51], Aachen[52] und Münster[53].

Dies geschieht unter dem Gesichtspunkt, dass der innerstädtische öffentliche Verkehr Systeme benötigt, die die zunehmende Nachfrage bewältigen können. Auf nachfragestarken Strecken sind schienengebundene Systeme attraktiver und effizienter. Dafür wurde in stadtspezifischen Untersuchungen mit einem durchschnittlichen Investitionsbedarf von 300 Mio. € im Szenario ES-35 25 Mrd. € und im Szenario MM-35 32 Mrd. € an Investitionen ermittelt. Dadurch können rund 1.500 km Schienenwege errichtet werden. In diesem Fall umfassen diese Maßnahmen auch Investitionen in die Schienenfahrzeuge.

Im Szenario MM-35 ergibt dies insgesamt ein notwendiges Investitionsvolumen von ca. 115 Mrd. € in den kommenden 20 Jahren. Dies entspricht bei 1.630 Personenjahren (BIRN u. a., 2010) je 100 Mio. € Investitionen etwa 87.000 Beschäftigten. Im Szenario ES-35

[49] 4 Mrd. Güterverkehr, 6 Mrd. Personenverkehr
[50] https://www.citybahn-verbindet.de/citybahn-wiesbaden/
[51] https://www.xn--tram-fr-kiel-ilb.de/
[52] https://www.aachener-zeitung.de/lokales/aachen/campusbahn-faehrt-immer-noch -durch-die -koepfe_aid-24570487
[53] https://www.wn.de/Muenster/3055375-Verkehrsprobleme-in-Muenster-Kommt-die-Stadtbahn-auf-Raedern

entsteht ein Investitionsbedarf von 105 Mrd. € und somit ein Beschäftigungsbedarf von 84.000 Beschäftigten.

5.1.6 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im öffentlichen Personenverkehr

Die Beschäftigungseffekte im öffentlichen Personenverkehr setzen sich wie in Tabelle 16 dargestellt zusammen.

Tabelle 16: Beschäftigungseffekte im öffentlichen Personenverkehr

Beschäftigungszweig	REF-15	ES-35	MM-35
Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge	37.800	39.800	53.900
Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge	31.000	33.800	35.600
Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur	64.400	70.800	109.100
Bereitstellung von Mobilitätsdienstleistungen	467.100	619.000	582.900
SUMME	600.300	763.400	781.500

Quelle: M-Five

Durch die Automatisierung der Fahrzeuge verändert sich das Angebot im öffentlichen Personenverkehr grundlegend. Dies wirkt sich auch auf die Beschäftigung und die jeweiligen Tätigkeitsfelder aus. So fallen einerseits Aufgaben wie das Fahren der Fahrzeuge weg, andererseits entstehen neue Aufgabengebiete, die den Erhalt und die Verbesserung des Service gewährleisten.

Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien sind hauptsächlich auf die unterschiedlichen Modalanteile des öffentlichen Verkehrs zurückzuführen. Außerdem zeichnet sich das Szenario Multimodalität durch eine deutlich höhere Servicekultur im öffentlichen Verkehr aus, was sich auch in den Beschäftigungszahlen wiederspiegelt.

5.2 Beschäftigung im Bereich neue Mobilitätsdienste

Digitalisierung und neue Medien senken die Transaktionskosten des Leihens, Tauschens und Teilens. Vormals privat bzw. informell vollzogene Teilhabe an Gütern und Diensten wird ausgehend vom Referenzjahr 2015 zunehmend kommerziell im Rahmen professioneller Geschäftsmodelle angeboten. Dies gilt unter anderem für die Untermiete privaten Wohnraums (Airbnb) oder den Secondhand-Handel, aber auch für Mobilitätsdienstleistungen.

Das Angebot seriell geteilter Fahrzeuge (Carsharing) lässt sich allgemein dadurch charakterisieren, dass die Fahrzeuge öffentlich zugänglich sind, aber für die Zeit ihrer Ausleihe privat genutzt werden (öffentlich zugängliche Fahrzeuge im Modus privater Nutzung). Die Fahrzeuge werden in bestimmten Zeitabschnitten durch die Fahrgäste selbst eingesetzt und nicht gleichzeitig von verschiedenen Fahrgästen synchron genutzt. Dieser Umstand unterscheidet die hier betrachteten Mobilitätsdienstleistungen einerseits vom klassischen ÖV – ausgenommen Taxis – und anderseits von öffentlichen Ridesharing bzw. Rideselling-Systemen, bei denen nicht ganze Fahrzeuge, sondern lediglich Sitzplätze zur Mitfahrt angeboten werden (öffentliche Fahrzeuge im Modus öffentlicher Nutzung).

Für die Beschäftigungssituation bedeutet dies, dass die Dienstleistungen besonders in vor- und nachgelagerten Bereichen der eigentlichen Nutzung erfolgen. D. h. die Fahrzeuge werden beschafft und bereitgestellt sowie gepflegt und erneuert. Die für den Geschäftserfolg elementare Bereitstellung – Flottenmanagement und Fahrzeugdisposition – wird zunehmend durch datengestützte bzw. digitalisierte Dispositionssysteme erleichtert.

Unter der Annahme einer abnehmenden Bedeutung privaten Pkw-Besitzes (insbesondere Szenario MM-35) ist anzunehmen, dass Mobilitätsdienstleistungen dieser Art weiter aus dem Nischen- in den Massenmarkt vorstoßen werden. Digitalgestützte Hilfsmittel für eine gleichermaßen zuverlässig wie auch massentaugliche Disponierung von Sharing-Fahrzeugen werden daher an Bedeutung zunehmen. Dies macht zum einen Fachkräfte, wie z. B. Software-Spezialisten, erforderlich, kann aber zum anderen auch zu Substitutionseffekten bezüglich Beschäftigungen auf mittleren und einfachen Qualifizierungsstufen führen.

Diese und weitere Effekte werden nachfolgend für das Car- und Bikesharing separat betrachtet. Beide Mobilitätsdienstleistungen zählten im Referenzjahr 2015 zu den ökonomisch bedeutsamsten Dienstleistungsformen ihrer Art, während sonstige Sharing-Dienst (noch) randständig waren und daher knapper beschrieben werden.

Die Fortschreibung der Kennzahlen sowohl im Carsharing als auch im Bikesharing basiert auf einer kreisscharfen Ermittlung des Fahrzeugbestandes im Jahr 2015. Auf Grundlage dieser Basisdaten konnten für die acht Kreistypen Fahrzeugdichten errechnet und fortgeschrieben werden (siehe Abbildung 39 und Abbildung 40).

5.2.1 Carsharing

Carsharing, d. h. die gewerbliche Gemeinschaftsnutzung von Pkw, erfuhr im Jahrzehnt vor dem Referenzjahr 2015 einen beträchtlichen Wachstumsschub: Von weniger als 100.000 Fahrberechtigten und kaum mehr als 3.000 Carsharing-Autos im Jahr 2005 stieg das Gesamtangebot in Deutschland bis zum Jahr 2015 auf über eine Million Fahrberechtigte und rund 15.000 Fahrzeuge (BUNDESVERBAND CARSHARING (BCS) E.V., 2018).

Die rasante Marktentwicklung ist wesentlich auf den Einstieg mehrerer deutscher Fahrzeughersteller ins Carsharing sowie damit einhergehend mit der neuen Angebotsform des sogenannten Free Floatings zurückzuführen. Hierbei müssen die Carsharing-Fahrzeuge nicht an spezifischen Entleihstationen zurückgebracht werden, was die Kundenfreundlichkeit wie auch die Sichtbarkeit im öffentlichen Raum potenziell erhöht.

Rechtliche Rahmenbedingungen wie das im September 2017 in Kraft getretene Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharings (CsgG) geben den Kommunen erweiterte Fördermöglichkeiten, indem Stellplätze auf öffentlichen Straßen exklusiv für Carsharing-Fahrzeuge ausgewiesen werden dürfen.[54] Offen ist bislang aber noch, inwieweit die Kommunen hiervon Gebrauch machen werden.

Die Beschäftigungsstruktur im Carsharing entspricht in zentralen Punkten derjenigen vieler Dienstleistungsunternehmen (siehe Tabelle 17).

Allerdings liegen die Ursprünge des modernen Carsharings in unterschiedlichen Bereichen, die sich erst allmählich angeglichen haben: klassische Carsharing-Organisationen sind bis zu 30 Jahre alt. Die eingesessenen Anbieter haben ihre Wurzeln in Selbsthilfe- und Bürgervereinen als Reaktion auf die Folgen privaten Autoverkehrs in den 1990er Jahren. Viele Carsharing-Organisationen trugen sich die ersten Jahre durch ehrenamtliches Engagement und haben sich erst allmählich kommerzialisiert. Diese Entwicklung vom Non-Profit- zum Profit-Bereich unterscheidet die älteren Carsharing-Anbieter deutlich von den jüngeren, d. h. OEM-nahen Anbietern.

[54] Bisher galt das Straßenverkehrsgesetz (StVG) als „privilegienfeindlich“, d. h. im Wesentlichen war ein Parkvorrecht nur für die anwohnende Bevölkerung sowie für Schwerbehinderte zulässig (§ 6 Abs.1 Nr.14 StVG).

Tabelle 17: Typische Beschäftigungsfelder in Carsharing-Organisationen

Beschäftigungsfeld	Unteraufgaben / Beispiele
Technik	Web-Backend, Web-Frontend, On-Board-Unit
Marketing	Werbung, ggf. in Kooperation mit Partnern wie ÖV, Städten etc.
Management	Produkt-, Flotten-, Schadensmanagement
Operations	Fahrzeug-Distribution, Reinigung, Wartung, Pflege
Kundenservice	Betreuung der Buchungskanäle, Bearbeitung von Kundenanfragen
Abrechnung	Zusammenstellung der Buchungskosten zu Sammelrechnungen
Vertrieb	Teilnahme an Mobilitätsmessen, ggf. Vertriebspartner beim ÖV etc.

Quelle: M-Five, eigene Darstellung

Besonders das klassische Carsharing war auf Kooperationen mit lokalen Marketing- und Vertriebspartnern wie Nahverkehrsbetreiber, Taxizentralen oder Kommunalverwaltung angewiesen. Daher sind die eingesessenen Anbieter auch heute an einer guten Zusammenarbeit mit diesen Partnern und Vermeidung von „Kannibalisierung“ innerhalb des Umweltverbundes interessiert.

Ein wesentlicher Faktor für die Beschäftigungseffekte im Carsharing ist die Anzahl der Fahrzeuge, denn es ist zu erwarten, dass die Beschaffung, Pflege und Erneuerung pro Fahrzeug auch in Zukunft mit einem mit dem heutigen Stand vergleichbaren Arbeitsaufwand verbunden sein werden. Für die Ermittlung der Effekte wurde daher die Zahl der Beschäftigten pro Carsharing-Pkw herangezogen, die 2015 im Durchschnitt 0,15 Personen pro Fahrzeug betrug.

Die Zahl der voraussichtlich 2035 in der Carsharing-Branche Beschäftigten ergibt sich aus der Multiplikation mit den zukünftigen Fahrzeugzahlen, die wiederum aus offiziell kommunizierten Wachstumserwartungen der Anbieter abgeschätzt wurden.

Ein weiterer Faktor betrifft die Aufnahme neuerer bzw. die Aussonderung älterer Fahrzeuge in und aus den Carsharing-Flotten. Im Durchschnitt haben Carsharing-Pkw eine höhere Jahresfahrleistung als private Pkw. Für 2015 wird von einer mittleren Jahresfahrleistung von rund 30.000 Kilometern pro Carsharing-Auto ausgegangen, was einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von etwa 6,7 Jahren entspricht. Dies macht gegenüber Privat-Pkw eine frühere Erneuerung der Carsharing-Fahrzeuge erforderlich. Da die Carsharing-Unternehmen an einem möglichst hohen Wiederverkaufswert ihrer Fahrzeuge zum Zeitpunkt der Aussonderung aus der Flotte interessiert sind, ist anzunehmen, dass die reale Nutzungsdauer eher niedriger als höher liegt.

Infolge des fortgeschriebenen Nachfrageanstieges wird die Jahresfahrleistung bis 2035 voraussichtlich auf etwa 80.000 Kilometer ansteigen und die durchschnittliche Nutzungsdauer der Fahrzeuge infolgedessen auf ca. 2,8 Jahren fallen. Da die weitere Erschließung des Massenmarktes auch mit ansteigenden Kundenansprüchen an moderne und innovative Fahrzeuge verbunden sein dürfte, wird dieser Wert abermals eher etwas kleiner als größer ausfallen. Der Austausch von Fahrzeugen wird sich in den Carsharing-Flotten deutlich schneller vollziehen als noch im Jahr 2015. Ein signifikanter Anteil der Nzl. wird in den Szenarien für 2035 auf Carsharing-Fahrzeuge entfallen (ES-35: 15 %; MM-35: 36 %).

Ein nachrangiger, aber nicht unbedeutender Faktor der Beschäftigungseffekte im Carsharing ist das Outsourcing an die Kunden. Dies bedeutet, dass die Konsumenten teilweise bzw. optional zu Mitwirkenden am Flottenmanagement werden (sog. „Prosuming“).

Ein solches Konzept verfolgte beispielsweise das inzwischen insolvente Unternehmen CiteeCar, das seinen Kunden die Rolle als Fahrzeug-Host anbot: Der jeweilige Kunde betreute die Fahrzeuge an einem bestimmten Stellplatz durch einfache Arbeiten wie die Innenreinigung des Fahrzeuges. Als Gegenleistung konnte er einen vergünstigten Tarif nutzen.

Eine unterschwellige Form des Prosuming ist das sogenannte Nudging (von Nudge; englisch für Stups oder Schubs): Dabei sorgen indirekte Handlungsanreize bzw. -hemmer für das vom Anbieter bevorzugte Kundenverhalten. Ein Beispiel für Nudging im nicht-stationsgebundenen Carsharing sind etwa differenzierte Tarife, bei denen die Abstellung der Fahrzeuge in Gebieten starker Nachfrage vergünstigt wird, während die Rückgabe in Gebieten schwacher Nachfrage verteuert und quasi mit einer „Strafzahlung“ belegt wird.

Umgekehrt kann die Fahrt von Nachfragesenken und -quellen durch Preisnachlässe, bis hin zum „Nulltarif“, angereizt werden. Auf diese Weise lässt sich der Aufwand für die Fahrzeugdisposition verringern, da andernfalls Mitarbeiter des Carsharing-Unternehmens ggf. notwendige Umpositionierungen der Autos vornehmen müssten. Digitale Medien und die Auswertung von Positionsdaten der Fahrzeuge könnten das Nudging dynamisieren und somit an die jeweilige Nachfragesituation anpassen.

Sollte sich das Prosuming im Carsharing verbreiten, wären unsere Annahmen leicht nach unten zu korrigieren. Dies wäre vor allem für das Szenario MM-35 relevant, bei dem von einer breiten Abkehr vom Privat-Pkw ausgegangen wird, was die Akzeptanz und Nachfrage hinsichtlich differenzierter Sharing-Konzepte erhöht.

Arbeitsplatzverluste durch Prosuming bzw. Nudging beträfen besonders geringqualifizierte Beschäftigungsverhältnisse wie Fahrpersonal und Reinigungskräfte. Da in den Berechnungen aber der Fokus auf sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungs-verhältnissen liegt, wirken sich die Abweichung aber auch bei Annahmen starker Prosuming-Ansätze nur geringfügig aus.

Schließlich ist der Einsatz von Elektroautos im Carsharing ein beschäftigungsrelevanter Faktor, da eine verstärkte Elektrifizierung der Antriebe in dieser Branche die Verbreitung der Elektromobilität im Pkw-Bereich insgesamt beflügeln könnte. Erhöhte Anschaffungskosten

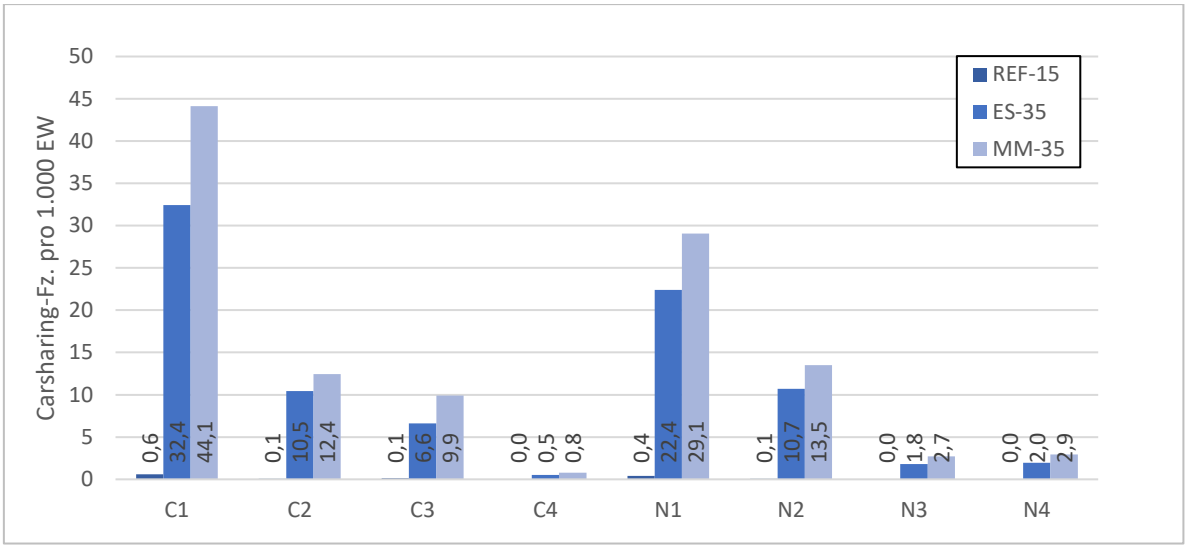
und die Unsicherheit hinsichtlich der Wertentwicklung batterieelektrischer Pkw (BEV) hemmten bis 2015 den Einsatz von Elektroautos im Carsharing. Mit der zu erwartenden Weiterentwicklung der Batterien bzw. ihrer Zweitverwertung in Form stationärer Energiespeicher wird sich aber der Anschaffungspreis verringern und der Wiederverkaufswert erhöhen. Carsharing-Flotten werden 2035 aller Voraussicht nach elektrische Flotten sein, was in die Beschäftigungswirkungen der Elektromobilität (Szenario ES-35) eingeht.

In Bezug auf die regionalen Unterschiede auf Kreisebene ist festzustellen, dass Carsharing zumindest bis zum Referenzjahr 2015 im Wesentlichen ein städtisches Phänomen war. So wird in allen deutschen Städten mit mehr als 200.000 EW ein stationsbasiertes Carsharing angeboten. Auch in Städten zwischen 100.000 und 200.000 EW verfügen noch 83 % über ein stationsbasiertes Carsharing-Angebot vor Ort. In Städten mit weniger als 100.000 EW besteht hingegen nur in 4 % der Fälle ein solches Angebot und die durchschnittliche Flottengröße beträgt in diesen Städten 5 Fahrzeuge pro Stadt (HUNSICKER u. a., 2016, S. 52). Zwar gibt es durchaus auch außerhalb der Groß- und Mittelstädte Carsharing-Angebote; diese sind aber gemessen an der Fahrzeugzahl deutlich kleiner und haben weniger Beschäftigte.

Die Angebotsschwerpunkte in Großstädten spiegeln sich auch auf Ebene der Kreistypen wider. Abbildung 39 zeigt die Fahrzeugdichte in Bezug auf Pkw im stationsbasierten und nicht-stationsgebundenen Carsharing. Während die Pkw-Dichte im Carsharing in den kreisfreien Großstädten durchschnittlich zwischen knapp 0,6 und 0,4 Fahrzeugen pro 1.000 EW liegt, beträgt sie in den übrigen Kreistypen kaum mehr als 0,1. Die höhere Dichte in den Automobil-Clustern liegt daran, dass 6 der 10 größten Städte Deutschlands innerhalb der Cluster liegen. Ausnahmen sind unter anderem Berlin und Hamburg.

Auffällig ist die relativ hohe Dichte in ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen in einem Automobilcluster (C3), die deutlich über jener des Kreistyps N3 liegt. Dies verweist auf die in Summe durchaus relevanten Flottengrößen außerhalb der Großstädte, z. B. nordöstlich von München, kann aber auch durch zentrale Zulassungsorte – vor allem der Anbieter des nicht-stationsgebundenen Carsharings– verzerrt sein. Für das Szenario ES-35 zeigt sich eine ähnliche Verteilung wie für REF-15, aber auf deutlich höherem Gesamtniveau mit bis zu über 30 Fahrzeugen pro 1.000 EW. Im Szenario MM-35 bleiben die relativen Proportionen auf noch höherem Niveau erhalten (bis zu 44 Fz. / 1.000 EW), inklusive der gegenüber den Nicht-Autoclustern hervorstechend hohen Dichte im Kreistyp C3.

Abbildung 39: Carsharing-Fahrzeuge (stationsbasiert und nicht-stationsgebunden) pro 1.000 EW in den Kreistypen[55]



Quelle: M-Five

In ländlichen Räumen wird sich voraussichtlich das Carsharing zwischen Privatpersonen verbreiten (Peer-to-Peer-Carsharing), das nicht in die obere Auswertung einging. Die schwache Verbreitung des Carsharings erklärt sich daraus, dass die Entfernung zwischen den Stationen bzw. die Operationsgebiete für ein attraktives Angebot zu groß werden.

Beim Peer-to-Peer-Carsharing stellen Privatleute ihr eigenes Fahrzeug Fremden zur temporären Nutzung zur Verfügung und erhalten dafür einen Teil der Leihmiete, während der andere Teil als Provision an den Vermittler bzw. die Versicherung geht. Da die Betreiber hierbei meist nur die Vermittlungsplattform anbieten, fällt das gewerbliche Beschaffungs- und Flottenmanagement weg. Der Anstieg der Beschäftigungszahlen wird daher von dieser Form des Carsharings geringer beeinflusst als von den anderen Formen. Die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung der Vermittlungsportale lässt zudem eine Verringerung der Beschäftigtenzahl – mit Ausnahme von Softwarespezialisten - erwarten.

5.2.2 Bikesharing

Das Bikesharing bezeichnet analog zum Carsharing die kommerzielle Bereitstellung von Leihrädern im öffentlichen Raum zur (temporär) privaten Nutzung. Auch Bikesharing erfuhr jüngst einen deutlichen Entwicklungsschub, der vor allem auf den Einstieg neuer Massenanbieter aus Asien sowie kleinerer europäischer und nordamerikanischer Unternehmen in den deutschen Markt zurückzuführen ist (Byke, Donkey Republic, LimeBike, Mobike, Obike, Ofo etc.).

Diese Entwicklung fällt allerdings in die Zeit nach dem Jahr 2015 und wirkt sich somit auf die Datenerhebung im Referenzszenario nicht aus. Auf die Annahme für das Jahr 2035 wirkt sich das jüngste Anwachsen der Leihradflotten aber sehr wohl aus. Allerdings zeigt sich der Bikesharing-Markt (noch) sehr dynamisch. Speziell auf dem deutschen Markt entstand

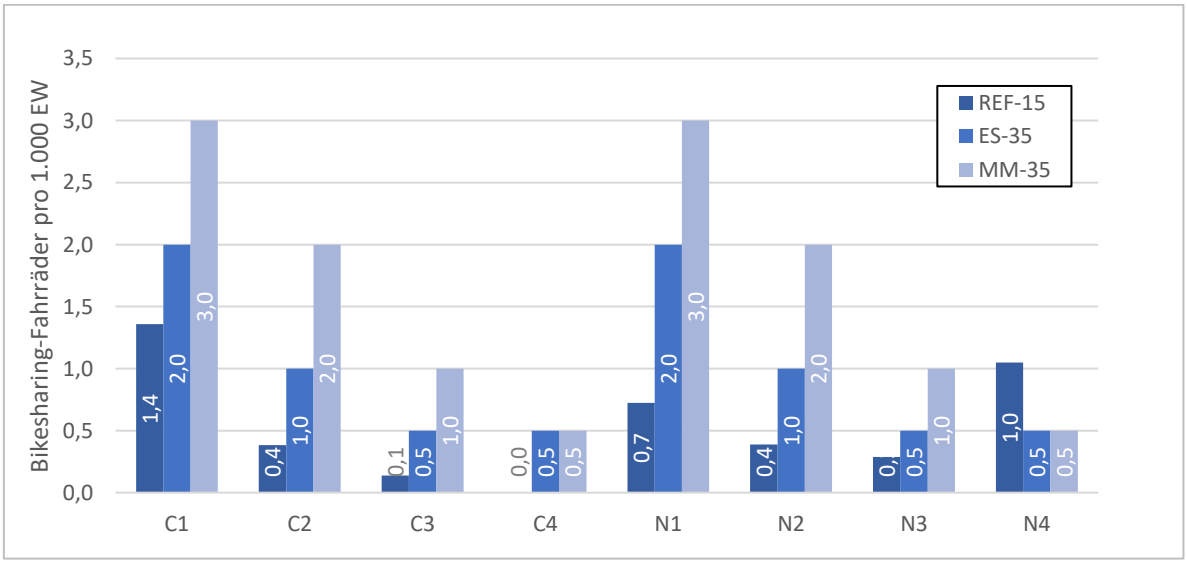
[55] Definition der Kreistypen siehe Tabelle 3

binnen eines Jahres ein ausgeprägter „Verdrängungswettbewerb“ (MISHRA, 2018): Dem Einstieg neuer Anbieter folgten kurzfristige Betriebseinstellungen infolge von Insolvenz und Marktrückzug mehrerer Anbieter. In Berlin waren damit im Juli 2018 über 10.000 Leihfahrräder weniger verfügbar als noch im Frühsommer (ebd.). Die Beschäftigungseffekte werden durch die kostengünstige Herstellung von Leihrädern im Ausland verringert, doch die operative Bereitstellung und Pflege der Leihräder wird in mäßigem Umfang zusätzliche Beschäftigung hervorrufen.

Geringqualifizierte Beschäftigung, wie die Umverteilung der Fahrräder auf den Straßen, könnte zudem im Niedriglohnsektor angesiedelt sein. Dieser Effekt wird sich durch die technische Aufrüstung der Fahrräder (elektrische Trittunterstützung, Kardan-Antrieb, Scheibenbremsen) und die dadurch erhöhte Fahrzeuginvestition nicht kompensieren lassen.

Zudem ist es insbesondere für die asiatischen Neuanbieter derzeit schwer absehbar, wo ihr zentrales Geschäftsinteresse liegt. Es ist möglich, dass dies nicht (nur) in der Mobilität liegt, sondern in der Erfassung von Daten – letztlich (auch) zu anderen Zwecken. Die neue europäische Datenschutzgrundverordnung erschwert dies den Anbietern jedoch. Eine Eruierung der unternehmerischen Reaktionen hierauf steht zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch aus.

Abbildung 40: Bikesharing-Fahrräder pro 1.000 EW in den Kreistypen[56]



Quelle: M-Five

Auch hinsichtlich des Bikesharing besteht ein ausgeprägter Stadt-Land-Unterschied. Gemessen an der Dichte der Bikesharing-Stationen pro EW waren 2017 unter den Top-20-Städten 18 Großstädte mit mehr als 100.000 EW (BOCK u. a., 2017, S. 60). Gleichwohl zeigt die Fahrzeugdichte pro 1.000 EW, dass in der Summe gesehen auch in ländlichen Räumen zahlreiche Leihfahrräder angeboten werden.

[56] Definition der Kreistypen siehe Tabelle 3

So liegt die Fahrzeugdichte im Kreistyp N4 bei etwa einem Leihrad pro 1.000 EW. Dieser Wert wird nur durch die großstädtischen Automobil-Cluster (C1) mit ca. 1,4 Bikesharing-Rädern pro 1.000 EW übertroffen. Dies dürfte vor allem an touristischen Leihrädern in ländlichen Urlaubsregionen liegen. Für die großstädtischen Kreise gehen wir von einem Anstieg der Leihraddichte auf 2 Fahrräder (ES-35) bzw. 3 Fahrräder (MM-35) pro 1.000 EW aus.

Im Szenario ES-35 führt die Effizienzsteigerung aller Verkehrsmittel in Verbindung mit der Elektrifizierung der Antriebe dazu, dass auch Bikesharing mit Pedelecs (elektrische Tretunterstützung) Verbreitung finden. Im Szenario MM-35 stärkt die Verlagerung zum Umweltverbund den ÖV und Radverkehr insgesamt. Damit steigt auch der Anteil des Bikesharing als Bestandteil des öffentlichen Verkehrs.

Für beide Szenarien wird jedoch angenommen, dass Bikesharing sich langfristig vor allem in Räumen mit hoher Bevölkerungsdichte rentiert. In ländlichen Regionen sind die Haushalte entweder bereits mit privaten Fahrrädern versorgt oder die Ziele sind für den Radverkehr zu weit voneinander entfernt bzw. nicht per Radinfrastruktur erschlossen. Daher wird sich die Leihrad-Dichte in ländlichen Räumen – abgesehen von Tourismushochburgen – bis 2035 etwa halbieren.

5.2.3 Weitere Sharing-Formen

Die Relevanz weiterer Sharing-Formen mit öffentlichen Fahrzeugen im Modus privater Nutzung, wie beispielsweise öffentlich zugängliche Motorroller (Scootersharing), ist derzeit schwer abschätzbar.

Geteilte Elektroroller weisen insbesondere seit 2016 und insbesondere in Europa eine hohe Dynamik auf insgesamt (noch) niedrigem Niveau auf (HOWE & BOCK, 2017). Den Erfolgen neuer Angebote, wie COUP vom Unternehmen Bosch oder Stella der Stadtwerke Stuttgart, folgten Insolvenzen anderer Anbieter, etwa des Startups scoo.me im April 2018. Aktuell stehen in Deutschland mehr als 2.800 Elektroroller in 10 Städten zur Verfügung (INNOZ, 2018), wovon jedoch allein in Berlin über 1.600 stationiert sind[57].

Elektrische Tretroller sollen in Deutschland erst im Sommer 2019 zugelassen werden[58]. Wie schnell dann öffentlich zugängliche Sharing-Angebote auf den Markt kommen, und wie gut diese dann angenommen werden, lässt sich daher bisher nur mutmaßen.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist davon auszugehen, dass diese Angebote in ihren grundlegenden Merkmalen hinsichtlich der Beschäftigungseffekte entweder dem Car- oder dem Bikesharing entsprechen. Sie werden daher im Folgenden nicht gesondert betrachtet.

[57] Quelle: https://scootersharing.innovationslandkarte.de/en
[58] https://tretroller-magazin.de/elektroscooter/bundesrat-erlaubt-e-tretroller/

5.2.4 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte neuer Mobilitätsdienste

Insgesamt ergeben sich durch die neuen Mobilitätsdienste Carsharing und Bikesharing in den Szenarien folgende Beschäftigungswirkungen:

Tabelle 18: Beschäftigungseffekte neuer Mobilitätsdienstleistungen

Beschäftigungszweig	REF-15	ES-35	MM-35
Carsharing	2.900	152.700	199.100
Bikesharing	1.100	2.800	4.700
SUMME	4.000	155.500	203.800

Quelle: M-Five

5.3 Beschäftigung im Bereich Fahrradverkehr

Die Förderung des Fahrradverkehrs und eine damit einhergehende Erhöhung der Radverkehrsleistung bringt vielerlei Vorteile mit sich. Vor allem städtische Verkehrssysteme können entlastet werden ohne die Mobilität der Einwohner zu mindern.

Im Folgenden werden die Beschäftigungseffekte in den Bereichen Infrastrukturausbau, Fahrradherstellung, Handel und Vertrieb der Fahrräder und Wartung und Instandhaltung betrachtet. Fahrradverleihsysteme und deren Beschäftigungseffekte wurden bereits in Kapitel 5.2.2 beschrieben.

Die Entwicklung der (Stand 2009) 89.000 unmittelbar im Fahrradtourismus Beschäftigten sowie der 97.000 durch fahrradtouristische Nachfrage Beschäftigten (TOURISMUSVERBAND EV, 2009) wird in diesem Projekt nicht berücksichtigt, da sich die Betrachtung auf Beschäftigungseffekte der Veränderung der Alltagsmobilität beschränkt.

Unter der Annahme, dass sich der Anteil des Fuß- und Radverkehrs an der gesamten Leistung des Personenverkehrs im Szenario ES-35 nur marginal und im Multimodalitätsszenario von aktuell 5,6 auf 8 % erhöht, steigt die Verkehrsleistung dieser aktiven Mobilität im Multimodalitätsszenario auf rund 85 Mio. km pro Jahr.

Angesichts der Entwicklungen in den letzten Jahren kann davon ausgegangen werden, dass der Fußverkehr seinen Leistungsanteil von 2,8 % (BMVI, 2017) nicht nennenswert verändern wird. Somit steigt der Radverkehrsanteil im Multimodalitätsszenario von etwa 2,9 % im Jahr 2015 auf etwa 5,2 % im Jahr 2035, wohingegen er im Szenario ES-35 stagniert. Der Zielwert des Szenarios MM-35 entspricht dem „Nutzung statt Besitz optimistisch“-Szenario der Potenzialanalyse für den Radverkehr des Umweltbundesamtes (AHRENS u. a., 2013).

Bei einer gesamten Personenverkehrsleistung von etwa 1.063 Mrd. Personenkilometern im Szenario MM-35 und von 1.313 Mrd. Personenkilometern im Szenario ES-35 ergibt dies eine Radverkehrsleistung von 55,3 Mrd. km bzw.36,8 Mrd. km im Jahr 2035, was gegenüber

35,0 Mrd. km in 2015 Zunahmen um 58 % bzw. 5 % entspricht. Die im Szenario MM-35 pro Jahr und Person mit dem Fahrrad (inkl. Pedelecs) zurückgelegten 674 km (nur konventionelle: 487 km) entsprechen in etwa den 630 jährlich pro Person mit dem Fahrrad zurückgelegten Kilometern, die laut Umweltbundesamt für 2030 durch eine Verlagerung von 50 % der 2005 per Pkw zurückgelegten Fahrten unter 5 km realisierbar sind (UMWELTBUNDESAMT, 2010).

5.3.1 Herstellung der Infrastruktur

Eine gute und sichere Fahrradinfrastruktur ist für die Entwicklung hin zu einem hohen Radverkehrsanteil unabdingbar. Dies betrifft zum einen die Herstellung und den Erhalt von Fahrradwegen, zum anderen aber auch die Bereitstellung von Fahrradabstellanlagen in ausreichender Zahl.

Im Nationalen Radverkehrsplan 2020 („NRVP2020“) wurden Investitionsbedarfe in den Städten, Gemeinden und Kreisen definiert, die in vorliegender Betrachtung als eine Mindestanforderung für die Erhöhung des Radverkehrsanteils angesetzt werden. Für die Ermittlung der jährlichen Investitionsbedarfe unterteilt der NRVP2020 die Städte und Gemeinden in drei Kategorien, für welche der vorherrschende Modal Split in Bezug auf die Anzahl der Wege maßgeblich ist (BMVI, 2012).

Aus diesem Grund wurden zunächst die Investitionsbedarfe auf Gemeindeebene ermittelt und anschließend auf Kreisebene aggregiert. Die Gemeinden wurden anhand ihres Radverkehrsanteils in Einsteiger, Aufsteiger und Vorreiter eingeteilt. Durch die verschiedenen Ausgangssituationen und Perspektiven in diesen drei Kategorien entstehen auch unterschiedliche Spannweiten für den Finanzbedarf. Für die vorliegende Berechnung wurde jeweils der Mittelwert für die weitere Berechnung genutzt.

Der Modal Split der jeweiligen Gemeinden wurde größtenteils der Datenbank TEMS-Tool der EPOMM entnommen. Veraltete Werte wurden vereinzelt aktualisiert. Fehlende Werte wurden, wo möglich, durch individuelle Recherche ergänzt oder der bundesweite Durchschnitt von 8 % der Wege gesetzt.

Tabelle 19: Jährliche Investitionsbedarfe der Städte und Gemeinden in Mio. €

Beschäftigungsfeld	Inv. in Mio. € / Jahr
Infrastruktur Um- / Neubau, Erhaltung	815,2
Infrastruktur betriebliche Unterhaltung	137,5
Abstellanlagen	112,7
Nicht investive Maßnahmen (Kommunikation)	41,5
Weitere Maßnahmen (Fahrradverleihsystem, Fahrradstation)	122,3
SUMME der Investitionsbedarfe der Städte und Gemeinden	**1.229,1**
Infrastruktur Um- / Neubau, Erhaltung	200,0
Infrastruktur betriebliche Unterhaltung	26,0
Abstellanlagen	82,2
SUMME der Investitionsbedarfe der Landkreise	**308,2**
SUMME der Investitionsbedarfe	**1.537,3**

Quelle: M-Five auf Grundlage von (BMVI, 2012)

Durch die im NRVP2020 vorgegebene Zuordnung der Investitionsbedarfe zu den drei genannten Gemeindekategorien lassen sich nun die Bedarfe auf Kreisebene ermitteln. Für die Berechnung der Investitionsbedarfe der Landkreise wird der Durchschnittswert in € pro EW und Jahr angesetzt, wodurch hier ein weiterer Investitionsbedarf von 308 Mio. € entsteht.

Die Umrechnung in Beschäftigte erfolgt mit Hilfe der von der European Cyclists‘ Federation ermittelten 7,8 Vollzeitäquivalente je investierter Millionen im Bereich Fahrrad (BLONDIAU & VAN ZEEBROECK, 2014).

Daraus entstehen für die Fahrradinfrastruktur folgende Beschäftigungswirkungen:

Tabelle 20: Beschäftigung im Bereich Fahrradinfrastruktur

Bereich	REF-15	ES-35	MM-35
Infrastrukturherstellung	150[59]	7.200	7.200
Infrastrukturbetrieb	468[60]	5.500	7.500

Quelle: M-Five

[59] (MONHEIM u. a., 2016)

[60] Ermittelt auf Grundlage der Annahme, dass alle Städte >100.000 EW mindestens 1 personalbesetzte Fahrradstation besitzen, für welche im Schnitt 2,5 Beschäftigte pro Station für den Betrieb benötigt werden.

Die jährlichen Investitionen für Abstellanlagen von etwa 2,40 € pro Kopf liegen noch deutlich unter den 4 € pro EW, die der niederländische Fietserbond allein für Radabstellanlagen an Bahnhöfen für eine Steigerung der Radverkehrsleistung um 20 % fordert. Obwohl Radabstellanlagen an Bahnhöfen signifikant teurer als an anderen Standorten sind, macht dies deutlich, dass die obigen jährlichen Gesamtinvestitionen von etwa 19 € pro EW[61] im Vergleich zu den österreichischen und niederländischen Investitionen von 30 € und der Forderung von Greenpeace von 100 € pro EW sehr konservativ sind.

5.3.2 Herstellung und Verkauf von Fahrrädern, Fahrradteilen und Zubehör

Im Jahr 2015 gab es in Deutschland ungefähr 72 Millionen klassische Fahrräder und 2 Millionen Pedelecs. Gleichzeitig wurden in Deutschland 3,8 Millionen klassische Fahrräder und 535.000 Pedelecs (fälschlicherweise besser als „E-Bikes“ bekannt und im Folgenden immer inklusive S-Pedelecs) verkauft (ZWEIRAD-INDUSTRIE-VERBAND E.V. (ZIV), 2015).

Der Marktanteil von Pedelecs steigt seit Beginn dieses Massenmarktes 2009 stetig an. Vereinfachend nehmen wir an, dass der Marktanteil der Pedelecs von 23,5 % im Jahr 2018 in beiden Szenarien weiterhin um etwa 3 Prozentpunkte pro Jahr auf 50 % im Jahr 2027 anwächst (BOSCH EBIKE SYSTEMS, 2017). Ab 2027 geht das Anteilswachstum dann bis 2035 zurück.

Der Absatz klassischer Räder geht indes anteilig zurück. Aufgrund der Verkaufszahlen und der mit Fahrrädern zurückgelegten Fahrleistung der vergangenen Jahre lässt sich errechnen, dass aktuell je 8.500 mit einem konventionellen Fahrrad gefahrenen Kilometer ein neues konventionelles Fahrrad gekauft wird. Dies ergibt bei einer aktuellen jährlichen Fahrleistung von etwa 430 km eine Lebenserwartung von etwa 20 Jahren bzw. eine Ersatzquote von jährlich 5 %.

Für hochwertige Pedelec-Motoren geben Industrieexperten eine Lebenserwartung von etwa 20.000 - 30.000 km an. Bei einer Jahresfahrleistung von etwa 2.000 km und einer Lebenserwartung von 8 Jahren (ECF, 2011) kann daher davon ausgegangen werden, dass für durchschnittliche Pedelecs aktuell etwa alle 15.000 km ein neuer Motor anfällt. Akkus hingegen haben eine Lebenserwartung von etwa 3-5 Jahren, was bei der genannten Jahresfahrleistung etwa 6.000-10.000 km entspricht. Angesichts der technischen Entwicklungen ist davon auszugehen, dass Motoren im Jahr 2035 eine Laufleistung von mehr als 20.000 km, bzw. 10 Jahren und Batterien deutlich mehr als 10.000 km bzw. von 5 Jahren erreichen.

Da der niederländische Radbestand von 1,3 Fahrrädern pro EW bei einem Radverkehrsanteil von 7 % 2015 rund 0,4 Fahrräder pro EW und der niederländische Radverkehrsanteil um 4 Prozentpunkte höher lag als in Deutschland, kann vereinfachend angenommen werden, dass pro zusätzlichem Prozentpunkt des Radverkehrsanteils der Fahrradbesitz um 0,1 Prozentpunkte steigt. Somit kann für die Erhöhung von etwa 2,9 %

[61] 1.537 Mio. € / 80,9 Mio. EW

um über 2 Prozentpunkte auf 5,2 % im Umweltverbund-fokussierten Szenario MM-35 von einer Erhöhung des Fahrradbestandes von 2015 von 0,91 Fahrräder pro EW auf 1,1 Fahrräder pro EW im Szenario MM-35 und einer allenfalls marginal auf 0,95 Fahrräder pro EW steigenden Besitzrate im Szenario ES-35 ausgegangen werden.

Bei einem errechneten Pedelec-Bestand von etwa 9,6 Mio. im Szenario MM-35 und 5,0 Mio. im Szenario ES-35 mit einer Jahresfahrleistung von 2.000 km entstehen im Szenario MM-35 jährlich 19,3 Mrd. Pedelec- km und ein Absatz von über 1,57 Mio. Pedelecs und über 1,24 Mio. Ersatzakkus pro Jahr. Im Szenario ES-35 entstehen so jährlich 10,0 Mrd. Pedelec-km und ein Absatz von über 800.000 Pedelecs und 0,67 Mio. Ersatzakkus pro Jahr. Dies entspricht bei einem bis 2035 inflationsbereinigt um moderate 0,6% gestiegenen Durchschnittsumsatz von rund 2.606 € / Pedelec etwa 8,38 (in MM-35) bzw. 4,45 Mrd. € pro Jahr für Pedelecs (gegenüber rund 893 Mio. € in 2015) und bei (um die jährliche Inflation gesunkenen) 567 € / Akku etwa 432 bzw. 382 Mio. € pro Jahr für Ersatzakkus.

Konventionelle Fahrräder werden im Szenario MM-35 pro Jahr 4,4 Mio. und im Szenario ES-35 noch 3,8 Mio. Stück verkauft. Bei einem weitestgehend stagnierenden Umsatz pro konventionellem Rad ergibt dies einen Umsatz von 1,53 bzw. 1,33 Mrd. €.

Zu den Summen aus den Verkaufsumsätzen von Pedelecs und konventionellen Fahrrädern kommen noch etwa 35 % Umsatz durch den Verkauf von Fahrradteilen und Zubehör hinzu, was rund 3,5 bzw. 2,0 Mrd. € entspricht. Da der Anteil der Ersatzakkus am Umsatz mit Fahrradteilen von 2010 bis 2015 zwar von 10 auf 35 % gestiegen ist, deren Wertverlust pro gefahrene Kilometer jedoch in Zukunft stark abnehmen dürfte, können Ersatzakkus als Teil dieses Marktes betrachtet werden. Hinzu kommt die Beschäftigung und die Umsätze, die durch die Fahrradproduktion an sich und Reparaturen generiert werden.

Die Reparatur generiert zusätzliche rund 22,5 % des Gesamtumsatzes mit Fahrrädern, Fahrradteilen und Zubehör, was in etwa zusätzlichen 3,01 bzw. 1,75 Mrd. € entspricht. Anhand des hier etwas höheren Beschäftigungsfaktors des ECF (13,38 VZE / Mio. € Umsatz) ergeben sich hieraus weitere 40.281 bzw. 23.462 Beschäftigte.

Die Fahrradproduktion generiert in etwa 4,5 Arbeitsplätze pro 1000 in Deutschland produzierten Fahrrädern (Fahrradproduktion von etwa 2 Mio. Rädern geteilt durch die Conebi Erhebung 2016: 9.481 Arbeitsplätze). Bei einer Fahrradproduktion von 2,19 Fahrrädern im Referenzjahr 2015 entsprach dies einer Beschäftigung von 9.855 Personen. Unter der Annahme, dass deutsche Produzenten einen Marktanteil von rund 25 % der bis 2035 der in Deutschland verkauften Fahrräder halten können und bei konstanter Produktivität ist hier noch mit 6.457 bzw. 4.868 Arbeitsplätzen zu rechnen. Die folgende Tabelle fasst diese Umsätze und Beschäftigungswirkungen zusammen.

Tabelle 21: Herstellung und Verkauf von Fahrrädern, Fahrradteilen und Zubehör

Bereich	Umsatz REF-15 in Mio. €	Beschäftigung REF-15	Umsatz ES-35 in Mio. €	Beschäftigung ES-35	Umsatz MM-35 in Mio. €	Beschäftigung MM-35
Verkauf von Pedelecs	893	7.117	4.449	35.455	8.384	66.822
Verkauf konventioneller Fahrräder	1.527	12.170	1.325	10.557	1.527	12.171
Verkauf Fahrradteile & Zubehör	828	6.599	2.020	16.104	3.469	28.872
Fahrradproduktion inkl. Pedelecs	k.A.	9.855	k.A.	4.900	k.A.	6.500
Reparaturen	726	9.714	1.753	23.462	3.011	40.281
SUMME	3.974	45.455	9.547[62]	90.478	16.391[63]	154.646646

Quelle: M-Five

Es wird erkenntlich, dass die rückläufige Beschäftigung in der Produktion von Fahrrädern und Pedelecs durch die Zunahme im Verkauf von Pedelecs, Fahrradteilen und Zubehör sowie Reparaturen in beiden Szenarien überkompensiert wird, sodass eine Zunahme der Beschäftigung um 99 % (ES-35) bzw. ca. 240 % (MM-35) entsteht.

Die Beschäftigungswirkung wird in den Kreisen fortgeschrieben, in denen die Hersteller von Fahrrädern und Fahrradkomponenten zum Status quo verortet sind. Dies betrifft 64 der 402 Kreise. Neben Berlin und München sind dies beispielsweise Schweinfurt, Dithmarschen, Oldenburg und Steinfurt.

Bis zu 70 % der Transportkosten entstehen auf der ersten und insbesondere der letzten Meile. **Lastenräder und Lastenanhänger für Fahrräder** haben im städtischen Verkehr aufgrund ihres geringen Eigengewichts, geringerer Anschaffungs-, Energie und Unterhaltskosten, guter Abstellbarkeit und Wendigkeit, direkterer Anfahrtswege und der Möglichkeit, verstopfte Straßen über Fahrradwege zu umgehen, ein großes Einsparpotenzial gegenüber herkömmlichen Lieferfahrzeugen. Darüber hinaus haben selbst elektrifizierte Kleintransporter häufig Probleme, in Innenstädte vorzudringen und dort legale

[62] ohne Produktion
[63] ohne Produktion

Halteflächen zu finden. Verschiedene Studien beziffern das Verlagerungspotenzial im kommerziellen Lieferverkehr auf 23-33 % (RADKOMPETENZ ÖSTERREICH, 2018).

Neben der Liefer- und KEP-Branche werden Lastenräder außerdem im Kindertransport und für Einkäufe, als Verkaufsstand u. a. für Lebensmittel, als Informationsstand (Werbung, Tourismus etc.), im Handwerk, im Werkverkehr, im Personenwirtschaftsverkehr und für Dienstleistungen wie Landschaftspflege und Stadt- und Straßenreinigung eingesetzt.

Experten schätzten die gewerbliche Fahrradflotte in Deutschland im Jahr 2016 auf etwa 415.000 Räder, wovon etwa 52.000 Lastenräder sind (GRUBER & RUDOLPH, 2016). Gruber und Rudolph haben in einer Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr das Potenzial der gewerblichen Fahrradnutzung auf 8-23 % der jährlichen 3,9 Mrd. Fahrten des betrachteten Wirtschaftsverkehrs (KiD2010, davon relevante Fahrzeugklassen, davon dienstliche / geschäftliche Fahrtmotive, davon Einzel-Fahrten) beziffert. Dieser theoretische Maximalwert ist unter realistischen, jedoch günstigen Voraussetzungen ohne neue Logistikstrukturen erreichbar und entspricht rund 0,83 - 3,74 Mrd. Fz-km.

5.3.3 Zusammenfassung der Beschäftigungseffekte im Bereich Fahrradverkehr

Tabelle 22 zeigt die Beschäftigungseffekte, die durch die mehr oder minder starke Zunahme der Radverkehrsleistung in den Szenarien entstehen.

Tabelle 22: Beschäftigungseffekte des Fahrradverkehrs in Anzahl der Beschäftigten

Beschäftigungszweig	REF-15	ES-35	MM-35
Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge	9.900	4.900	6.500
Handel und Vertrieb der Fahrzeuge	25.900	62.100	106.600
Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge	9.700	23.500	40.300
Herstellung, Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur	600	12.700	14.700
SUMME	46.100	91.700	174.700

Quelle: M-Five, eigene Berechnungen

Es wird deutlich, dass im Szenario ES-35 die Beschäftigung in allen Bereichen des Fahrradverkehrs mit Ausnahme der Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge auf mindestens die doppelte Beschäftigtenzahl ansteigt und im Szenario MM-35 sogar das 3,8-fache Niveau im Vergleich zu 2015 erwartet wird.

Die absoluten Zunahmen kommen insbesondere aus den Bereichen Handel und Vertrieb sowie Instandhaltung und Wartung der Fahrzeuge. Gleichzeitig steigt die Beschäftigungsnachfrage durch Ausbau der Infrastruktur in beiden Szenarien stark an.

Die für die Zukunft modellierten Beschäftigungen in der Fahrradproduktion und Herstellung stellen einen unteren Schwellenwert dar, weil in der Realität viele kleine Unternehmen mit deutlich höherem Beschäftigungsaufwand insbesondere Spezialräder herstellen. Da von einem starken Wachstum im Bereich Lastenräder ausgegangen wird, könnte die tatsächliche Beschäftigung in diesem Bereich auch jenseits von 9.000 Beschäftigten bleiben.

6 Eckwerte der Beschäftigung des Güterverkehrs

Der Güterverkehr liegt nicht im Fokus der vorliegenden Untersuchung. Die Abschätzungen der Beschäftigten für den Status quo haben aber gezeigt, dass der Güterverkehr und die KEP-Dienste eine siebenstellige Zahl an Beschäftigten in Deutschland umfassen. Deswegen wird in diesem Arbeitspapier auch eine grobe regionale Fortschreibung der Beschäftigung im Güterverkehr durchgeführt.

Dabei wird auf Szenarien und Prognosen der Verkehrsleistung für 2030 sowie auf die Modellierung mit dem ASTRA-D Modell zurückgegriffen, welche bis 2035 fortgeführt wurde. Auf eine Differenzierung der Entwicklung des Güterverkehrs für die beiden Szenarien wurde verzichtet, (1) um die Ergebnisse aus der Analyse des Personenverkehrs nicht zu verzerren, und (2) um die Zahl der Annahmen für den Güterverkehr eng begrenzt zu halten.[64]

Die Modellierung des Güterverkehrs ergab die in Tabelle 23 dargestellte Entwicklung der Gütertransportleistungen (tkm). Das stärkste Wachstum von 2015 bis 2035 wird auf der Schiene erwartet, das schwächste auf dem Binnenschiff. Insgesamt wächst die Verkehrsleistung um +28 % auf 806 Mrd. tkm im Jahr 2035.

Tabelle 23: Modellierte Entwicklung der Gütertransportleistung

Gütertransportleistung	REF-15	Szenarien-35	Szenarien-35 gegenüber REF-15	
	tkm absolut	tkm absolut	Wachstum %	Wachstum p.a.
Schienengüterverkehr	116.200 Mio.	154.500 Mio.	33%	1,4%
Straßengüterverkehr	460.200 Mio.	585.300 Mio.	27%	1,2%
Binnenschiff	55.300 Mio.	66.670 Mio.	21%	0,9%
Gesamt (ohne See- & Küstenschifffahrt)	631.700 Mio.	806.470 Mio.	28%	1,2%

Quelle: Eigene Berechnung nach Verkehr in Zahlen 2018, Fraunhofer ISI, M-Five (ASTRA)

Ausgangspunkt für die Beschäftigungsrechnung im Güterverkehr war einerseits die Beschäftigung in den Wirtschaftszweigen des Güterverkehrs und andererseits die Verkehrsleistung bzw. für die KEP-Dienstleistungen die Fahrleistung von 2010 bis 2014.

[64] Für den Güterverkehr könnten, ähnlich wie in dieser Studie für den Personenverkehr, tief differenzierte Szenarien aufgebaut werden, z.B. mit einem Wechsel zu elektrifizierten Lkw oder zu Erdgas-/Biogas-Lkw, zu autonom und im Platoon fahrenden Lkw oder auch zu einem Schienengüterverkehr mit 1.500 m langen Zügen und einer Flächenerschließung durch die Bahn und neue Terminalkonzepte. Diese Szenarien wären dann ebenfalls auf ihre Beschäftigungswirkung hin zu untersuchen. Das war aber nicht Bestandteil dieser Studie.

Aus diesen wurde die Beschäftigungsintensität als der Quotient aus Beschäftigung und Verkehrs- / Fahrleistung gebildet.

Auch wenn die Entwicklung von 2010 bis 2014 keinen eindeutigen Trend zur Produktivitätssteigerung und damit der Verringerung der Beschäftigungsintensität aufweist, wurde eine Verbesserung der Produktivität um 0,5 % p.a. bis 2035 angenommen. Dies lässt sich z.B. durch die zu erwartenden Erfolge der Digitalisierung in den nächsten Jahren sowie den Druck zur Verbesserung durch den Fahrermangel begründen. Damit ergeben sich die in Tabelle 24 dargestellten Beschäftigungsintensitäten für den Güterverkehr für 2035.

Tabelle 24: Entwicklung der Beschäftigungsintensität im Güterverkehr und KEP

Beschäftigungs-zweig	Relation	2010	2011	2012	2013	2014	*Ø 2010 - 2014*	2035
Eisenbahnen	Beschäftigte / Mrd. tkm	261	244	253	250	250	*251*	227
Binnenschifffahrt	Beschäftigte / Mrd. tkm	63	78	73	69	74	*72*	65
Straßengüterverkehr	Beschäftigte / Mrd. tkm	817	874	918	924	816	*870*	787
Post-, Kurier-, Express-dienstleistungen	Beschäftigte / Mio. Fz-km	106	112	111	105	103	*107*	97

Quelle: Eigene Berechnung nach Verkehr in Zahlen 2018, BIEK 2018, M-Five

Anhand der modellierten Transportleistung (Tabelle 23) und der abgeleiteten Beschäftigungsintensität für 2035 (Tabelle 24) lässt sich die Beschäftigung im Güterverkehr grob prognostizieren. Dabei wurde auch untersucht, wie groß der Unterschied in der Beschäftigung im Güterverkehr ohne den jährlich 0,5 %-igen Produktivitätsfortschritt wäre. Tabelle 25 zeigt die Beschäftigung im Jahr 2035.

Bei konstanter Produktivität führt das Wachstum der Verkehrsleistung zu einem Anstieg der Beschäftigung um gut 340.000 Beschäftigte. Mit 0,5 % Produktivitätsverbesserung pro Jahr beträgt der Zuwachs noch 208.000 Beschäftigte. Mit den 1,166 Mio. Beschäftigten für den Güterverkehr im Jahr 2035 wurde im Folgenden für die Szenarien ES-35 und MM-35 weiter gerechnet.

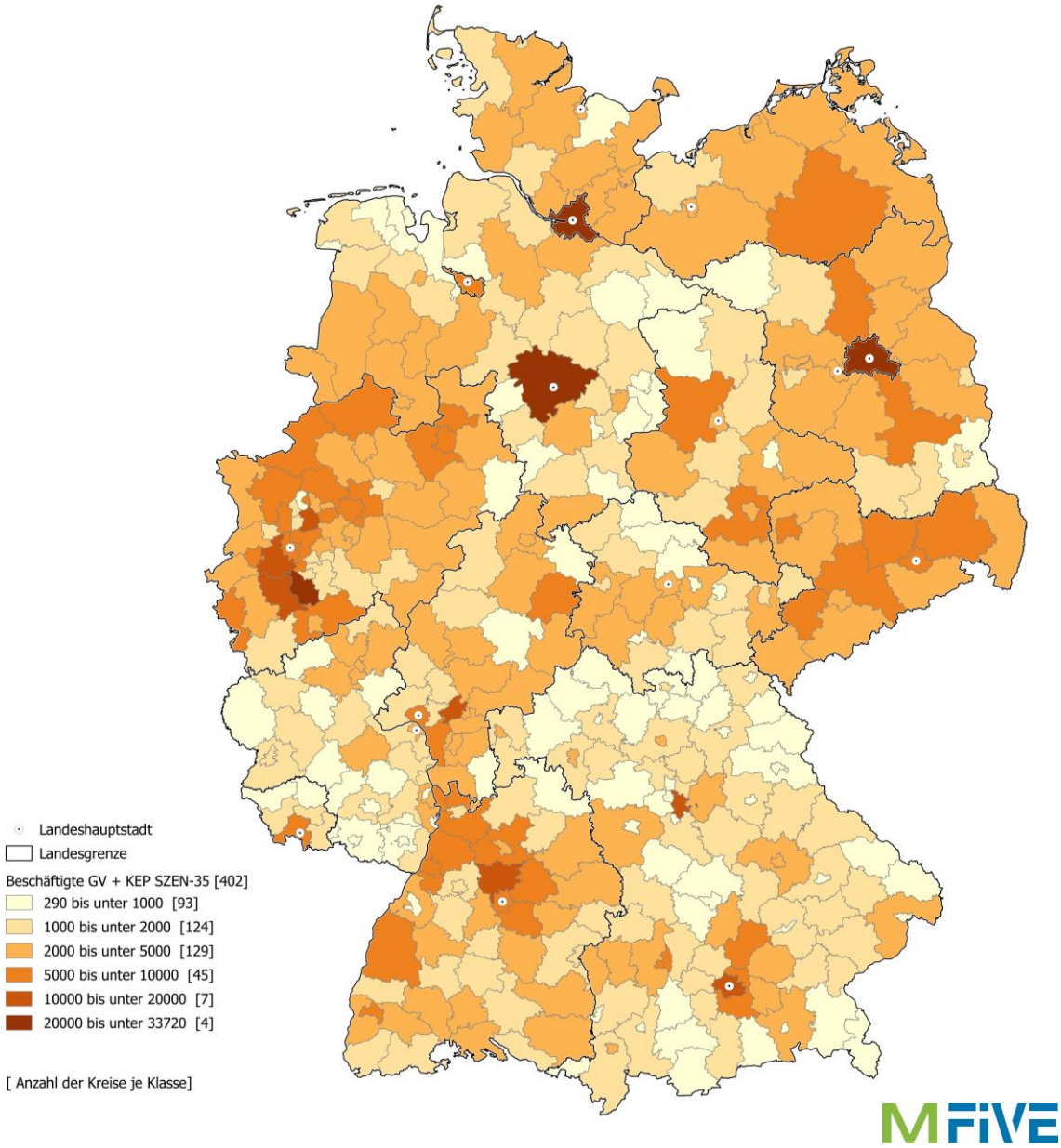
Tabelle 25: Prognostizierte Entwicklung der Beschäftigung im Güterverkehr und KEP bei konstanter und bei verbesserter Beschäftigungsintensität

Beschäftigungszweig	REF-15	Szenarien-35	
		konstante Produktivität	Verbesserung 0,5 % p.a.
Güterbeförderung im Eisenbahnverkehr	28.200	38.800	35.100
Güterbeförderung im Straßenverkehr	409.900	509.000	460.500
Güterbeförderung in der Binnenschifffahrt	4.400	4.800	4.300
Post-, Kurier-, Expressdienstleistungen	515.900	737.300	666.900
SUMME	958.400	1.289.900	1.166.800

Quelle: eigene Berechnung nach Verkehr in Zahlen 2018, BIEK 2018, Fraunhofer ISI, M-Five

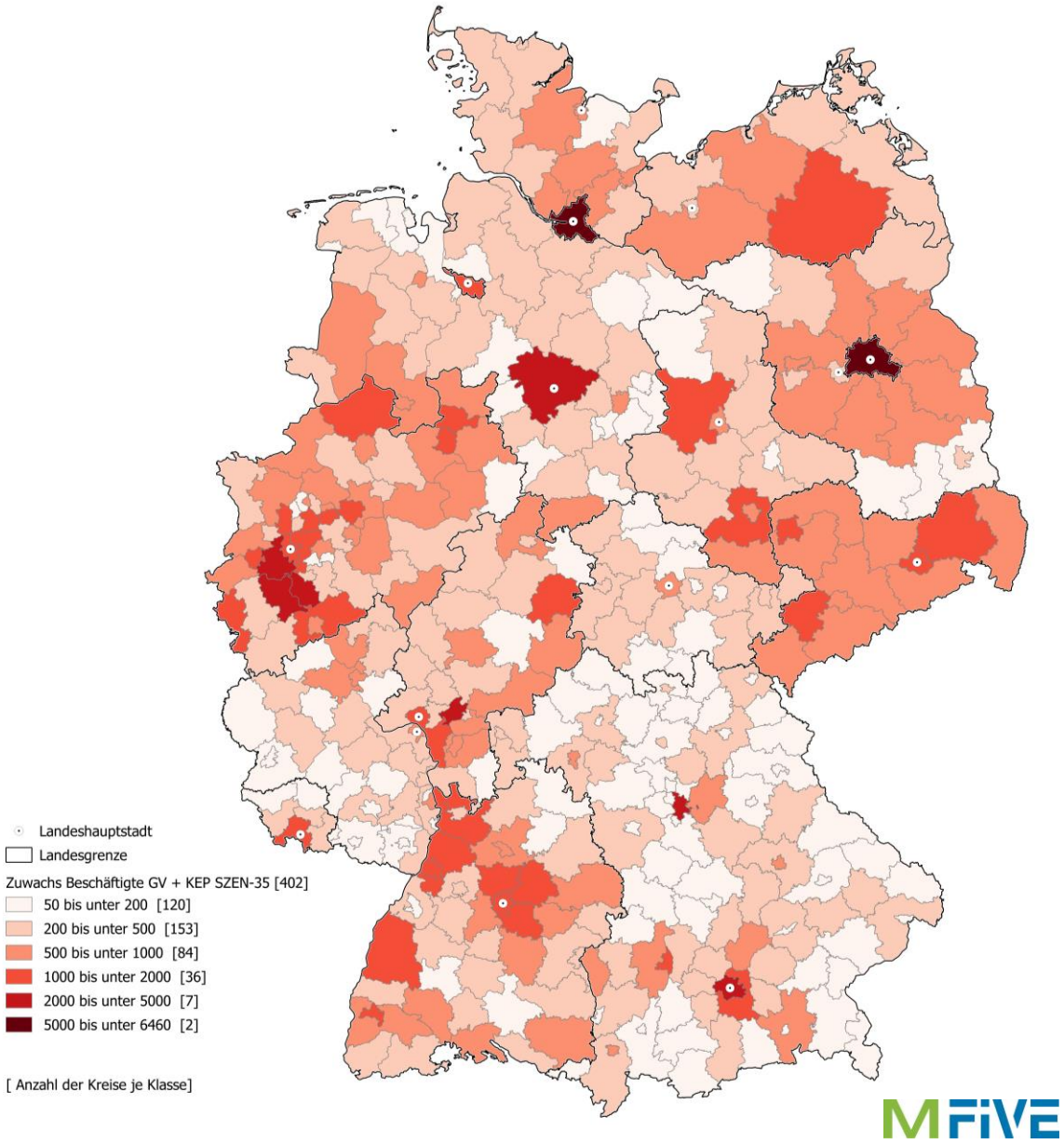
Die beiden folgenden Abbildungen stellen die Verteilung der Beschäftigung im Güterverkehr dar, wobei die Verteilungsschlüssel der Verkehrsträger aus dem Status quo genutzt werden. Abbildung 41 zeigt die absoluten Zahlen der Beschäftigung von Güterverkehr und KEP-Diensten auf. Die Schwerpunkte mit bis zu 34.000 Beschäftigten liegen dabei in den großen Städten wie Berlin und Hamburg, sowie im Kreis Hannover, bedingt durch eine Kombination aus hoher KEP-Nachfrage und hohem Güterverkehrsaufkommen.

Abbildung 41: Beschäftigung durch Güterverkehr und KEP-Dienste in den Szenarien 2035



Die Veränderung der Beschäftigung durch Güterverkehr und KEP-Dienste ist in Abbildung 42 dargestellt. Die wachsende Verkehrsnachfrage führt zu über 6.000 mehr Beschäftigten im Güterverkehr in Berlin und Hamburg.

Abbildung 42: Zunahme der Beschäftigung durch Güterverkehr und KEP-Dienste in den Szenarien 2035



7 Beschäftigungseffekte durch Digitalisierung

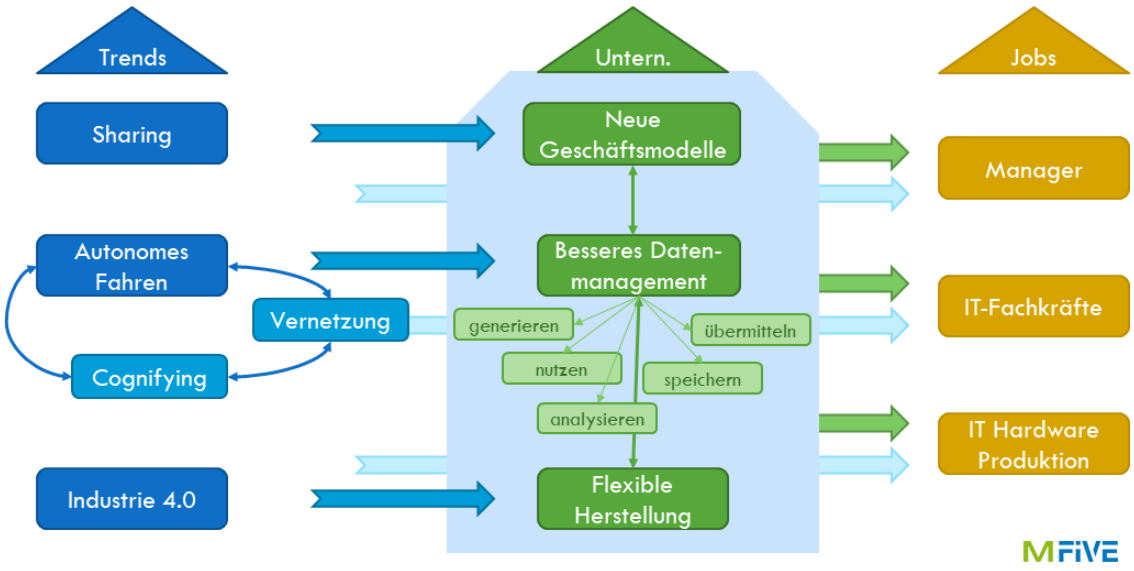
Die Digitalisierung ist eng mit vielen der in diesem Papier beschriebenen Transformationen verbunden. Wir verwenden Digitalisierung hier als Oberbegriff für eine Vielzahl technologischer Trends und Innovationen in der IT und künstlichen Intelligenz (KI). Diese werden zu erheblichen Transformationen führen, viele neue Arbeitsplätze schaffen und viele bestehende bedrohen. Diese Arbeitsmarkteffekte sind Gegenstand dieses Kapitels.

Die Digitalisierung der Automobilwirtschaft wird durch mehrere Trends getrieben. Zentral sind dabei vor allem die folgenden drei Trends:

- Autonomes Fahren
- Industrie 4.0
- Car-Sharing

Andere Trends sind sicherlich ebenfalls wichtig, aber weniger zentral. Einige von ihnen sind gewissermaßen „enabling technologies“, die in einem engen Zusammenhang mit den oben genannten Trends stehen. Das gilt vor allem für die Vernetzung, die für alle drei Trends erforderlich ist. In ähnlicher Weise gilt das auch für „Cognifying“: Das bedeutet, dass verschiedenste Gegenstände intelligent gemacht werden, indem sie z. B. mit einem Chip ausgestattet werden und damit Informationen generieren und übermitteln können (KELLY, 2016). Für das autonome Fahren ermöglicht ein zunehmender Grad an Vernetzung und Cognifying eine zunehmende Automatisierung. Obwohl wir diesen Zusammenhang in unserem Schaubild für das autonome Fahren hervorgehoben haben besteht er in ganz ähnlicher Weise auch bei Car-Sharing und Industrie 4.0.

Abbildung 43: Digitalisierungstrends und Beschäftigungseffekte



Quelle: eigene Darstellung

Diese Trends haben jeweils das Potenzial, Produkte oder Dienstleistungen sowie ganze Märkte zu transformieren, Bedarf für neue Produkte und Komponenten zu schaffen und andererseits auch bisherige Tätigkeiten abzuschaffen oder zu marginalisieren. Daraus

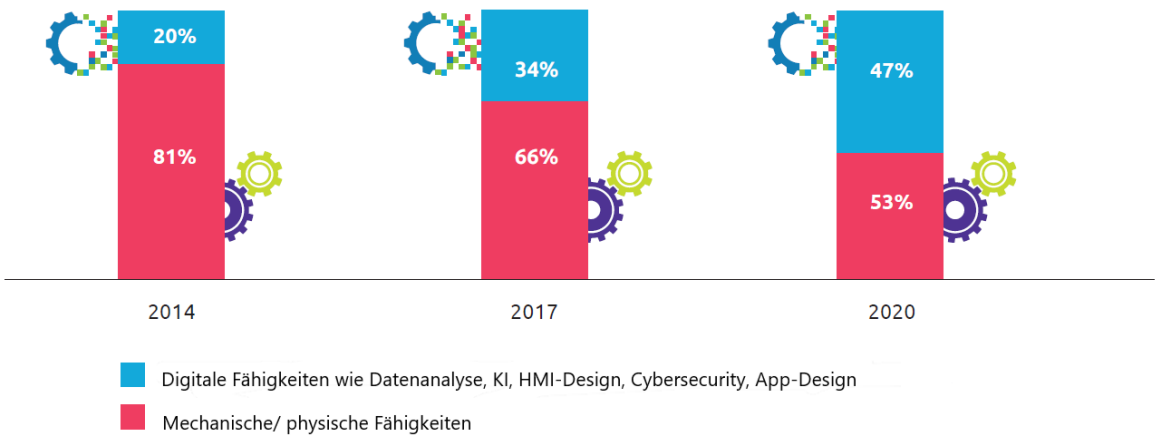
folgen sehr komplexe und schwer vorhersehbare Veränderungen. Insbesondere sind auch die Nettobeschäftigungswirkungen aus diesen Trends ungewiss.

Neue Arbeitsplätze

An vielen Stellen wird Bedarf für neue Expertise und Komponenten entstehen. Alle beschriebenen Trends bringen neue IT-Hardware-Anforderungen mit sich: neue Chips, Sensoren, Speichermedien für rapide zunehmende Datenmengen uvm. Z. B. könnten Sitze mit Chips ausgestattet werden, die erfassen, in welchem Zustand sich die Sitze zu jedem Zeitpunkt der Produktion und Benutzung befinden und wann sie repariert oder ersetzt werden müssten (CLAAS, 2017). Dadurch können sowohl Produktionsabläufe als auch Instandhaltung optimiert werden. Autonome Fahrzeuge brauchen vielfältige Chips und Sensoren, um das Umfeld zu scannen und zu verstehen sowie z. B. Lichtsysteme, um mit anderen (nicht-automatisierten) Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren. Elektroautos haben auch ohne Automatisierung wesentlich höhere Anforderungen an moderne Hardware – nach Einschätzung von Infineon werden in einem Fahrzeug Chips im Wert von 695 Dollar verbaut und damit etwa doppelt so viel wie bei einem normalen Auto heutzutage (WINTERHAGEN, 2018).

Neben Hardware wird auch ein großer Bedarf an IT-Spezialisten entstehen. Das moderne Auto hat immer mehr Code und setzt daher immer mehr Programmierer voraus. Umfassende Digitalisierung und Vernetzung machen auch andere Arten von IT-Fachleuten notwendig – z. B. Designer von Human-Machine-Interaction und IT-Security. Anforderungen an Software-Engineering betreffen auch die Zulieferer, da auch Komponenten wie z. B. Bremssysteme mit immer mehr Software ausgestattet werden. Dadurch könnte auch eine ganz neue Zuliefererebene entstehen, in der sich ZF schon platzieren will: Tier-0,5-Zulieferer, also zwischen OEMs und Tier-1-Zulieferern. Hier geht es darum, die Software und Systeme von Komponenten z. B. verschiedener Bestandteile von Bremssystemen zu integrieren (POLOCHOW, 2017).

Abbildung 44: Anforderungen bezüglich digitaler Fähigkeiten im Allgemeinen

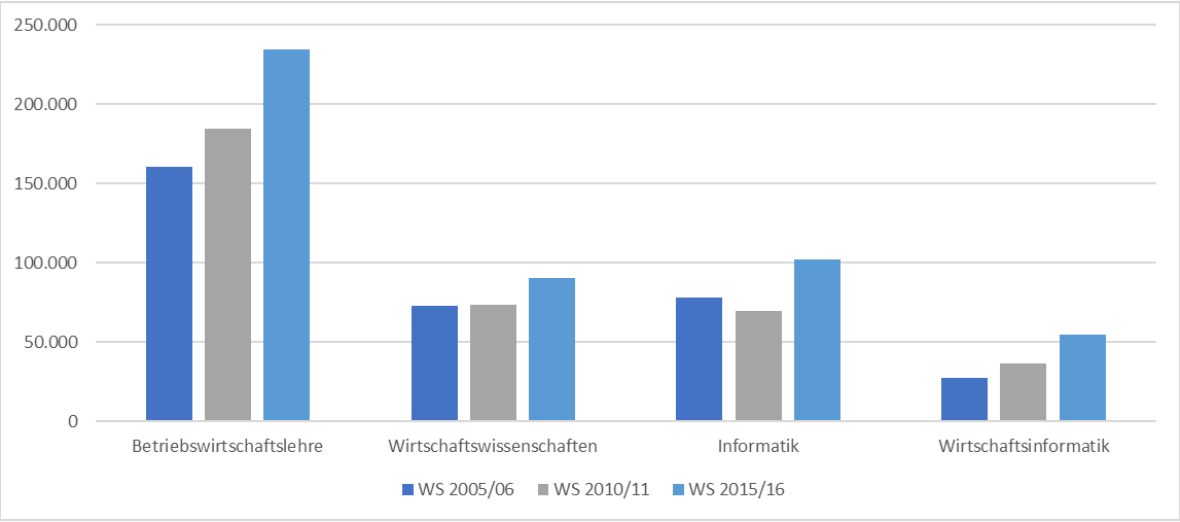


Quelle: (PETIT u. a., 2018)

Digitale Kompetenzen werden in den nächsten Jahren noch viel wichtiger werden, wie eine Capgemini-Studie gezeigt hat (PETIT u. a., 2018). Schon bis 2020 stellt sie eine enorme Steigerung der Anforderungen bei Arbeitgebern fest. Es ist aber fraglich, inwieweit Arbeitnehmer mit dieser Entwicklung Schritt halten können. 2015 erfolgten 25.000 Studienabschlüsse im Bereich Informatik. Obwohl die Zahl der neu Studierenden im Fach Informatik stetig steigt und immer neue Rekorde erreicht (im Wintersemester 2016/17 mit ca. 110.000 (DESTATIS, 2017, S. 37)) sind dem Arbeitsplatzwachstum damit doch deutliche Grenzen gesetzt. Ende 2017 waren 55.000 IT-Stellen nicht besetzt und die Vakanzzeiten in vielen IT-Berufen mit durchschnittlich 148 Tagen etwa 40 % höher als der Durchschnitt für Fachkräfte. IT-Kompetenzen aus angrenzenden Disziplinen könnten diesen Engpass zukünftig etwas verringern.

Ein besonderer Indikator für diesen zusätzlichen Kompetenzaufbau bildet die Wirtschaftsinformatik, da hier unternehmerisches Denken und IT-Fachwissen verbunden werden. Die Studierendenzahl in der Wirtschaftsinformatik steigt seit 2005 ebenfalls stetig an (siehe Abbildung 45). Sie lag im Wintersemester 2016/17 bei knapp 57.000 Studierenden. Davon befanden sich ca. 23.500 im ersten Fach- bzw. Hochschulsemester (DESTATIS, 2017, S. 37). Unter der Annahme, dass sich das Wachstum der Studierendenzahlen im Allgemeinen und jenes der Wirtschaftsstudiengänge im Besonderen fortsetzt, kann für die nächsten Jahre mit einer „Ausstrahlung“ auf die (Wirtschafts-)Informatik gerechnet werden. Bereits im Wintersemester 2015/16 übertraf die Studierendenzahl der Informatik die der Wirtschaftswissenschaften (ohne Betriebswirtschaftslehre). Jedoch dürfte es noch Jahre dauern, bis die Größenordnung der Betriebswirtschaftslehre erreicht ist.

Abbildung 45: Zahl der Studierenden in Wirtschafts- und Informatikstudienfächern von WS 2005/06 bis WS 2015/16



Quelle: (DESTATIS, 2006, , 2011, , 2016), eigene Darstellung M-Five

Eine gegenläufige Beeinträchtigung der Beschäftigungssituation erwächst wiederum aus der Automatisierung: Einige Softwareprodukte werden aber inzwischen auch immer weniger von Programmierern, sondern stattdessen von künstlicher Intelligenz entwickelt. Das trifft z. B. auf Sprachassistenten zu, für deren Herstellung lediglich einige KI-Experten benötigt

werden. Der Anwendungsbereich für KI könnte sich in Zukunft erheblich ausweiten und viele der positiven Beschäftigungseffekte aushebeln.

Die Debatte um Arbeitsplatzverluste

Die meisten dieser Trends und die damit verbundenen Technologien werden also auch viele Beschäftigte ersetzen. Die Größenordnung und zeitliche Verteilung dieser Verdrängung ist noch sehr ungewiss und Gegenstand einer größeren Debatte. Dasselbe gilt für die Frage, inwieweit die oben beschriebenen positiven Arbeitsmarkteffekte in der Lage sind, diese Verdrängung auszugleichen. Diese Debatte wollen wir im Folgenden kurz beschreiben.

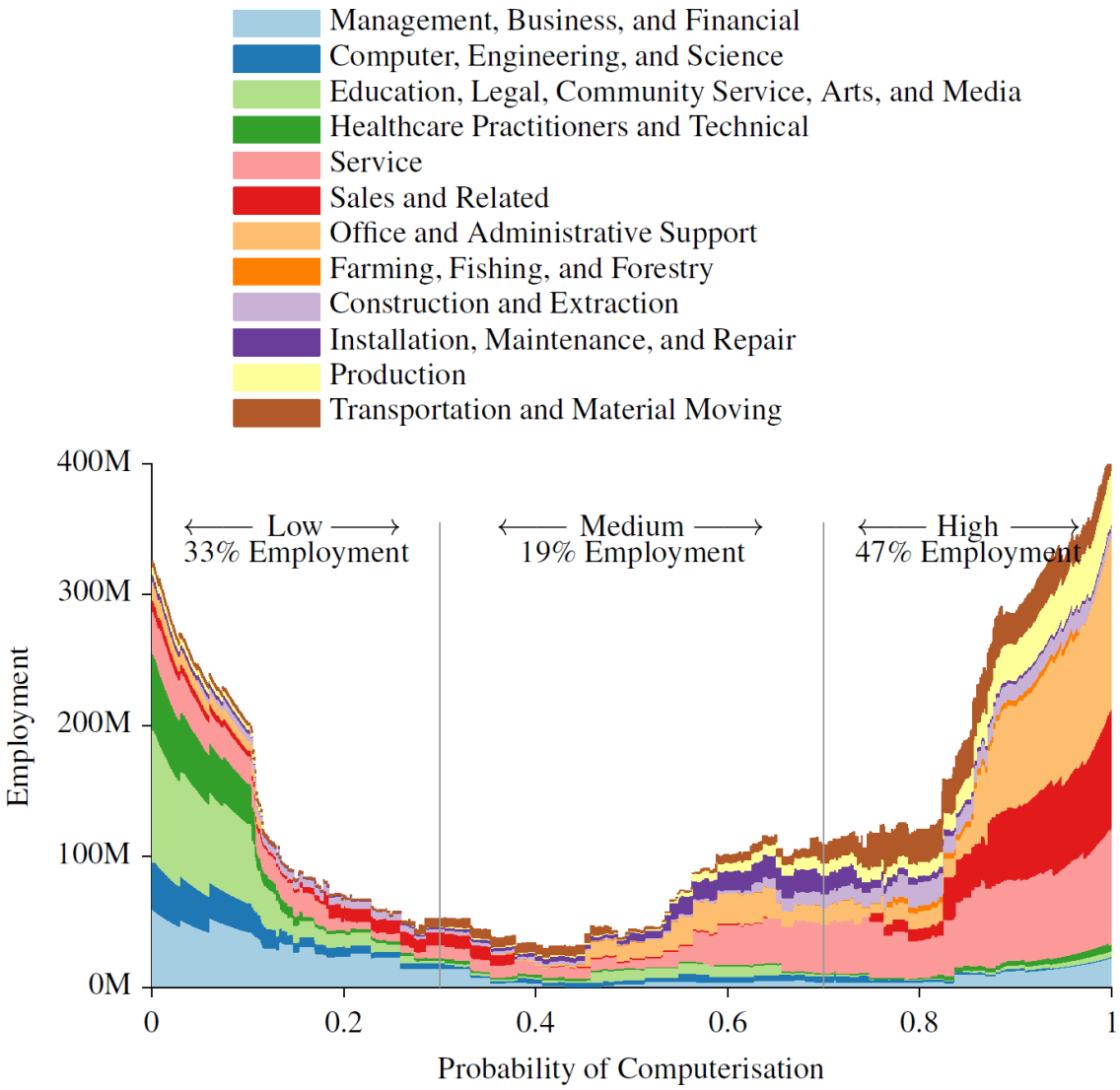
Als konkreter Anfangspunkt der quantifizierten Debatte wird oft die Studie von Frey und Osborne (FREY & OSBORNE, 2017) angesehen. Die Idee, dass die technologisch bedingte Verdrängung von menschlicher Arbeit systematisch schneller werden könnte als die Rate der Schaffung neuer Arbeitsplätze geht aber schon auf Keynes zurück, der diese im Jahr 1933 formulierte (FREY & OSBORNE, 2017). Frey und Osborne haben die technologischen Fähigkeiten analysiert und auf viele verschiedene Berufe angewendet, um Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln, dass Arbeitsplätze in diesen Berufen bedroht werden könnten.

Tätigkeiten sind vor allem dann automatisierbar, wenn sie einen hohen Routinecharakter haben – das gilt für kognitive ebenso wie körperliche Aufgaben (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014). (FORD, 2015) schlägt dagegen Vorhersehbarkeit als nützlicheres Konzept in diesem Zusammenhang vor: Wenn ein Job von anderen erlernt werden könnte, indem sie die bisher erbrachten Tätigkeiten analysieren, sind die Chancen hoch, dass eines Tages ein Algorithmus dasselbe tun kann – vor allem mit weiteren Fortschritten bei Big Data. Die Studie von Frey und Osborne (FREY & OSBORNE, 2017) basiert vor allem auch auf der Erkenntnis, dass durch Maschinenlern-Algorithmen auch immer mehr nicht-routinierte Tätigkeiten automatisierbar und damit ersetzbar werden, insbesondere auch in den Bereichen Wahrnehmung und Manipulation, Kreativität und soziale Intelligenz.

Das folgende Diagramm fasst die Ergebnisse für Arbeitsplätze in den USA zusammen. Deutlich wird hier, dass die meisten Arbeitsplätze in industrieller Herstellung (gelb) und Logistik (braun) auf der rechten Seite konzentriert sind – also relativ hohe Automatisierungsrisiken haben. Beide Bereiche sind aber auch (wenn auch deutlich dünner) auf der linken Seite mit den niedrigen Risiken vertreten. Ähnlich sieht es bei administrativen Berufen aus. Einige bedrohte Berufe (mit Wahrscheinlichkeit) sind Busfahrer (67 %), Fahrer leichter Nutzfahrzeuge (69 %), Fernverkehr-Lkw-Fahrer (79 %), Gabelstaplerfahrer (82 %), Elektrotechniker (84 % - nicht bezogen auf Ingenieure), Angestellte in der Produktionsplanung (88 %), Bus- und Taxifahrer (89 %) und einige Arten von Fabrikarbeitern (92 %). Einige Facharbeiter sind dagegen eher im Bereich von 24 oder 38 %, während die meisten Ingenieurs- und Managerberufe oft deutlich unter 5 % liegen. Auch IT-Fachkräfte sind i. d. R. kaum bedroht, wobei einige von ihnen mit etwas höheren Risiken konfrontiert sind: Systemsoftwareentwickler mit 13 % und IT-Hardware-Ingenieur mit 22 %.

Während Arbeitsplätze in einigen Bereichen der Autoindustrie und des Verkehrssektors daher nach dieser Studie stark bedroht sind, gibt es auch viele andere, die relativ sicher sind – i. d. R. solche mit hohem Qualifikationsniveau. Dazu gehören insbesondere IT-Berufe, sowie Berufe im Management und Ingenieurswesen.

Abbildung 46: Automatisierungswahrscheinlichkeiten nach Frey und Osborne (2017)



Quelle: (FREY & OSBORNE, 2017)

Die Ergebnisse von Frey und Osborne gehören unter bisherigen Studien zum oberen Rand in Sachen Arbeitsmarktrisiken. Diese setzen erhebliche technologische Weiterentwicklungen voraus, die aber durchaus im Bereich des Möglichen sind. Ein Maximalszenario beschreiben sie allerdings nicht – das wäre eher die fast vollständige Verdrängung menschlicher Arbeit in einer ferneren Zukunft. Die Ergebnisse und Methodik der beiden Forscher haben heftige Kritik ausgelöst, insbesondere bei deutschen Arbeitsmarktökonomen, die einen alternativen Ansatz zur Quantifizierung der Risiken entwickelt haben.

In diesem Ansatz werden jeweils verschiedene Tätigkeiten eines Berufs analysiert und deren Automatisierbarkeit bewertet (ARNTZ u. a., 2017). Demnach können eher einzelne Tätigkeiten als ganze Berufe von Computern ersetzt werden (DENGLER, 2017). Mit diesem Ansatz kommen sie auf wesentlich geringere Anteile von Arbeitsplätzen, die einem hohen Risiko (mindestens 70 %) durch Automatisierung unterliegen: 15 % (Deutschland – höher als in anderen OECD-Ländern) gegenüber den 47 % (USA) von Frey und Osborne (DENGLER, 2017). Die Anteile der bedrohten Arbeitsplätze sind dabei umso höher, je größer der Anteil des verarbeitenden Gewerbes ist (Dengler 2017).

Weitere 45 % der Beschäftigten sind von einem mittleren Substitutionspotenzial betroffen, d. h. 30-70 % der Tätigkeiten können derzeit automatisiert werden (Dengler 2017). Hier ist wichtig zu beachten, dass diese Studien aktuelle technologische Potenziale beschreiben, während die Studie von Frey und Osborne auf Prognosen beruht, also zukünftige Potenziale abzuschätzen versucht. Daher kommen Studien des Tätigkeitsansatzes z. B. zu dem Ergebnis, dass Bus-, Taxi- und Lkw-Fahrer derzeit (!) nicht ersetzbar sind (DENGLER, 2017), während Frey und Osborne in der Zukunft hohe Automatisierungsrisiken für diese Berufe sehen (siehe oben). Wir halten die Ergebnisse von Frey und Osborne daher für eher auf die Zukunft anwendbar, da die anderen Ansätze gar nicht erst versuchen, zukünftige Technologiepotenziale zu beschreiben.

Die Arbeitsmarkttrends der letzten Jahre sind leider nicht ermutigend - trotz der sehr positiven Entwicklung des Arbeitsmarktes in Deutschlands. Die Wachstumsraten verschiedener Berufe unterscheiden sich erheblich und Analysen haben gezeigt, dass vor allem von Frey und Osborne als hoch automatisierbar eingeschätzte Berufe (z. B. Bürokräfte, Anlagen- und Maschinenbediener) schwach gewachsen sind, während das Wachstum in kaum ersetzbaren Berufen wie bei Managern und akademischen Berufen allgemein sehr hoch war (BRZESKI & FECHNER, 2018).

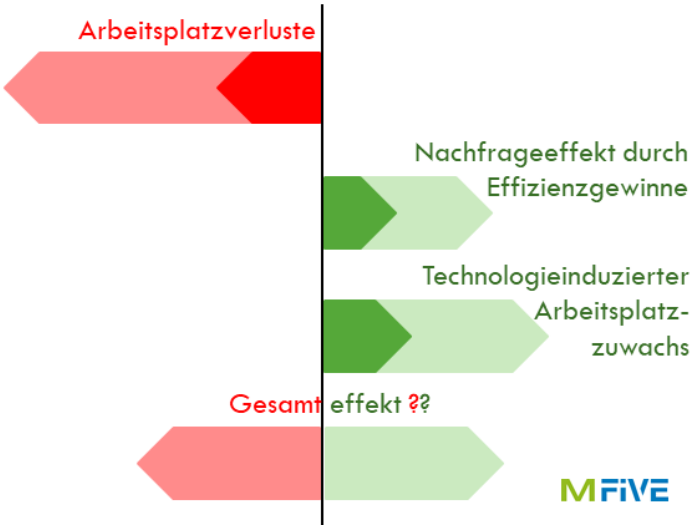
Auch die weiteren Arbeitsmarktentwicklungen deuten in eine deutlich andere Richtung als historisch üblich war: Während die meiste Zeit seit der industriellen Revolution mehr neue Arbeitsplätze entstanden als durch Technologie ersetzt wurden, scheint der Trend seit etwa Mitte der Neunziger Jahre in eine andere Richtung zu gehen (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014). FORD (2015) sieht auch konkretere Trends am Arbeitsmarkt, die auf eine beunruhigende neue Dynamik hindeuten: u. a. längere Arbeitssuchphasen und geringere Gehälter neuer Absolventen, mehr Langzeitarbeitslose, immer weiter wachsende Ungleichheit, verringerte Lohnanteile am BIP und Konjunkturerholungen ohne entsprechendes Jobwachstum.

Allgemeine Nachfrageeffekte

Zunächst führen technologisch bedingte Innovationen, die Arbeitsbedarf verringern, notwendigerweise auch zu Effizienz- und Produktivitätssteigerungen. Ohne überlegene Effizienz würden sie i. d. R. nicht eingeführt werden. Diese Produktivitätssteigerung erhöht wiederum die Gewinne und – sofern die Arbeitnehmer ihren Anteil davon bekommen – die Löhne. Sowohl höhere Gewinne als auch höhere Löhne sollten zu mehr Nachfrage führen und auf diese Weise an anderen Stellen zu neuen Arbeitsplätzen führen. Je größer der technologische Fortschritt und die Automatisierung zuvor menschlicher Arbeit, desto höher die Effizienz- und Nachfrageeffekte und die daraus folgende Stimulation des Arbeitsmarkts.

Allgemein sind die nachfrageinduzierten Arbeitsmarkteffekte und die automatisierungsbedingten Arbeitsplatzverluste also nicht unabhängig und sollten sich in etwa proportional entwickeln, sofern die Verteilung nicht Gehälter und arbeitsplatzschaffende Investitionen benachteiligt. Nach einer Studie von (ARNTZ u. a., 2017) haben diese Nachfrageeffekte in den Jahren 1999 bis 2010 die technologiebedingten Arbeitsplatzverluste mehr als ausgeglichen, wenn man einen Produktnachfragemultiplikator miteinbezieht.

Abbildung 47: Beschäftigungseffekte durch die Digitalisierung



Quelle: eigene Darstellung

Ausgewählte Wirkungen der Digitalisierung auf die Verkehrsbranche

Digitalisierung und „Dematerialisierung“ (Softwareentwicklung) werden für nahezu alle Beschäftigungsfelder im Fahrzeugbau, öffentlichen Verkehr sowie im Straßenverkehr insgesamt vielfältige Auswirkungen haben. Die Masse und Komplexität des Wirkungsgefüges schließen eine vollumfängliche Darstellung aus. Zudem sind Digitalisierung und Softwareentwicklungen typische Querschnittseffekte, deren Wirkungen sich kaum auf ein bestimmtes Beschäftigungsfeld alleine reduzieren lassen. Im Folgenden werden daher exemplarisch drei Bereiche ausgewählt, die zur Demonstration der Beschäftigungseffekte besonders geeignet sind:

1. die Verlagerung der Beschäftigung pro Fahrzeugmodul von der Hardware und Mechanik hin zur Software und Elektronik
2. die zunehmenden Potenziale vernetzter Signalgeber und Leitsysteme als Anwendung der Telematik im Straßenverkehr einschließlich des Parksuchverkehrs
3. die Wirkungen elektronischer Zugangssysteme zu Angeboten des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs unter Berücksichtigung der Daseinsvorsorge und des Datenschutzes

7.1.1 Veränderte Beschäftigungsanteile im Fahrzeugbau

Die Entwicklung im Fahrzeugbau ist durch eine tendenzielle Verschiebung der Kostenanteile weg von materiellen Aggregaten hin zur Elektronik gekennzeichnet. Der Anteil von Elektronik an den Gesamtkosten pro Fahrzeug (ohne Endmontage) nimmt seit Jahrzehnten immer weiter zu (SEIBERTH, 2015, S. 31). In naher Zukunft wird voraussichtlich die Marke von 50 % überschritten und sie erreicht bei Fahrzeugen mit Hybridantrieb bis zu 80 % (CHARETTE, 2009; SEIBERTH, 2015).

Vereinfacht ausgedrückt steckt der Wert eines neuzugelassenen Pkw bald mehr in der Soft- als in der Hardware. Die Tendenz verstärkt sich schrittweise über die Fahrzeuggenerationen. Dies ist nicht nur ein technisches Konstruktionsmerkmal, sondern auch ein Ausdruck veränderter Nachfragemuster: Digitale Endgeräte und ihre Funktionen werden auch im Verkehr zu den neuen Leitmedien, deren Attraktivität über den Erfolg ganzer Geschäftsmodelle entscheidet (CANZLER & KNIE, 2016).

In Verbindung mit datenbasierten Dienstleistungen lösen sie die mechanisch-materiellen Komponenten als Statussymbole und Kundenanreiz ab oder zumindest erweitern sie diese auf eine zweiseitige Qualitätsdifferenzierung von Pkw: elektro-mechanisch und digital-konnektiv. Das Internet kommt nicht nur ins Auto, sondern das Auto kommt umgekehrt auch ins Internet: als digital buchbares Carsharing-Auto, als Mitfahrangebot oder „schlicht“ als Datengeber für Verkehrsinformationen.

Treiber der „Dematerialisierung“ und Digitalisierung im Fahrzeugbau sind unter anderem folgende Entwicklungen:

- die zunehmend komplexer werdende Bordelektronik und damit verbundene, schnellere „Update-Fähigkeit“ technischer Parameter
- die erhöhten Erwartungshaltungen der Kunden hinsichtlich digitaler, personalisierter Dienste wie Navigation, Internet, soziale Netzwerke, Audio etc. (Bedeutungszunahme des Interieurs gegenüber dem Exterieur)
- die schrittweise Umstellung der Antriebe von fossilen Kraftstoffen auf alternative Energieträger, insbesondere regenerativ erzeugten Strom bzw. Wasserstoff (Ersetzung von Verbrennungs- durch Elektromotoren)
- sowie neue Geschäftsmodelle im Zuge der Shared Economy und datengestützter Dienstleistungen (nicht-stationsgebundenes und Peer-to-Peer-Carsharing, Weiterverwendung fahrzeuggenierter Daten)

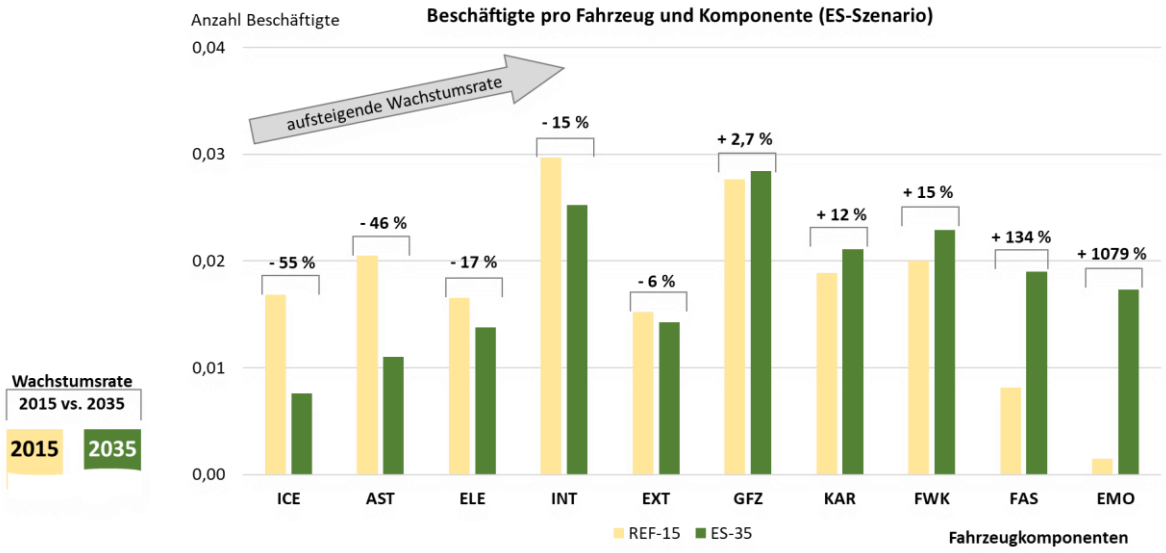
In den Berechnungen der Beschäftigungswirkungen im Fahrzeugbau wurden die oben genannten Entwicklungen bereits berücksichtigt. Sie werden hier nochmals unter dem Gesichtspunkt der Verschiebung zwischen Fahrzeugkomponenten zusammengefasst.

Abbildung 48 zeigt die Anzahl der Beschäftigten in der deutschen Pkw-Produktion (Inland) pro Pkw und Fahrzeugkomponente für das Szenario *ES-35*. Die Werte über den Balken geben die Wachstumsrate zwischen den Jahren 2015 und 2035 in Prozent wieder. Im Referenzjahr 2015 waren z. B. für die Komponente *Verbrennungsmotor & Aggregate (ICE)* pro hergestelltem Fahrzeug im Durchschnitt ca. 0,018 Personen beschäftigt. Dieser Wert sinkt bis zum Jahr 2035 im ES-Szenario auf ca. 0,008 Beschäftigte, was einem Rückgang um rund 55 % entspricht.

Die Komponenten sind in der Reihenfolge der Beschäftigungsentwicklung (Wachstumsrate) angeordnet: links die Komponenten mit sinkender Beschäftigungsintensität, rechts solche mit steigender Beschäftigungsintensität. Ganz links befindet sich die Antriebskomponente *Verbrennungsmotor & Antriebsaggregat (ICE),* deren Beschäftigungsintensität sich mehr als halbiert. Ganz rechts liegt die Komponente *elektrische Antriebe & Aggregate (EMO),* deren Beschäftigung sich mehr als verzehnfacht.

Neben dem Wandel der Antriebstechnik zeigt sich die Bedeutung des Softwareanteils. So haben die durch *Fahrassistenzsysteme (FAS)* beschäftigten Personen pro Fahrzeug ebenfalls eine erhebliche Wachstumsrate von über 134 %. Gleichwohl befinden sich aber auch im Szenario für 2035 noch Komponenten mit hohen Hardwareanteilen im Bereich ansteigender Beschäftigungsintensität. Dies betrifft etwa die Komponenten *Fahrwerk (FWK) und Karosserie (KAR)* mit einem Anstieg um 15 % bzw. 12 %.

Abbildung 48: Beschäftigte pro im Inland produziertem Pkw und Komponente[65] (Szenario "ES-35")



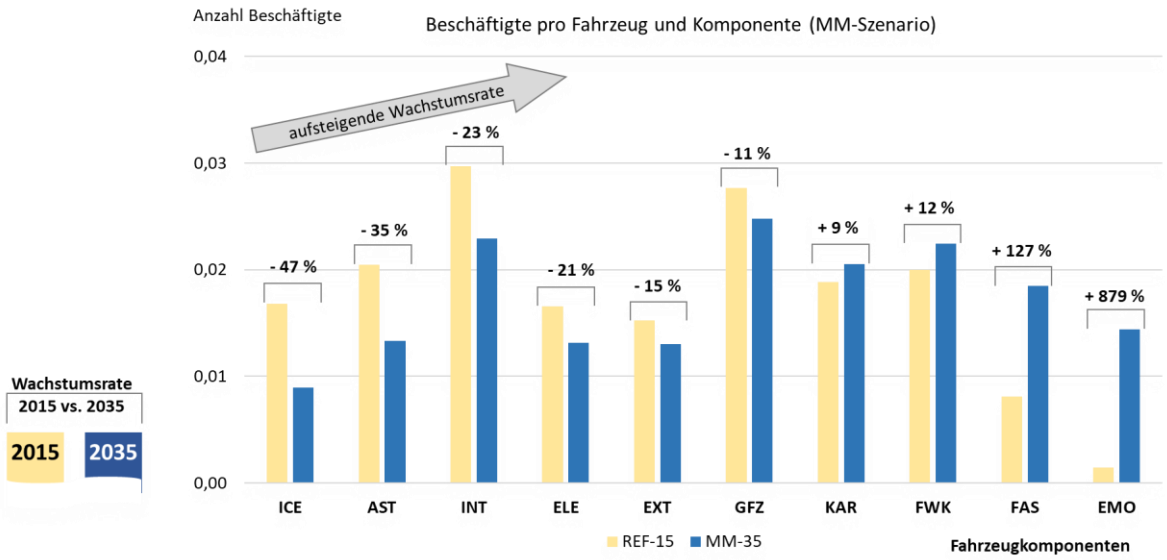
Quelle: (VDA, 2012, S. 44), eigene Berechnungen M-Five

Abbildung 49 zeigt die Beschäftigten pro Fahrzeugkomponente entsprechend für das Szenario *MM-35*. Die Reihenfolge der Komponenten ist ebenfalls entlang der Wachstumsrate von sinkender zu steigender Beschäftigungsintensität sortiert. Die Reihenfolge weicht von der vorherigen Grafik vor allem dahingehend ab, als dass die Beschäftigung bei der Komponente *Integration der Komponenten in das Gesamtfahrzeug* (GFZ) hier am stärksten zurückgeht.

Diese Unterschiede zum Szenario *ES-35* ergeben sich u. a. daraus, dass das Szenario *MM-35* insgesamt weniger auf die Elektrifizierung von Straßenfahrzeugen, sondern mehr auf eine Verkehrsträgerverlagerung zugunsten der Schiene ausgerichtet ist. Dennoch nimmt die Zahl der Beschäftigten bei der Komponente *Verbrennungsmotor & Aggregate* (ICE) mit - 47 % nur geringfügig weniger ab, als im Szenario *ES-35*. Zugleich fällt der Beschäftigungszuwachs der Komponente *elektrische Antriebe & Aggregate* (EMO) etwas schwächer aus. Mit fast 900 % Zuwachs hat diese Komponente aber dennoch die mit Abstand stärkste relative Steigerung aller Fahrzeugkomponenten gegenüber dem Referenzszenario, auch wenn der absolute Umfang kleiner als andere Komponenten ist (ca. 0,015 Personen pro Pkw im Jahr 2035).

[65] Die Abkürzungen der Komponenten bedeuten: AST = *Antriebsstrang*, ELE = *Elektronik ohne Fahrerassistenzsysteme*, EMO = *elektrische Antriebe & Aggregate*, EXT = *Exterieur*, FAS = *Fahrerassistenzsysteme*, FWK = *Fahrwerk*, GFZ = *Integration der Komponenten in das Gesamtfahrzeug / Fahrzeugmontage*, ICE = *Verbrennungsmotor & Aggregate*, INT = *Interieur*, KAR = *Karosserie*.

Abbildung 49: Beschäftigte pro im Inland produziertem Pkw und Komponente (Szenario "MM-35")



Quelle: VDA 2012, S. 44, eigene Berechnungen M-Five

Die Entwicklung der Beschäftigten pro Pkw und Fahrzeugkomponente bestätigt somit einige der oben genannten Digitalisierungstrends:

- Soweit die Assistenzsysteme als Bestandteil der Bordelektronik betrachtet werden, nimmt die Bedeutung für die Beschäftigung insgesamt deutlich zu: Auf die Komponenten *Elektronik* (ELE) und *Fahrerassistenzsysteme* (FAS) entfallen in beiden Szenarien zusammen ca. 0,04 Beschäftige – fast ein Viertel der Gesamtbeschäftigung pro Pkw.
- Die Beschäftigtenanteile am *Interieur* (INT) nehmen im Szenario *ES-35* zwar ab, liegen aber in beiden Szenarien auch 2035 noch deutlich über dem *Exterieur* (EXT).
- Die Umstellung der Energieträger von Benzin- und Dieselkraftstoffen auf elektrischen Strom hat deutliche Auswirkungen auf die Beschäftigung pro Pkw und Komponente: In beiden Szenarien übersteigen die Beschäftigungsanteile der Komponente *elektrische Antriebe & Aggregate* (EMO) jene der Komponente *Verbrennungsmotor & Aggregate* (ICE) erheblich.

Die voraussichtliche Zunahme der Wertschöpfung im Bereich Datenverarbeitung bzw. Weiterverwertung ist mit dem Komponentenmodell alleine nur schwer abzubilden, da sie nicht ausschließlich mit der Produktion heutiger Einzelkomponenten zusammenhängt. Es ist möglich, dass hierzu in der Zukunft separate Zusatzkomponenten entstehen, wie beispielsweise die Sensorik für (hoch)automatisiertes Fahren. Zudem gibt es beschäftigungsrelevante Digitalisierungstrends, die sich stärker außerhalb des eigentlichen Fahrzeuges widerspiegeln. Diese werden im Folgenden exemplarisch anhand der Telematik im Straßenverkehr betrachtet.

7.1.2 Telematik im Straßenverkehr (Leit- und Signaltechnik)

Der Telematik, d. h. dem Erfassen, Übermitteln, Verarbeiten und Nutzen verkehrsbezogener Daten, wird ein Potenzial zur Effizienzsteigerung des Straßenverkehrs zugeschrieben. Wesentliche Bereiche betreffen dabei die Stauvermeidung und die Reduzierung des Parksuchverkehrs durch Parkleitsysteme in Städten. Eine Studie der Prognos AG im Auftrag der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) kam im Jahr 2015 zu dem Ergebnis, dass in deutschen Städten pro Jahr bis zu ca. 560 Mio. Stunden für die Suche nach freien Parkplätzen aufgewendet werden.

Jede vierte Fahrt im Privatverkehr und jede fünfte Fahrt im Wirtschaftsverkehr wird als „potenziell Parksuchverkehrs-relevant“ eingeschätzt (RIKUS u. a., 2015, S. 72). Durch Telematik – insbesondere durch eine verbesserte Informationslage – lassen sich der Studie zufolge je nach Szenario in Städten pro Jahr zwischen 33 Mio. und 155 Mio. Stunden im Privatverkehr bzw. zwischen 8 Mio. und 26 Mio. Stunden im Wirtschaftsverkehr einsparen. Dies hat wiederum Reduzierungen von Fahrleistungen, Kraftstoffverbräuchen und Emissionen zur Folge (ebd.: 72 ff.). Auf betriebswirtschaftlicher Ebene haben besonders die Parkraumbetreiber ein hohes Interesse daran, Fahrer gezielt zu von ihnen bewirtschafteten Parkplätzen zu lotsen und diese optimal auszulasten (Verminderung des „Leerstandes“).

Ein weiteres zentrales Effizienzpotenzial liegt in der Vernetzung von Ampelsteuerungen (Lichtsignalanlagen). Die heute vielfach noch separat gesteuerten Ampeln könnten stadtweit miteinander vernetzt und mit Echtzeitdaten aus dem näheren Verkehrsumfeld „intelligent gemacht“ werden. Dabei können auch die Fahrzeuge mit den Ampelsteuerungen vernetzt und weitere Verkehrsteilnehmer erfasst werden. Es ist z. B. möglich, den Fahrern die optimale Geschwindigkeit zur Nutzung der sogenannten „grünen Welle“ anzuzeigen bzw. in ihrem Fahrerassistenzsystem einzustellen. Bei entsprechendem Vernetzungsgrad sind technisch jedoch noch weitaus komplexere Anwendungsfälle denkbar, indem etwa nachhaltigeren Verkehrsteilnehmern (z.B. schadstofffreie Pkw) eine „eingebaute Vorfahrt“ erhalten oder bei hohem Fußgänger- und Radverkehrsaufkommen die Ampelphasen für den motorisierten Verkehr angepasst werden[66]. Darüber hinaus gibt es auch Lösungen zur Verkehrssteuerung, die ganz ohne physische Ampel auskommen.

Als primäre[67] Beschäftigungseffekte durch Signal- und Leittechnik werden im Folgenden die für die Entwicklung, Herstellung und Wartung von Parkleitsystemen (PLS) und Lichtsignalanlagen (LSA) relevanten Beschäftigten betrachtet. Über die Zahl der Beschäftigten in diesem Bereich liegen keine einheitlichen Statistiken vor, da eine klare

[66] Neben der verkehrsplanerischen Steuerungswirkung werden hierbei politische und rechtliche Implikationen sichtbar (Bevorrechtigung, Personenerfassung), deren Diskussion den Rahmen dieser Studie sprengen würde.

[67] Als Sekundäreffekt kommt z.B. zusätzlicher Konsum der Verbraucher durch Zeitgewinn und Stressreduzierung bei Erledigungs- oder Freizeitfahrten in Betracht. Neben Rückfahrten zum Wohnort zählen Erledigungs- oder Freizeitfahrten zu den wesentlichen Anlässen, in denen Parksuchverkehre anfallen (Rikus et al.2015: 72). Auch aus intelligenten Ampeln könnten Zeitersparnisse und gesenkte Raumwiderstände erwachsen, die monetär umsetzbar sind. Inwieweit diese Effekte ausreichen, um zusätzlich Beschäftigungsverhältnisse im Einzelhandel, in der Gastronomie oder in der Freizeitindustrie zu generieren, ist jedoch mangels empirischer Erhebungen schwer ermittelbar. So wäre es beispielsweise auch denkbar, dass die Zeitersparnisse nicht in längeren Verweildauern, sondern in weitere Wege umgesetzt werden.

Zuordnung fehlt: Beispielsweise entwickeln Softwareunternehmen nicht ausschließlich Software für den Straßenverkehr.

Auch die Zuordnung der Produkte nach Absatzfeldern ist nicht immer trennscharf: Für andere Anwendungen entwickelte Systeme werden allmählich auch für die Steuerung des fließenden Straßenverkehrs relevant, was ursprünglich zum Teil nicht beabsichtig war. Zudem gibt es Unternehmen mit Sitz im Ausland, die in Deutschland nur vergleichsweise wenige Mitarbeiter beschäftigen, mit ihren Produkten aber dennoch den Inlandsmarkt an Signal- und Leittechnik im Straßenverkehr beeinflussen.

Die Online-Recherche ergab, dass in Deutschland von gut 80 relevanten Infrastrukturbetreibern und IT-Unternehmen aus dem Straßen- und Personenverkehr rund 30 den Bereichen Parking / PLS und Telematik / LSA zuzuordnen[68] sind. Diese Unternehmen haben in der Summe etwas mehr als 11.000 Mitarbeiter, wobei dies mangels Vollerhebung eine Untergrenze markiert. Die Obergrenze liegt unserer Schätzung zufolge bei bis zu ca. 30.000 in der Telematik des Straßenverkehrs Beschäftigten, je nachdem wie weit der Telematik-Sektor gefasst wird. Hierzu zählen beispielsweise die Mitarbeiter von Verkehrsmanagementzentralen für die Verkehrslenkung in Kommunen (SANDROCK & RIEGELHUTH, 2014). Den Hauptanteil haben die Unternehmen im Bereich Parking / PLS, da hierunter die Betreiber von Parkgaragen zusammengefasst wurden (siehe Tabelle 26).

Für die Abschätzung der Beschäftigten in den Szenarien wurden folgende Annahmen getroffen: Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass auch bei zunehmender Automatisierung der Fahrzeugflotten noch so viele manuell bzw. teilmanuell gesteuerte Fahrzeug verkehren, dass für die Parkleitung und Telematik Mensch-Maschine-Schnittstellen (PLS / LSA) notwendig bleiben. Gleichwohl kann sich die Substitution von Privat-Pkw durch autonome Shuttles und Robo-Taxen vermindernd auf die Parkplatzzahl auswirken, da hochautomatisierte Fahrzeuge voraussichtlich mehr in Bewegung sein werden als herkömmliche Fahrzeuge.

Tabelle 26: Beschäftigte in den Bereichen „Parking / PLS“, und „Telematik / LSA“

	REF-15	ES-35	MM-35
Parking / PLS	10.100	24.400	10.150
Telematik / LSA	1.100	4.400	2.200
SUMME Beschäftigung	11.200	28.800	12.350

Quelle: Online-Recherche und eigene Berechnung M-Five

Die Anzahl der bewirtschafteten Parkplätze korreliert unserer Annahme nach mit der Anzahl der verfügbaren Pkw. Weniger Fahrzeuge senken den Bedarf an Abstellgelegenheiten und damit die Nachfrage nach bewirtschafteten Parkplätzen.

[68] Beide Bereiche sind unternehmensseitig nicht vollständig trennscharf, die Zuordnung erfolgte nach dem Schwerpunkt-Prinzip.

Dies bedeutet für das Szenario *MM-35*, in dem von einem Rückgang der Privat-Pkw um mehr als die Hälfte ausgegangen wird, dass trotz erhöhter Beschäftigungsintensität pro bewirtschaftetem Parkplatz die Zahl der Arbeitskräfte im Bereich „Parking / PLS“ nur unwesentlich (um ca. 150 Personen) ansteigt. Die Abkehr der Konsumenten vom Privat-Auto schwächt die Nachfrage nach bezahltem Parkraum zusätzlich ab. Die Digitalisierung der Straßeninfrastruktur – für Privat-Fahrzeuge – erfolgt daher langsamer und niederschwelliger als im Referenzjahr 2015 erwartet.

In unserem Szenario *ES-35* steigt die Zahl der Beschäftigten hingegen an, da die Fokussierung auf den elektrischen Straßenverkehr zu einem Bedarf an (elektrifizierten) Parkplätzen und Leitsystemen zur Findung freier Lademöglichkeiten sorgt. Die Energiezufuhr der Fahrzeuge erfolgt nicht mehr nur zentral an Tankstellen, sondern verteilt in der Fläche. Bewirtschaftete Parkplätze werden somit um zusätzliche Aggregate (induktive Ladeflächen) und Softwaresysteme (Übermittlung von Ladezeiten und Ladezuständen) ergänzt. Diese zusätzlichen Elemente zum heutigen Parkraummanagement müssen gewartet, ausgetauscht bzw. geupdatet werden. Durch den zusätzlichen Service steigt auch die Preisbereitschaft der Nutzer und die Ausdifferenzierung von Geschäftsmodellen. Die Zahl der Beschäftigten pro bewirtschaftetem Parkplatz nimmt daher zu, was den Rückgang der privaten Pkw überkompensiert und zu einem Beschäftigungsniveau von rund 24.000 Personen im Bereich Parking / PLS führt.

Im Unterschied zu den Parkplätzen korrelieren die Telematik, insbesondere die Lichtsignalanlagen, nicht notwendigerweise mit der Fahrzeugzahl, denn auch weniger und manuell gesteuerte Fahrzeuge benötigen flächendeckend Ampeln. [69] Stattdessen kann aber von einer Korrelation zwischen LSA und Bevölkerungszahl ausgegangen werden. Einer „Faustformel“ zufolge beläuft sich die Anzahl der LSA in deutschen Städten tendenziell auf etwa eine Anlage pro 1.000 EW, was stichprobenhafte Recherchen bestätigten (BAVC, 2018). Bemerkenswerterweise ist die Gesamtzahl an LSA in Deutschland nicht genau bekannt. Ihre Anzahl wird auf etwa 50.000 bis 60.000 Anlagen geschätzt, die jeweils mehrere Signalgeber – einzelne „Ampelkästen“ – umfassen (TSC, 2014). Angenommen, die Anzahl pro 1.000 EW des Referenzjahres 2015 bliebe konstant, kann damit nur von einem mäßigen Bedarf an zusätzlichen LSA ausgegangen werden. Denn die Bevölkerungszahl in den städtischen und (leicht) verdichteten Kreistypen[70] C1 – C3 bzw. N1 – N3 wird voraussichtlich um ca. 450.000 Personen oder 0,7 % leicht ansteigen. Damit steigt auch der Bedarf an LSA nur geringfügig um bis zu knapp 500 Anlagen.

Durch die digitale Vernetzung der Anlagen untereinander sowie mit den Fahrzeugen und dem weiteren urbanen Umfeld nimmt aber die Beschäftigungsintensität pro Anlage zu, was einen zusätzlichen – wenn auch nur leichten – Anstieg der Beschäftigung auslöst. Dieser Effekt fällt im straßenorientierten Szenario *ES-35* etwas stärker aus als im

[69] Die mögliche Reduktion der Zahl der Lichtsignalanlagen durch straßenbauliche Elemente wie Kreisverkehre sowie Über- und Unterführungen wird hier außeracht gelassen, da sie in aller Regel keinen IT-Bezug haben. Manche Szenarien kommen auch ganz ohne Ampeln aus.

[70] Der dünnbesiedelte Kreistyp C4 bzw. N4 wurde nicht in die Berechnung einbezogen, da hier der Bedarf an LSA pro 1.000 EW als nicht vergleichbar mit demjenigen von Städten und (leicht) verdichteten Räumen angenommen wird.

schienenorientierten Szenario *MM-35*. Im ersten Fall ist ungefähr mit einer Vervierfachung, im zweiten Fall mit einer Verdopplung der heutigen Beschäftigtenzahl zu rechnen. Gedämpft wird der Anstieg wiederum durch Konzentrationsprozesse zugunsten ausländischer Signalhersteller und Standorte, wie er sich schon 2015 ankündigte (HEGMANN, 2015). Die „Smartifizierung" der Signalanlagen könnte die damit verbundenen Arbeitsplätze perspektivisch nach Deutschland zurückholen.

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 7 erläuterten Gefahr von Arbeitsplatzverlusten durch die Digitalisierung sowie das aktuell vergleichsweise geringe Beschäftigungsvolumen bleiben die Zahlen im unteren fünfstelligen Bereich. Insgesamt ist im Szenario *ES-35* mit knapp 29.000 und im Szenario *MM-35* mit etwas über 12.000 Personen zu rechnen, die unmittelbar durch straßenbezogene Leit- und Signaltechnik Beschäftigung finden.

7.1.3 Digitalisierung des Zugangs zum öffentlichen Personenverkehr

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der öffentliche Personenverkehr modernisiert und verlagerte seinen Schwerpunkt von der Angebots- zur Nachfrageplanung: Aus Beförderungsfällen wurden Fahrgäste. Als eine Herausforderung für die weitere Stärkung der Kundenfreundlichkeit ist dabei die Senkung von Zugangshemmnissen durch die Vereinfachung von Tarifstrukturen und Geltungsbereichen.

Digitale Medien versprechen eine Verschiebung der Komplexität, gleichsam „hinter den Rücken" des Kunden, indem dieser sich mit der Wahl des richtigen Tickets kaum mehr zu beschäftigen braucht. Via Smartphone, NFC und GPS-Ortung sind Abrechnungsverfahren möglich, die kaum noch das Zutun des Fahrgastes erfordern. Durch sensorgestützte Verfahren nach dem Prinzip Check-In / Check-Out (CICO) können Fahrten punkt- und zeitgenau abgerechnet werden.

Durch die Ausstattung ganzer Fahrzeuge mit Sensorik ist perspektivisch kein An- und Abmeldevorgang des Fahrgastes mehr erforderlich: er braucht nur die entsprechende App auf seinem mobilen Endgerät zu aktivieren und dieses mitzuführen. Allerdings steht die soziale Akzeptanz neuer Ticketing-Verfahren im Zusammenhang mit der Ausgestaltung der Daseinsvorsorge und des Datenschutzes: Die Ausstattung der Bevölkerung mit Smartphones schreitet rasch voran – im Referenzjahr 2015 nutzten in Deutschland 44 Mio. Personen ein Smartphone (BITKOM, 2015). Unter rund 1.600 Befragten im Alter von 14 bis 80 Jahren nutzen heute bereits knapp 30 % überwiegend das Handy- oder Mobil-Ticketing für Einzelfahrkarten und über 42 % der Befragten bevorzugen dieses Trägermedium für Einzelfahrkarten (SCHÄFER, 2018, S. 11 f.). Doch auch die Vorbehalte gegen einen (vollständigen) Ersatz klassischer Zugangsverfahren durch Smartphone-Apps ist zumindest in den mittleren und höheren Altersgruppen nicht zu vernachlässigen.

Mindestens als „Rückfallebene" werden weiterhin persönliche Beratung und Alternativen zum Smartphone verlangt, wie ein Berliner Bürgergutachten jüngst zeigte (BIEß u. a., 2017). Es ist daher zu erwarten, dass die sensor- und smartphonebasierten Verfahren die klassischen Prozesse via Verkaufsstelle und Ticketautomaten nicht komplett ersetzen, sondern vielmehr ergänzen werden.

Hinsichtlich der Beschäftigungseffekte sind vor allem die in der Automatenherstellung und -wartung Beschäftigten sowie die Mitarbeiter in den Service- und Auskunftszentren relevant. Von den rund 80 recherchierten Infrastruktur- und IT-Unternehmen lassen sich 21 dem Bereich „Ticketing“ zuordnen. Hinzu kommen die Beschäftigten in den Service- und Auskunftszentren. Die Anzahl der Verkaufsstellen und Geräte lässt sich durch Berichte der Verkehrsverbünde sowie der Fahrzeugzahlen annähernd ermitteln. Durch die Beschäftigten pro Verkaufsstelle, Fahrausweisdrucker und Fahrausweisautomaten wurde das entsprechende Gesamtpotenzial abgeschätzt, das per Einzelrecherche um den Bereich Mobil-Ticketing ergänzt wurde. Wir schätzen, dass im Kontext des Ticketing (ohne Kontrollpersonal[71]) im Referenzjahr 2015 knapp 45.000 Personen Arbeit fanden. Davon entfällt die überwiegende Mehrzahl (91 %) auf die klassischen Ticketingverfahren (siehe Tabelle 27).

Für die beiden Szenarien gehen wir von einer Verlagerung der Anteile aus. Dabei liegt dem Szenario *ES-35* die Annahme zugrunde, dass die Akzeptanz für neue Medien weiter zunimmt und wirkungsvolle bzw. allgemein akzeptierte Verfahren des Datenschutzes zum Einsatz kommen. Die staatliche Daseinsvorsorge im ÖV verändert sich im Sinne einer Gewährleistungsverantwortung, bei der die Vollausstattung der Bevölkerung mit mobilen Endgeräten allgemein als gegeben vorausgesetzt wird. Daher nimmt die Zahl an Verkaufsstellen und Automaten ab.

Besonders für die zahlreicher werdenden autonomen Fahrzeuge des ÖV bieten sich automatisierte Verfahren an. Anonymisierte und pseudonymisierte Zugangsprozesse – z. B. durch Pre-Paid- und Blockchain-Verfahren – überzeugen auch vorsichtige Fahrgäste von den neuen Nutzungsweisen. Der Anteil der Beschäftigung verschiebt sich infolgedessen hin zur neuen Sensorik- und Softwareanwendung.

Aufgrund der Effizienzsteigerung und „Dematerialsierung“ digitaler Prozesse nimmt die Gesamtzahl der Beschäftigten aber gegenüber dem Referenzjahr 2015 ab und liegt bei rund 38.000 Personen. Im Szenario *MM-35* führt das Konzept der Flächenbahn in Verbindung mit der Aufrechterhaltung der heutigen Daseinsvorsorge im ÖV dazu, dass weiterhin personalintensive Verkaufsstellen und Automatengeräte vorgehalten werden. Die neuen Verfahren werden zusätzlich angeboten, um möglichst breite Nutzergruppen mit unterschiedlichen Akzeptanzniveaus zu bedienen und größtmögliche Barrierefreiheit zu garantieren. Das klassische Ticketing schafft etwas mehr Beschäftigung als die neuen Verfahren (55 % bzw. 45 %) und die Gesamtzahl der Beschäftigten steigt auf knapp 56.000 Personen.

[71] Grundsätzlich sind auch die Kontrolleure in den Fahrzeugen des ÖV beschäftigungsrelevant. Jedoch blieben diese auch bei geringem Einsatz herkömmlicher Verfahren erforderlich, da weiterhin Fahrgäste mit Papiertickets und Chipkarten den ÖV nutzen. Besonders im ÖPFV erfüllen die Zugbegleiter zudem Aufgaben als Ansprechpartner für eine Reihe von weiteren Dienstleistungen während der Reise.

Tabelle 27: Beschäftigte (in Tsd.) in den Bereichen „Zugang“ und „Ticketing“

	REF-15		ES-35		MM-35	
Klassisches Ticketing	40,7	91 %	6,8	18 %	30,5	55 %
Innovatives Ticketing	4	9 %	31,5	82 %	25,4	45 %
SUMME Beschäftigung (Tsd.)	**44,7**	**100 %**	**38,3**	**100 %**	**55,9**	**100 %**

Quelle: Online-Recherche und eigene Berechnung M-Five

7.1.4 Ausblick und Schlussfolgerung zur Digitalisierung

Die Digitalisierung bringt starke Arbeitsmarkteffekte mit sich – sowohl positive als auch negative. Welche davon überwiegen werden, ist noch ungewiss. Konsens besteht aber darüber, dass viele Arbeitsplätze verdrängt werden (in den optimistischsten Schätzungen sind um die 10 % bedroht) und dass sich Arbeit grundlegend verändern wird. So könnten die Facharbeiter der Zukunft ersetzt oder durch IT und KI ergänzt werden (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014). Neue Arbeitsplätze werden in vielen Bereichen entstehen und die Analyse von (FREY & OSBORNE, 2017) zeigt, dass diese zu den sichersten gehören werden, mit Risiken von oft weniger als 5 %.

Es ist gut möglich, dass viele der neuen Jobs entstehen, bevor die älteren ersetzt werden – dass also die allgemeine Arbeitsplatzentwicklung über einige Jahre positiv aussieht, bis die Technologie so weit entwickelt ist, dass weitreichende Automatisierung möglich wird. Sobald das geschieht könnten sich die Umbrüche rapide beschleunigen. Wenn eine kleine Zahl von Unternehmen die Technologieführerschaft übernimmt und viele Arbeitsplätze durch effizientere und leistungsfähigere IT ersetzt, wird ein Wettbewerbsdruck auf die Konkurrenten entstehen, der dazu führt, dass innerhalb recht kurzer Zeit viele Wettbewerber auch automatisieren müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Konsens scheint auch darüber zu bestehen, dass vor allem hoch Qualifizierte von den Arbeitsmarkteffekten der Digitalisierung profitieren werden. Sie werden die neu entstehenden Arbeitsplätze füllen und von den Arbeitsplatzverlusten relativ wenig betroffen sein. Dadurch könnte die Ungleichheit zwischen den Beschäftigten weiter stark zunehmen (BRYNJOLFSSON & MCAFEE, 2014).

8 Synthese der Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität

Für die Synthese wurden die jeweils auf Kreisebene nach Verkehrsträger und Aufgabenbereich differenziert berechneten Beschäftigungsentwicklungen zusammengeführt. Das Ergebnis ist eine kreisscharfe Übersicht der möglichen Veränderungen des Arbeitsmarktes mit Verkehrsbezug durch die nachhaltige Mobilität. Tabelle 28 gibt die aggregierten Beschäftigungszahlen wieder.

Für das Szenario ES-35 ergibt sich gegenüber heute eine Zunahme der Beschäftigung um 8 % (ca. 303.600). Die Zunahme erfolgt in allen Bereichen mit Ausnahmen der Beschäftigung im Handel mit und Vertrieb von Pkw sowie der damit verbundenen Instandhaltung und Wartung.

In MM-35 nimmt die Beschäftigung in der Mobilität hingegen nur um 2 % (ca. 70.500) zu. Der hohe Rückgang von knapp 660.000 Beschäftigten im Bereich der Herstellung, Handel und Wartung von Kraftfahrzeugen wird von der Zunahme in anderen Bereichen – insbesondere im öffentlichen Verkehr (neben der Bereitstellung von Mobilitätsdienstleistungen auch die Herstellung und der Betrieb der Verkehrsinfrastruktur sowie Herstellung und Wartung der Fahrzeuge), Sharing-Dienste und Transportdienstleistungen – kompensiert.

Tabelle 28: Zusammenfassung der Beschäftigungsentwicklung

Beschäftigungszweig	REF-15	ES-35	MM-35
Beschäftigte im Bereich Kraftfahrzeugbau (inkl. Nfz und Omnibus), Handel und Wartung sowie Straßeninfrastruktur	1.930.800	1.654.600	1.270.900
Beschäftigte im öffentlichen Verkehr inkl. Schienenfahrzeugbau und -wartung sowie Schieneninfrastrukturherstellung	600.300	763.400	781.500
Beschäftigte im Bereich Sharing-Dienste	4.000	155.500	203.800
Beschäftigte im Bereich Fahrradverkehr	46.100	102.200	165.100
Beschäftigte in der Digitalisierung des Verkehrs (z.B. Parkleitsysteme, Ticketing)	55.900	67.100	68.300
Beschäftigte Transportdienstleistungen (GV und KEP)	958.400	1.166.800	1.166.800
SUMME Beschäftigung	**3.595.500**	**3.909.600**	**3.656.400**

Quelle: eigene Berechnungen M-Five, RE-MOB, ASTRA

Im Einzelnen gehen diese Effekte auf folgende Beschäftigungsentwicklungen zurück: In der Personenbeförderung (inkl. Taxi) steigt die Beschäftigung in beiden Szenarien um etwa 30 %. In einzelnen Sektoren der Personenbeförderung werden allerdings Rückgänge erwartet, wie z. B. im Busverkehr im Szenario MM-35 oder im Taxiverkehr insbesondere im Szenario ES-35 um knapp ein Fünftel.

Die Beschäftigung im Bereich Kraftfahrzeugbau und deren Nutzung (einschließlich Straßeninfrastruktur) im MIV geht um 276.200 in ES-35 und um 659.900 im MM-35 zurück. Dabei erfolgt der starke Rückgang in der Pkw-Herstellung im Szenario MM-35 durch die

Kombination von verringerten Pkw-Neuzulassungen und damit einen Einbruch in der Entwicklung und Herstellung mit Rückgang der Beschäftigung im Handel und Vertrieb sowie in der Instandhaltung und Wartung, während im Szenario ES-35 die Beschäftigung in der Fahrzeugherstellung sogar leicht steigt und der Rückgang der Beschäftigung durch Handel, Vertrieb, Instandhaltung und Wartung von Pkw verursacht ist.

Im öffentlichen Verkehr, im Güterverkehr und im Bereich neuer Mobilitätsdienstleistungen steigt die Beschäftigung in beiden Szenarien relativ ähnlich an. Im Bereich Radverkehr geht der deutlich stärkere Anstieg im Szenario MM-35 insbesondere auf den starken Zuwachs im Bereich Handel und Vertrieb der Fahrräder zurück. Im Bereich Digitalisierung steigt die Beschäftigung in beiden Szenarien an. Im Falle des Szenarios MM-35 geht dies jedoch insbesondere auf den Bereich Zugang und Ticketing zurück, wohingegen im Szenario ES-35 insbesondere im Bereich Parking / Parkleitsysteme Beschäftigungszuwächse erwartet werden. Die auf den folgenden Seiten gezeigten Darstellungen geben eine Übersicht der Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität in den betrachteten Szenarien auf Kreisebene. Für die Berechnung der Effekte wurde jeweils das Delta zum Referenzjahr gebildet. In Summe wurden hierfür die oben aufgeführten Beschäftigungsentwicklungen auf Kreisebene differenziert untersucht und quantifiziert.

8.1 Regionale Beschäftigungseffekte

Im Folgenden sollen jene Kreise genauer untersucht und beschrieben werden, welche eine starke Beschäftigungszunahme oder -abnahme aufweisen. Hier werden auch Überlagerungseffekte der Bevölkerungsvorausberechnung mitberücksichtigt. Die Betrachtung erfolgt getrennt nach den Szenarien. Zu bemerken ist an dieser Stelle, dass bei der Betrachtung der Beschäftigungseffekte zwar die Bevölkerungsvorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes berücksichtigt wurden, im Falle des Szenarios MM-35 jedoch noch eine geringfügig stärkere Urbanisierung erwartet wird. Demzufolge können Beschäftigungseffekte in manchen Kreisen auch durch einen Rückgang der Bevölkerung und der damit einhergehenden abnehmenden Verkehrsnachfrage bedingt sein, wie beispielsweise in Teilen des Ruhrgebiets und den neuen Bundesländern.

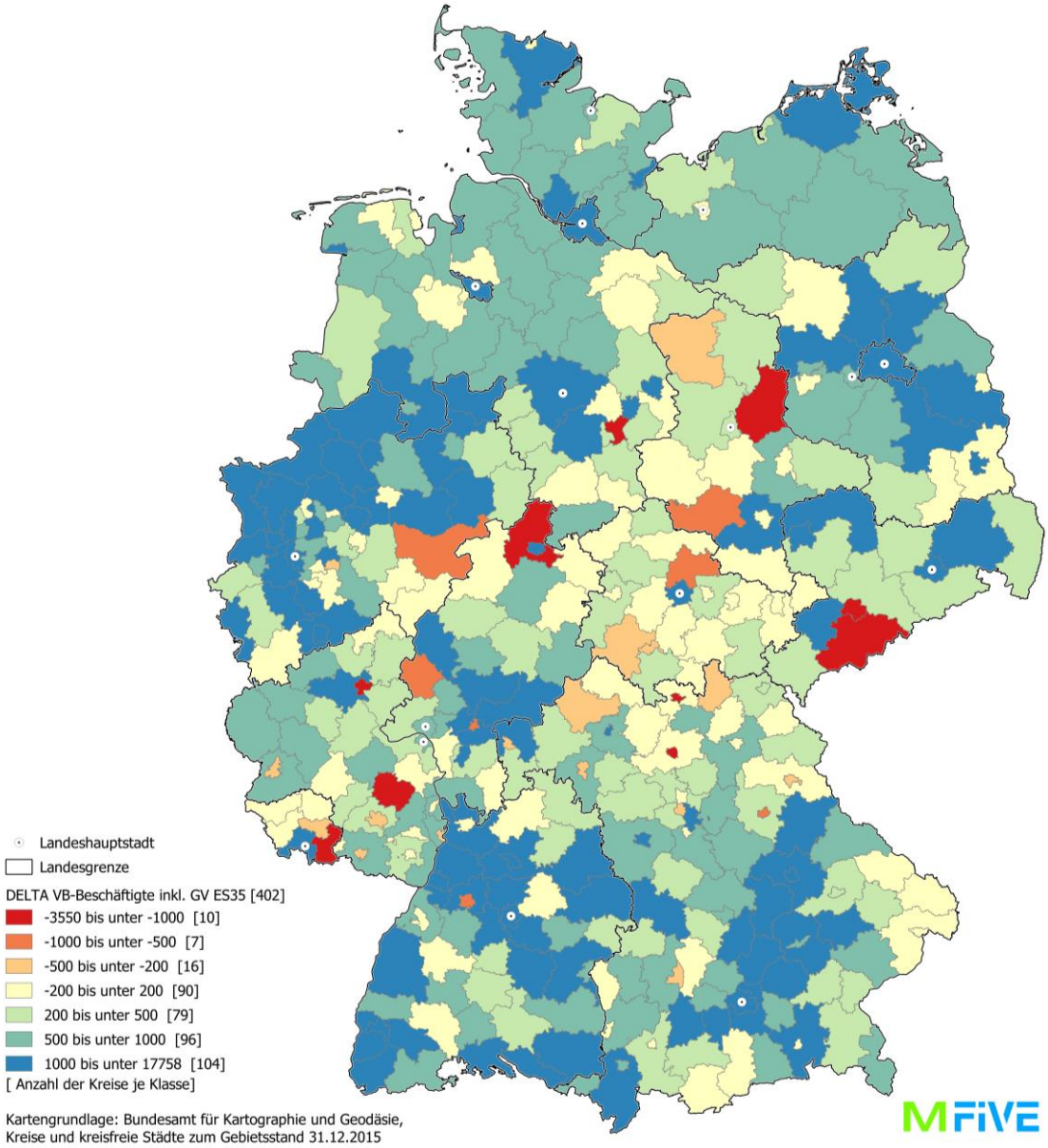
8.1.1 Beschäftigungseffekte im Szenario E-Straße 2035 (ES-35)

Im Szenario E-Straße 2035 ist der Wechsel der Antriebsarten der Fahrzeuge vordergründige Entwicklung zur Erreichung eines nachhaltigen Verkehrs. Der Umstieg auf (lokal) emissionsarme und -freie Fahrzeuge verringert klar die umweltschädigende Wirkung des Verkehrs. Werden diese Fahrzeuge und die Fahrten zudem geteilt, hat dies weitere positive Effekte wie beispielsweise einen sinkenden Flächenverbrauch.

Außerdem nimmt die Nutzung des öffentlichen Verkehrs deutlich zu: 22 % der Verkehrsleistung entfallen auf den Schienenverkehr, 8 % auf Busverkehre. Der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel erfolgt stärker in urbanen Räumen als in ländlichen. Außerdem steigen die Verfügbarkeit und Nutzung von Carsharing-Diensten und nach 2030 die Nutzung autonomer Shuttle-Dienste stark an.

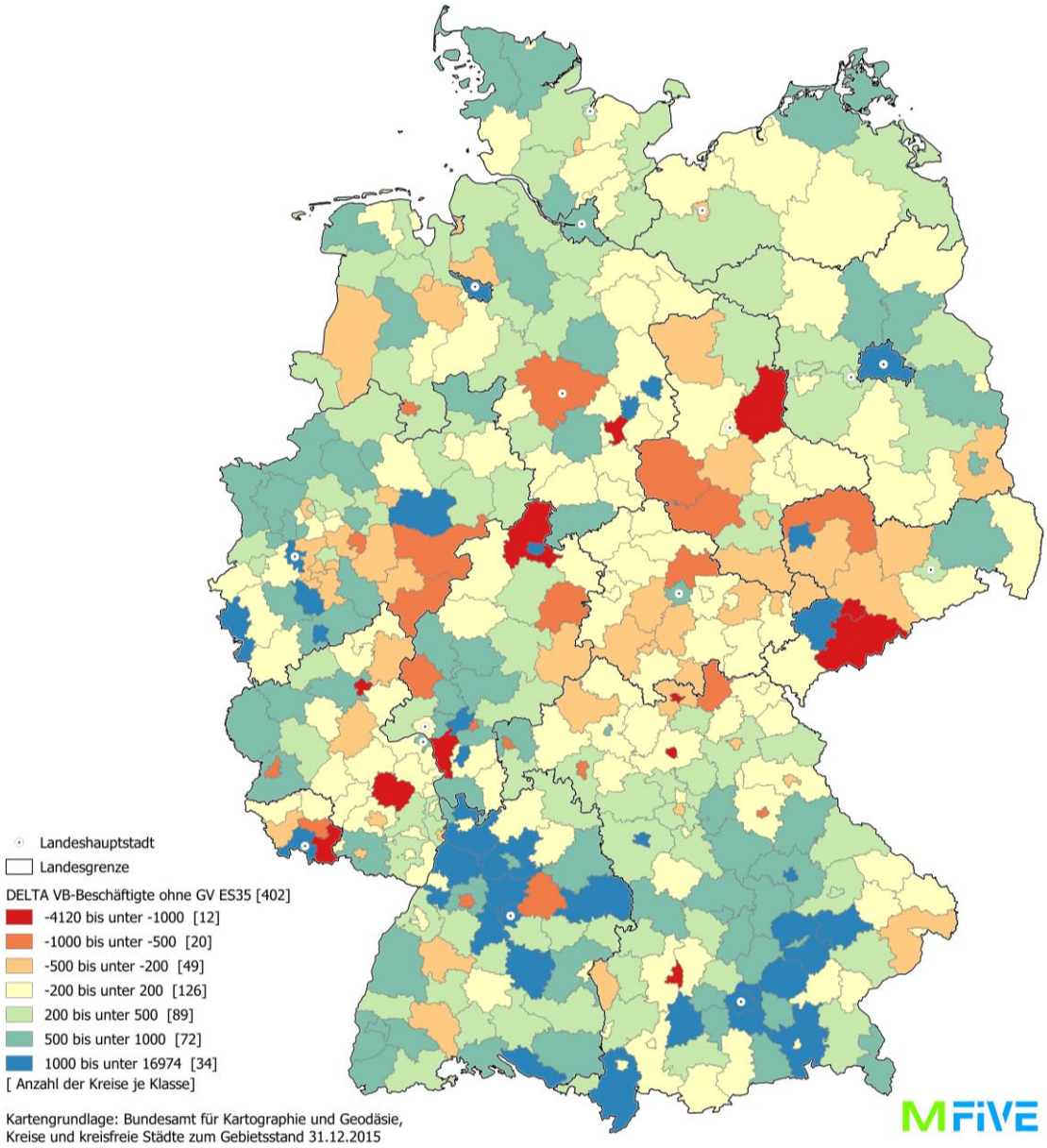
Auch die Nutzung von Fahrrädern und Pedelecs nimmt zu, wobei in Städten und teils auch im ländlichen Raum auf das Angebot von Leihfahrrädern zurückgegriffen werden kann. Insgesamt gehen in ES-35 3,91 Mio. Personen einer verkehrsbezogenen Beschäftigung nach und damit 314.100 mehr als in REF-15 und 253.200 mehr als in MM-35. In Kreisen mit einer stark abnehmenden Beschäftigung in der Automobilindustrie – besonders bei den Komponenten AST und ICE – wird die Entwicklung der gesamten verkehrsbezogenen Beschäftigung davon bestimmt und bewirkt in zehn Kreisen eine Abnahme von -1.000 bis -3.550 Beschäftigten, während mehr als 100 Kreise mindestens 1.000 Beschäftigte hinzugewinnen, wie aus Abbildung 50 hervorgeht.

Abbildung 50: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario ES-35 inkl. Güterverkehr und KEP-Dienste



Da sich das starke Nachfragewachstum in den Bereichen Güterverkehr und KEP-Dienste auch unter Berücksichtigung von moderaten Produktivitätszuwächsen erheblich auf die Entwicklung der Gesamtbeschäftigung in den verkehrsbezogenen Bereichen auswirkt, zeigt Abbildung 51 vergleichend die Veränderung der Beschäftigung in den verkehrsbezogenen Bereichen ohne den Einfluss dieser Bereiche: Hier sind in zwölf Kreisen Beschäftigungsrückgänge in Höhe von -1.000 bis -4.120 anzunehmen, während lediglich 34 Kreise mehr als 1.000 Beschäftigte hinzugewinnen. Bei Gesamtbetrachtung gegenüber REF-15 weist das Szenario ES-35 eine Zunahme von lediglich 95.200 Beschäftigten (+4 %) auf (insgesamt 2,73 Mio. Beschäftigte in ES-35 in verkehrsbezogenen Bereichen ohne Güterverkehr und KEP).

Abbildung 51: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario ES-35 ohne Güterverkehr und KEP-Dienste



Bei Betrachtung der verkehrsbezogenen Beschäftigung ohne Güterverkehr und KEP-Dienste verlieren die Landkreise Kassel und der Saarpfalz-Kreis sowie die kreisfreien Städte Salzgitter und Bamberg mindestens 2.000 Beschäftigte; weitere acht Kreise verlieren mindestens 1.000 Beschäftigte (vgl. Abbildung 51).

Umgekehrt nimmt die gesamte verkehrsbezogene Beschäftigung dort am stärksten zu, wo viele Arbeitsplätzen durch Produktion und Entwicklung von Komponenten des E-Antriebs und der Fahrerassistenzsysteme entstehen (siehe Kapitel 4.1.8).

Hier profitieren die etablierten Standorte der OEM deutlich stärker als im Szenario MM-35. Stuttgart, Bremen, München, Braunschweig, Leipzig, Wolfsburg, Zwickau, Berlin, Köln sowie die Landkreise Heilbronn, Ludwigsburg, Reutlingen, Böblingen und Dingolfing-Landau verzeichnen bei Betrachtung der gesamten verkehrsbezogenen Beschäftigung ein Plus von mehr als 2.000 Arbeitsplätzen, wobei dieser Effekt – mit Ausnahme von Berlin – hauptsächlich von der Beschäftigungsentwicklung im Automobilbau abhängt.

Die moderate Beschäftigungszunahme von +500 bis +1.000 in 72 Kreisen hängt häufig mit der prognostizierten Einwohnerentwicklung zusammen und ist auf die zusätzlichen Arbeitsplätze im öffentlichen Verkehr und im Bereich der Mobilitätsdienstleistungen zurückzuführen. Allein im Bereich der Personenbeförderung (ohne Taxi) entstehen 189.400 neue Arbeitsplätze, die vor allem auf die größeren Städte entfallen.

Abgesehen von Regionen mit stark ausgeprägtem Bevölkerungsrückgang gewinnen fast alle Kreise Beschäftigte in der Personenbeförderung hinzu. In zehn Fällen (Wolfsburg, Berlin, Braunschweig, Düsseldorf, Bonn, Rhein-Neckar-Kreis, Rhein-Erft-Kreis, Lörrach, Köln, Wesel) entstehen bei Nettobetrachtung über 500 Arbeitsplätze, obwohl die Zahl der Beschäftigten in der Automobilindustrie um mindestens 100 abnimmt.

Im Bereich des Schienenfahrzeugbaus ist die Beschäftigungszunahme gegenüber REF-15 deutlich schwächer ausgeprägt als im Szenario MM-35. Die Kreise Salzgitter, Krefeld, Erlangen, Braunschweig, Berlin, Oberhavel, München und Görlitz erhöhen die Zahl ihrer Beschäftigten im Schienenfahrzeugbau um jeweils 100 bis 200. Im Bereich Carsharing gewinnen die Millionenstädte Berlin, München, Hamburg und Köln insgesamt 30.000 Beschäftigte hinzu.

Die für beide Szenarien berechneten Beschäftigungszuwächse durch Güterverkehr und KEP-Dienste entstehen vorwiegend in den einwohnerstarken Städten mit über einer halben Million Einwohnern sowie in den großen und gleichzeitig verkehrsgünstig gelegenen mittelgroßen Städten und Kreisen Nürnberg (+2.400), Rhein-Erft-Kreis (+2.300), Rhein-Kreis Neuss (+2.300), Ludwigsburg (+1.900) und Mettmann (+1.800).

8.1.2 Beschäftigungseffekte im Szenario Multimodalität 2035 (MM-35)

Im Szenario Multi-Modalität 2035 wird davon ausgegangen, dass durch erreichbarkeitsorientierte städtebauliche Strukturen, umweltbewusstes Mobilitätsverhalten und steuerliche Anreize (z. B. in Form höherer Energie- und Kraftstoffpreise, Anpassungen der Entfernungspauschale, Straßennutzungsgebühren) ein bedeutender Teil der Verkehrsleistung auf den Umweltverbund verlagert wird.

Auf den MIV entfallen 50 % der Verkehrsleistung im Personenverkehr, 33 % auf den Schienenverkehr, 6 % auf den Busverkehr, 8 % auf den nichtmotorisierten Verkehr (Fuß & Rad) und 3 % auf den innerdeutschen Luftverkehr.

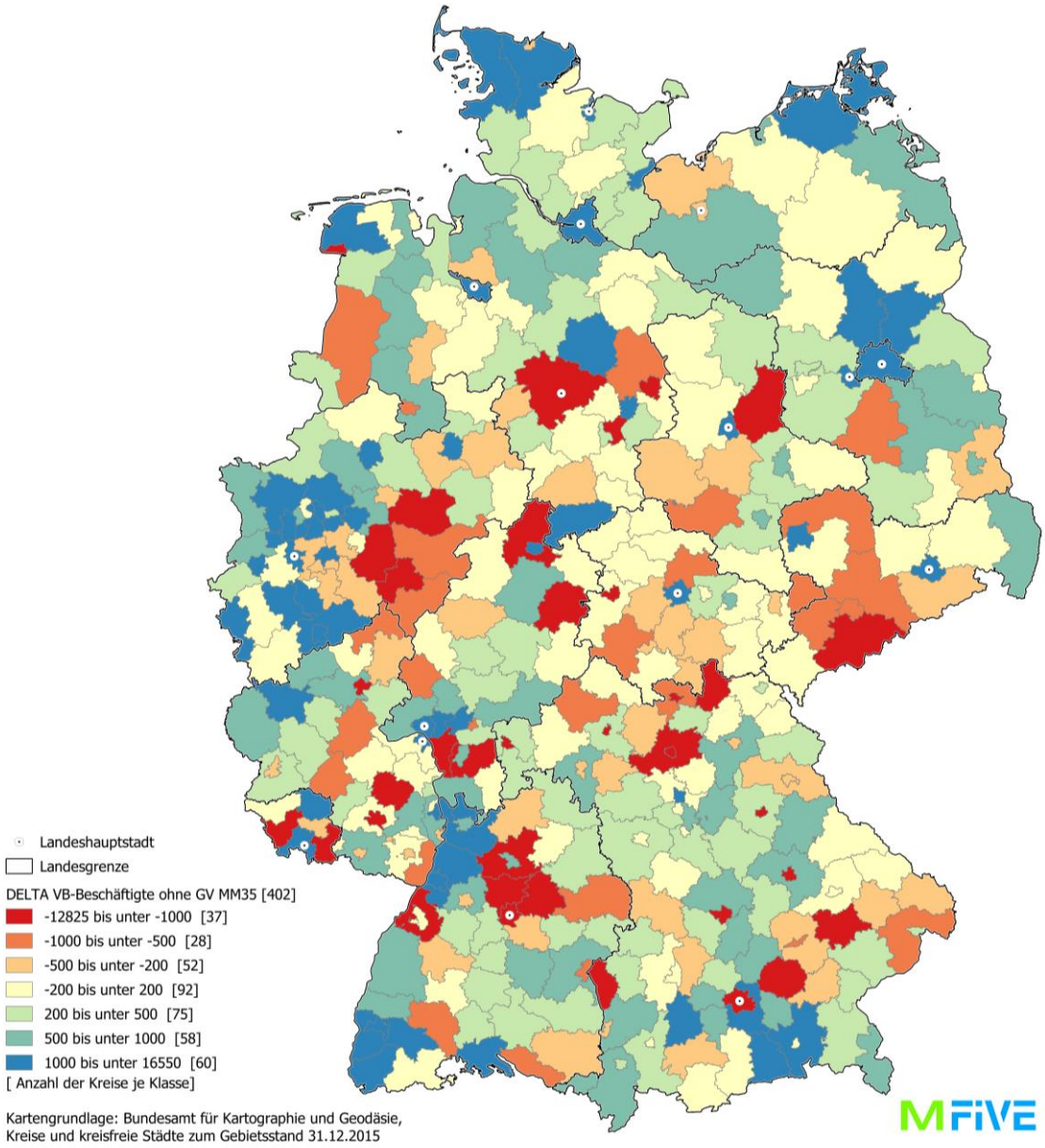
Diese Entwicklungen setzen voraus, dass von Seiten des Bundes und der Länder substanzielle zusätzliche Investitionen in den Ausbau des öffentlichen Verkehrs getätigt werden. Um eine beachtliche Verlagerung des Personenverkehrs auf die Schiene zu erreichen, muss massiv in den Infrastrukturausbau investiert und auch die Servicequalität verbessert werden. Der Ausbau des Schienennetzes ist zudem notwendig, um die Verlagerungsziele im Güterverkehr erreichen zu können, ohne einen spürbaren Fahrzeitenrückgang im Personenverkehr zu verursachen.

Die Abkehr vom motorisierten Individualverkehr bedeutet auch, dass die Nachfrage nach Fahrzeugen für den privaten Besitz deutlich zurückgeht. Entsprechend fällt die durchschnittliche Pkw-Besitzrate auf 300 Pkw pro 1.000 EW (siehe Kapitel 4.1.1). Zum Vergleich: Im Jahr 2015 betrug die Pkw-Dichte in Deutschland 550 Pkw pro 1.000 EW.

Abbildung 52 zeigt die Veränderung der Beschäftigung ohne die Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Dienste, Abbildung 53 vergleichend die Veränderung der Beschäftigung einschließlich dieser Bereiche. Ohne die Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Diensten nimmt die verkehrsbezogene Beschäftigung in 37 Kreisen um mindestens 1.000 Beschäftigte ab – überwiegend in Kreisen mit vielen Beschäftigten in der Automobilindustrie.

Am stärksten betroffen im fünfstelligen Bereich sind hier Wolfsburg (-12.800) und Ingolstadt (-12.400). Eine Abnahme zwischen 500 und 1.000 Arbeitsplätzen haben 28 Kreise zu verzeichnen, während in 52 weiteren Kreisen die Beschäftigung um zwischen 200 und 500 Arbeitsplätze zurückgeht und in 92 Kreisen bei Nettobetrachtung in etwa konstant bleibt (+/- 200).

Abbildung 52: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario MM-35 ohne Güterverkehr und KEP-Dienste



In Berlin ist die Beschäftigungszunahme von rund 16.500 Beschäftigten ohne Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Diensten sehr stark durch den Bevölkerungszuwachs und die damit einhergehende steigende Nachfrage nach Mobilitätsdienstleistungen getrieben.

Die Bewohner der Metropolen verzichten weitestgehend auf einen Pkw und nutzen je nach Bedarf unterschiedliche und flexible Angebote für ihre täglichen Wege. Wo das bestehende Schienennetz und Buslinien die individuellen Bedürfnisse nicht erfüllen, werden ergänzend und in großer Zahl Shuttle-Services oder auch das Taxi genutzt.

Auch die Angebotsseite für den Fahrradverkehr und dazugehörige Leihangebote werden verbessert. Dazu zählen auch personenbesetzte Fahrradstationen. Auch Hersteller von Fahrrädern und Zubehör sind in Berlin angesiedelt und profitieren von der erhöhten Nachfrage nach Zwei- oder auch Dreirädern. Außerdem befinden sich in Berlin

Niederlassungen zur Schienenfahrzeugherstellung und -instandhaltung, welche verstärkt durch die in Deutschland zusätzlich nachgefragten Schienenfahrzeuge Personal benötigen.

Auch in Hamburg wird die Beschäftigungsentwicklung sehr von der Nachfrage nach Mobilitätsdienstleistungen getrieben, wodurch bei Nettobetrachtung rund 6.900 zusätzliche Arbeitsplätze entstehen. In Hamburg nimmt die verkehrsbezogene Beschäftigung bis zum Jahr 2035 um rund 2.800 Personen zu. Zwar verliert die Stadt bei der Produktion von Fahrzeugen und Komponenten rund 300 Arbeitsplätze, während über 8.100 neue Arbeitsplätze allein im Bereich Carsharing hinzukommen und weitere 1.700 im Bereich der Personenbeförderung. Auch die Ansiedelung eines Werkes zur Schienenfahrzeug-instandhaltung trägt hier zur positiven Beschäftigungsentwicklung bei.

Düsseldorf verliert rund 1.650 Beschäftigte in der Automobilindustrie, gewinnt jedoch bei Nettobetrachtung 4.420 Arbeitsplätze hinzu. Hier wird die positive Beschäftigungswirkung durch Carsharing (4.300 zusätzliche Arbeitsplätze) von dem Effekt des Zuwachses in der Personenbeförderung (+4.800) übertroffen.

Braunschweig erfährt auch ohne Berücksichtigung der Zuwächse im Güterverkehr insgesamt eine stark zunehmende Beschäftigungsnachfrage, da hier sowohl Unternehmen der Produktion von Kraftfahrzeugen als auch von Schienenfahrzeugen angesiedelt sind. In Summe führt dies durch den Personenverkehr zu einem zusätzlichen Beschäftigungsbedarf von etwa 3.900 Beschäftigten. Ähnlich entwickelt sich Bremen mit einem Bedarf von 4.100 zusätzlichen Beschäftigten.

In Berlin, Hamburg, Düsseldorf, Leipzig, Frankfurt am Main, Bonn, Köln, Essen, Kassel und im Rhein-Neckar-Kreis steigt die gesamte verkehrsbezogene Beschäftigung – hauptsächlich getrieben durch demographische Effekte und Mobilitätsdienstleistungen – um mindestens 2.000 an, obwohl die Beschäftigten in der Automobilindustrie um mindestens 250 zurückgehen.

Dortmund und Duisburg gewinnen 4.200 bzw. 4.000 zusätzliche Arbeitsplätze, wobei die Beschäftigung in der Automobilindustrie kaum eine Rolle spielt, dafür aber umso mehr im Bereich der Personenbeförderung: Allein in diesem Bereich entstehen in Dortmund knapp 3.000 und in Duisburg über 2.700 Arbeitsplätze. In den Bereichen Kfz-Handel und Reparatur von Kraftfahrzeugen hingegen sinkt die Zahl der Beschäftigten in beiden Städten um mehr als 2.000.

Die größten Zuwächse durch Schienenfahrzeugbau erfahren die Städte Salzgitter, Krefeld, Erlangen, Braunschweig, Berlin, München sowie die Landkreise Oberhavel und Görlitz in Höhe von rund 1.000 Beschäftigten oder mehr.

Allein in den deutschen Millionenstädten Berlin, München, Hamburg und Köln entstehen in Summe knapp 42.000 Arbeitsplätze im Bereich Carsharing. In der Personenbeförderung steigt die Beschäftigung in der Bundeshauptstadt um 6.900, gefolgt von Köln (+5.000), Düsseldorf (+4.800) und München (+4.100).

In München geht im Bereich Kfz-Herstellung der Bedarf um 12.400 Beschäftigte zurück. Aufgrund der rückläufigen Pkw-Nachfrage sinkt auch der Beschäftigungsbedarf im Bereich Handel, Vertrieb und Reparatur. Demgegenüber steigt jedoch die Nachfrage nach

Mobilitätsdienstleistungen stark, wodurch im Bereich Carsharing 9.900 und im Bereich der Personenbeförderung 4.100 neue Arbeitsplätze entstehen. Somit nimmt insgesamt die verkehrsbezogene Beschäftigung um etwa 1.200 Beschäftigte ab.

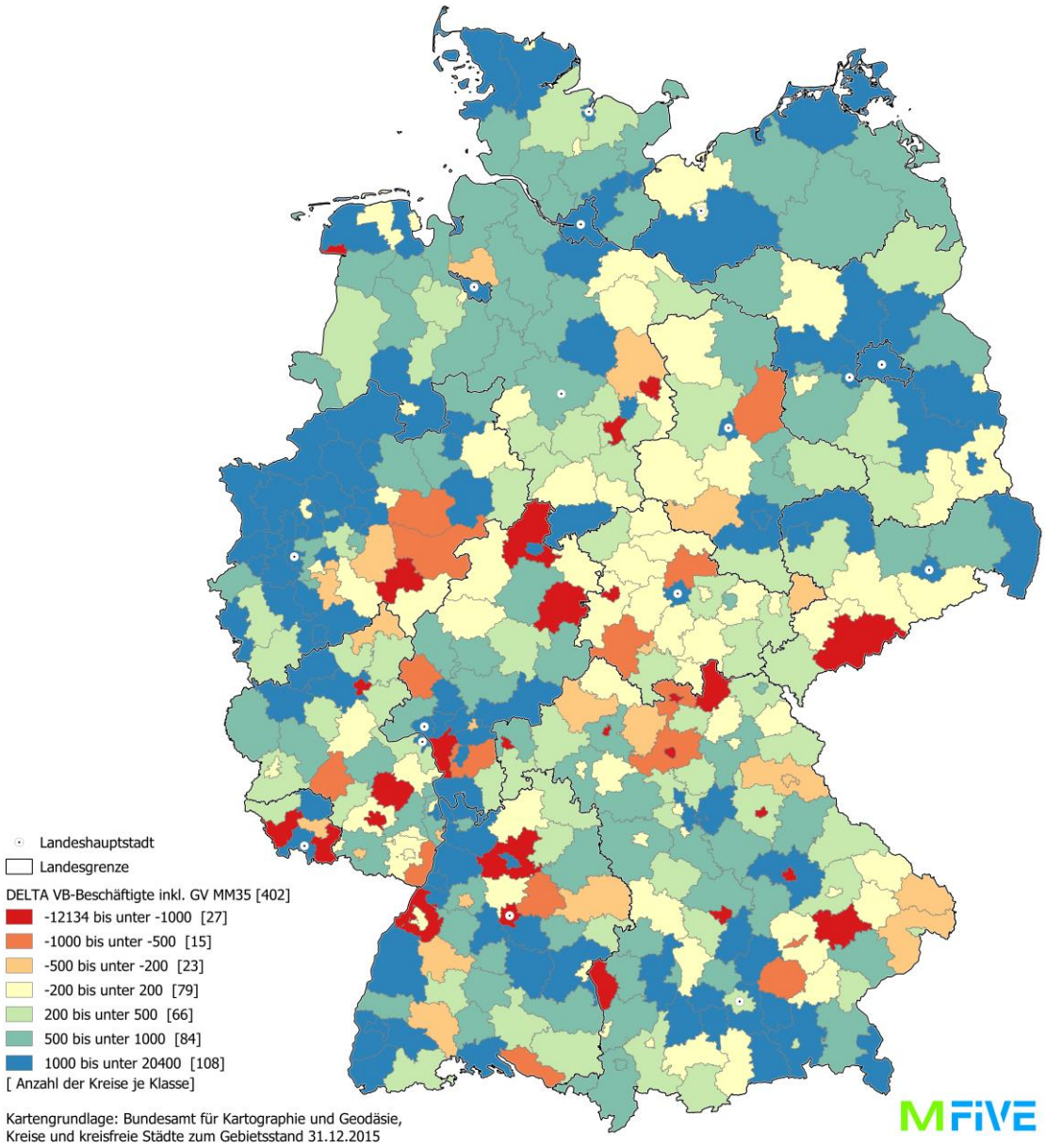
Obwohl Stuttgart im Bereich der Kfz-Herstellung weniger Arbeitsplätze als München verliert (-11.300), fällt hier der Netto-Verlust (-5.800) bei Betrachtung der gesamten verkehrsbezogenen Beschäftigung höher aus als in der bayerischen Landeshauptstadt. Ursache hierfür ist unter anderem, dass aufgrund der geringeren Bevölkerung weniger als halb so viele Arbeitsplätze im Bereich Carsharing und knapp ein Drittel weniger Arbeitsplätze im Bereich der Personenbeförderung entstehen.

In Frankfurt am Main nimmt die verkehrsbezogene Beschäftigung um 3.500 Beschäftigte zu, da hier verstärkt Mobilitätsdienste, wie Carsharing, Shuttle-Services und auch Taxiverkehre, nachgefragt werden. Auch die Funktion als Schienenfernverkehrsknoten und Standort zur Steuerung des Schienenfernverkehrs führt an dieser Stelle zu einem erhöhten Beschäftigungsbedarf.

Die folgende Abbildung 53 stellt die Veränderung der gesamten Beschäftigung in der Mobilität unter Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Diensten dar. Der höchste Zuwachs entfällt hier auf Berlin. In Berlin ist die Beschäftigungszunahme in der gesamten Mobilität von rund 20.000 Beschäftigten sehr stark durch die Nachfrage nach Mobilitätsdienstleistungen, Güterverkehr, KEP-Dienste und den Bevölkerungszuwachs getrieben.

Insgesamt verzeichnen rund 27 % aller Kreise eine Beschäftigungszunahme im vierstelligen Bereich bei dieser Betrachtung (108 von 402. Mit Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Dienste). Zum Vergleich: ohne Berücksichtigung von Güterverkehr und KEP-Dienste verzeichnen 60 von 402 bzw. 15 % der Kreise eine Beschäftigungszunahme im vierstelligen Bereich.

Abbildung 53: Veränderung der verkehrsbezogenen Beschäftigung im Szenario MM-35 inkl. Güterverkehr und KEP-Dienste



In acht Fällen (Berlin, Köln, Frankfurt am Main, Nürnberg, Düsseldorf, Leipzig, Mannheim und Regionalverband Saarbrücken) entstehen bei Nettobetrachtung über 1.000 Arbeitsplätze, obwohl die Zahl der Beschäftigten in der Automobilindustrie um mindestens 1.000 abnimmt. In Köln ist diese divergente Entwicklung besonders stark ausgeprägt, denn hier gehen die Beschäftigten im Kraftfahrzeugbau um 6.900 zurück, während die Stadt bei Nettobetrachtung 6.000 Arbeitsplätze hinzugewinnt.

Bei Gesamtbetrachtung der verkehrsbezogenen Beschäftigung erfahren 42 Kreise einen Rückgang von mindestens 500 Arbeitsplätzen, wobei in vielen Fällen diese Entwicklung mit einer sinkenden Einwohnerzahl einhergeht und daher aus Sicht der Balance zwischen Beschäftigungssuchenden und angebotenen Arbeitsplätzen weniger problematisch ist. Im Szenario MM-35 fällt der Bevölkerungszuwachs in den Städten vergleichsweise höher aus zulasten der Einwohnerentwicklung im ländlichen Raum. Diese Entwicklung wirkt sich

wiederum unmittelbar auf den Bedarf an Beschäftigten aus. Daher entfallen auf die Kreise mit abnehmender verkehrsbezogener Beschäftigung mehr ländliche Kreise als im Szenario ES-35.

Während die Nettobilanz der Beschäftigung ohne Berücksichtigung des Güterverkehrs für München und Stuttgart negativ ausfällt (Verlust von 1.200 bzw. 5.800 Beschäftigten) verändert sich die Netto-Beschäftigung für München durch Einbezug des Güterverkehrs ins Positive mit einer Zunahme von 260 Beschäftigten in MM-35. Für Stuttgart bleibt der Beschäftigungseffekt bei Nettobetrachtung negativ mit -4.800 Beschäftigten.

In Frankfurt am Main nimmt die verkehrsbezogene Beschäftigung inklusive Betrachtung des Güterverkehrs um 11.000 Beschäftigte zu, und damit finden hier rund 7.400 Beschäftigte mehr durch den Güterverkehr und KEP-Dienste eine Arbeit.

Unter Nachhaltigkeitsaspekten betrachtet zeigen diese beiden Betrachtungsweisen, dass die Bewohner der Metropolen weitestgehend auf einen eigenen Pkw verzichten und je nach Bedarf unterschiedliche Angebote flexibel für ihre täglichen Wege nutzen. Sie nehmen häufig effizient organisierte Warenlieferungen in Anspruch, da diese günstiger sind, als für Besorgungen ein eigenes oder auch ein geteiltes Auto zu nutzen.

Wo das bestehende Schienennetz und Buslinien die individuellen Bedürfnisse nicht erfüllen, werden ergänzend und in großer Zahl Shuttle-Services oder auch das Taxi genutzt. Auch die Angebotsseite für den Fahrradverkehr und dazugehörige Leihangebote werden verbessert. Dazu zählen sowohl personenbesetzte Fahrradstationen als auch die Fahrradproduktion selbst, die ebenfalls in Berlin angesiedelt ist.

Hinsichtlich der sozialen Dimension von Nachhaltigkeit ist die Qualität der neu entstehenden Arbeitsplätze – insbesondere in den wachsenden Bereichen Mobilitätsdienstleistungen und Güterverkehr sowie bei der Herstellung von Komponenten des E-Antriebs – kritisch zu prüfen. Allein eine hohe Anzahl zusätzlich entstehender Arbeitsplätze bei Nettobetrachtung auf Kreisebene oder bundesweit kann kein Indikator sein, um die Veränderung der Beschäftigung zu messen. Hier sind Aspekte wie das Lohnniveau, gesundheitliche Folgen oder Risiken, Erreichbarkeit und Sicherheit der Arbeitsplätze, familienfreundliche Arbeitszeiten, berufsbegleitende Möglichkeiten zur weiteren Qualifikation und viele mehr zu bewerten und mit den Rahmenbedingungen der entfallenden Arbeitsplätze zu vergleichen.

Die vorliegende Untersuchung mit einem methodisch quantitativen Fokus kann darauf keine aussagekräftigen Antworten geben. Sicher ist jedoch, dass Wechselwirkungen zwischen den Arbeitsbedingungen (und der damit einhergehenden Attraktivität von Arbeitsplätzen), direkten oder indirekten Kosten für mobilitäts- und verkehrsbezogene Produkte und Dienstleistungen und der Beschäftigungsnachfrage bestehen.

8.1.3 Top 25 Kreise im Vergleich

Nach Darstellung der veränderten Beschäftigtenzahlen auf Kreisebene in den Szenarien im Zeitraum 2015 bis 2035 zeigen die beiden folgenden Tabellen die jeweils 25 Kreise mit der höchsten verkehrsbezogenen Beschäftigtenzahl in den Szenarien im Jahr 2035 in absteigender Reihenfolge. Die Klassifizierung bzw. Zusammenfassung der Beschäftigten je

Spalte entspricht dabei überwiegend der Übersicht aus AP2, vernachlässigt jedoch die zum aktuellen Zeitpunkt nicht absehbare Entwicklung der Beschäftigtenzahl im Fall der Tankstellen (vgl. Kapitel 4.2.3). Im Gegenzug werden hier die Beschäftigten im Bereich der neuen Mobilitätsdienstleistungen (Sharing-Fahrzeuge, autonome Fahrzeuge) und Fahrradverkehr berücksichtigt.

Tabelle 29: Top 25 Kreise Szenario ES-35

Kreis	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	Schienenfahrzeugbau und -instandhaltung	Bau und Betrieb von Straßen, Schienen und Fahrradinfrastruktur	Handel mit / Instandhaltung & Reparatur von Kfz	Personenbeförderung im Landverkehr[72]	Güterbeförderung im Straßenverkehr, Umzugstransporte	Post-, Kurier- und Expressdienste	Carsharing, Bikesharing, Vermietung von Fahrradherstellung, Reparatur & Vertrieb	Verkehrsbezogene Beschäftigung
Berlin	7.084	7.119	4.994	17.161	31.948	9.722	12.296	13.868	3.458	107.650
Hamburg	3.660	2.195	2.627	10.268	15.051	12.226	45.810	7.032	1.744	100.613
München, Kreisfr. Stadt	52.402	4.380	1.965	8.356	13.218	3.324	4.783	8.023	1.530	97.981
Stuttgart	68.849	1.670	1.020	3.769	6.677	1.668	3.343	3.647	685	91.328
Böblingen	56.935	0	585	2.768	2.343	2.053	2.466	792	365	68.307
Wolfsburg	60.313	0	184	825	791	160	2.971	659	106	66.009
Köln	21.271	1.200	1.711	5.963	10.559	6.148	11.133	5.885	1.019	64.889
Region Hannover	17.121	1.337	2.370	7.797	8.634	8.225	13.640	2.200	1.036	62.360
Frankfurt am Main	6.994	1.129	1.086	4.030	7.697	1.868	31.919	3.919	630	59.272
Bremen	18.737	1.029	862	3.190	4.643	2.564	19.399	2.985	506	53.915
Ingolstadt	46.742	0	141	855	914	158	1.666	717	117	51.310
Ludwigsburg	20.817	0	726	3.871	3.745	4.263	5.352	1.144	582	40.500
Nürnberg	10.918	1.225	787	3.190	5.309	4.074	10.812	2.887	478	39.680
Heilbronn, Landkreis	27.047	0	796	2.170	2.147	3.293	980	700	322	37.455
Düsseldorf	7.405	711	1.031	3.792	8.385	1.416	9.825	3.477	573	36.615
Leipzig, Kreisfr. Stadt	10.727	610	1.020	3.159	5.728	1.897	5.973	3.064	491	32.669
Groß-Gerau	16.197	0	347	1.775	1.789	3.168	6.498	542	308	30.624
Reutlingen	21.662	0	642	2.004	2.070	1.156	1.348	587	425	29.894
Dingolfing-Landau	24.037	0	467	672	602	634	1.609	117	87	28.225
Zwickau	15.270	321	889	2.123	1.996	3.943	2.836	556	249	28.183
Rastatt	21.296	0	492	1.530	1.426	1.052	1.647	479	221	28.143
Regensburg, Kreisfr. Stadt	21.095	0	134	1.035	1.721	1.130	1.574	774	127	27.590
Dortmund	1.505	664	909	2.974	5.606	3.149	6.743	2.260	563	24.373
Braunschweig	11.765	3.722	430	1.541	2.688	1.048	1.582	1.365	221	24.362
Esslingen	3.898	299	665	3.732	3.182	4.574	6.070	1.106	511	24.037

Quelle: eigene Berechnungen M-Five, RE-MOB

[72] Einschließlich Schienenfernverkehr, konventionelle Taxis, fahrerlose Taxis, Robo-Taxis, fahrerlose Shuttles & Busse sowie Betrieb von Stationen für fahrerlose Fahrzeuge

Tabelle 30: Top 25 Kreise Szenario MM-35

Kreis	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	Schienenfahrzeugbau und -instandhaltung	Bau und Betrieb von Straßen, Schienen und Fahrradinfrastruktur	Handel mit / Instandhaltung & Reparatur von Kfz	Personenbeförderung im Landverkehr[73]	Güterbeförderung im Straßenverkehr, Umzugstransporte	Post-, Kurier- und Expressdienste	Carsharing, Bikesharing, Vermietung von Kraftwagen	Fahrradherstellung, Reparatur & Vertrieb	Verkehrsbezogene Beschäftigung
Berlin	5.554	9.311	9.493	15.665	33.242	9.722	12.296	18.422	7.367	121.072
Hamburg	2.823	2.804	4.924	9.354	15.864	12.226	45.810	9.367	3.738	106.910
München, Kreisfr. Stadt	38.462	5.358	3.107	7.622	14.871	3.324	4.783	11.118	3.147	91.792
Stuttgart	51.000	2.008	1.554	3.436	7.687	1.668	3.343	5.002	1.398	77.096
Köln	16.000	1.207	2.595	5.443	12.835	6.148	11.133	8.150	2.168	65.679
Frankfurt am Main	5.206	1.258	1.664	3.680	8.842	1.868	31.919	5.401	1.369	61.207
Region Hannover	13.339	960	2.945	6.894	9.456	8.225	13.640	2.575	2.145	60.179
Böblingen	40.323	0	692	2.449	2.297	2.053	2.466	924	756	51.960
Bremen	13.137	1.175	1.320	2.913	5.611	2.564	19.399	4.175	1.101	51.395
Wolfsburg	43.544	0	239	753	851	160	2.971	911	231	49.660
Nürnberg	8.476	1.452	1.208	2.907	6.127	4.074	10.812	4.002	1.036	40.094
Düsseldorf	5.527	714	1.569	3.456	10.611	1.416	9.825	4.814	1.243	39.175
Ingolstadt	33.352	0	194	779	987	158	1.666	993	256	38.385
Ludwigsburg	15.727	0	864	3.421	3.914	4.263	5.352	1.335	1.166	36.042
Leipzig, Kreisfr. Stadt	7.539	613	1.499	2.882	6.634	1.897	5.973	4.213	1.066	32.316
Heilbronn, Landkreis	19.508	0	938	1.915	2.125	3.293	980	816	668	30.243
Dortmund	1.106	851	1.634	2.718	7.340	3.149	6.743	2.977	1.183	27.701
Groß-Gerau	12.454	0	424	1.567	1.791	3.168	6.498	634	599	27.135
Reutlingen	16.173	0	776	1.772	2.270	1.156	1.348	685	765	24.945
Duisburg	0	689	1.322	1.963	6.166	2.893	8.144	2.419	902	24.498
Mannheim	5.956	1.852	884	1.783	4.824	1.970	3.881	2.458	620	24.228
Zwickau	10.930	231	1.056	1.881	2.057	3.943	2.836	647	515	24.096
Braunschweig	8.387	4.946	636	1.407	3.539	1.048	1.582	1.886	481	23.912
Esslingen	2.915	218	796	3.298	3.096	4.574	6.070	1.291	1.058	23.316
Rastatt	16.102	0	588	1.351	1.401	1.052	1.647	559	457	23.157

Quelle: eigene Berechnungen M-Five, RE-MOB

Der direkte Vergleich beider Tabellen zeigt, dass in MM-35 vor allem in den größeren Städten die verkehrsbezogene Beschäftigung in Summe die Zahl der in ES-35 Beschäftigten übertrifft – hauptsächlich getrieben durch die Nachfrage von Mobilitätsdienstleistungen. Im Gegenzug weisen Standorte mit bedeutender Automobilproduktion wie München, Stuttgart, die Landkreise Böblingen und Heilbronn, die

[73] Einschließlich Schienenfernverkehr, konventionelle Taxis, fahrerlose Taxis, Robo-Taxis, fahrerlose Shuttles & Busse sowie Betrieb von Stationen für fahrerlose Fahrzeuge

Region Hannover, Wolfsburg und Ingolstadt im Szenario ES-35 eine höhere Summe aller verkehrsbezogenen Beschäftigten auf.

8.2 Anmerkungen zur Methodik

Die räumliche Analyse fokussiert eine räumlich differenzierte Abbildung der Veränderungen der Mobilität. Sie ermöglicht die regionale Analyse durch eine feingliedrige regionale Auflösung der Beschäftigung in der Mobilität inklusive einer Differenzierung in Kategorien wie Fahrzeugbau, Infrastrukturbau oder Verkehrsdienstleistungen. Dagegen verbleibt eine Unschärfe bei der Erfassung der weiteren Trends der Einflussfaktoren auf die Beschäftigung (z.B. sektorale (Arbeits-)Produktivität, globaler Strukturwandel der Industrie, Technologie-kostenentwicklungen, etc.). Eine Vertiefung dieser weiteren Einflussfaktoren auf die Beschäftigung erfolgt in anderen Arbeitspaketen dieses Projektes.

Zentrale Eingangsgrößen für die regionale Analyse bilden Statistiken des Statistischen Bundesamtes (DeStatis), des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) sowie eigene Erhebungen: zum einen zur räumlichen Verteilung der Fahrzeugindustrie und ihrer Zulieferindustrien mit dem Ziel, eine komponentenbezogene, räumliche Verteilung der Beschäftigung aufzubauen und zum anderen verschiedene, fokussierte eigene Erhebungen zu Akteuren der neuen Mobilitätsdienstleistungen und der Elektromobilität.

Diese Eingangsgrößen können teilweise direkt genutzt werden, um die Fortschreibung von heute (REF-15) bis 2035 zu leisten, und teilweise werden aufsetzend auf einer Fortschreibung der Rahmenbedingungen (z.B. BBSR räumliche Bevölkerungsfort-schreibung, modale Verkehrsnachfrage und Pkw-Bestand in Abstimmung mit dem Projektbeirat) verschiedene Rechenverfahren genutzt, um eine regional differenzierte Fortschreibung der Beschäftigung in der Mobilität auf Kreisebene (402) aufzubauen.

Dabei wird durch die Kopplung der Verkehrsnachfrage an die Einwohnerzahl sowie die Ableitung der verkehrsnachfrageabhängigen Beschäftigung an die modale Verkehrs-nachfrage die Beschäftigung in der Mobilität zu einem Teil von der regionalen Einwohnerentwicklung getrieben. Als Treiber der räumlichen Verortung der Beschäftigung in der Komponentenherstellung der Fahrzeuge dient der zukünftige Fahrzeugabsatz in den Szenarien, die heutige räumliche Verortung der Produktionsstandorte und eine Vielzahl von Hinweisen auf zukünftige neue Schwerpunkte der Fahrzeugproduktion mit Bezug zur E-Mobilität, beispielsweise (geplante) Batterieproduktion in Erfurt und Kamenz, Forschungs- und Demonstrationscluster zu E-Mobilität in der Region Aachen.

Damit erfolgt die Fortschreibung der regionalen Beschäftigung in der Mobilität bis 2035 anhand einer Kombination aus einem analytischem, datenbasierten Rechenansatz ausgehend von der regionalen Verteilung der Beschäftigung im Status-quo und einer Heuristik der erwarteten Schwerpunkte der Beschäftigung in Fahrzeugproduktion und Mobilitätsdienstleistungen. **Es handelt sich damit nicht um eine regionale Prognose**, sondern um eine aus heutiger Sicht plausibel ableitbare Verteilung der Beschäftigung ohne Berücksichtigung möglicher unternehmerischer Standortentscheidungen.

8.3 Schlussbemerkungen und Ausblick

Der Mobilitätssektor wird auch bis 2035 ein Bereich mit wachsender Beschäftigung bleiben. Allerdings gewinnen die Bereiche der Mobilitäts- und Verkehrsdienstleistungen zukünftig an Bedeutung für die Beschäftigung in Deutschland. Der Zuwachs an Beschäftigung in Mobilitätsdienstleistungen kann den Wegfall an Beschäftigung in der Fahrzeugproduktion – speziell bei den Komponenten Antriebsstrang und Verbrenner – durch den Antriebswechsel auf elektrifizierte und insbesondere batterieelektrische Pkw kompensieren.

Regional können allerdings in einzelnen Kreisen auch deutliche Nettoverluste an Beschäftigung auftreten. Dies ist dann der Fall, wenn diese Regionen einen hohen Bestand an Arbeitsplätzen im Bereich der Herstellung von Verbrennungsmotoren und Antriebsstrang bzw. von deren Teil-Komponenten aufweisen, aber sich keine Fertigung im Bereich der E-Mobilitätskomponenten und Fahrerassistenzsysteme andeutet. Hinzu kommt, dass eine eher geringe Bevölkerungszahl und -dichte in diesen Regionen keinen substanziellen Aufbau von neuen Mobilitätsdienstleistungen erwarten lassen.

Vielfach wird über einen substanziellen Verlust der Beschäftigung in der Fahrzeugproduktion durch eine Hinwendung zur E-Mobilität diskutiert. Trotz der deutlichen Veränderung der Pkw-Neuzulassungen und der Pkw-Flotte in Deutschland in den Szenarien fällt der Befund in diesem Arbeitspapier jedoch ambivalent aus. In ES-35 kann sogar (ohne Güterverkehr und KEP-Dienste) ein Zuwachs an Beschäftigung erwartet werden (+95.000), während in MM-35 eine Abnahme zu erwarten ist (-138.000).

Dieser Befund hängt neben den nationalen Faktoren zur Transformation der Mobilität durch Elektrifizierung und Mobilitätsdienstleistungen an zwei weiteren Faktoren, die die Beschäftigung mindestens genauso stark beeinflussen wie die Elektrifizierung der Pkw und die Transformation ihrer Nutzung: die sektorale Produktivitätsentwicklung im Automobilbau und die mögliche Verlagerung größerer Teile der Produktion von Deutschland in die Nachfrageländer.

Wir haben die Entwicklung der sektoralen Arbeitsproduktivität ungefähr in der Größenordnung der Periode 2010 bis 2014 fortgeschrieben, so dass die realen Produktivitätszuwächse in einer Bandbreite von 1 % bis 2 % liegen. Außerdem wurde keine großflächige Verlagerung der Produktion ins Ausland unterstellt, sondern eine anteilig ähnliche Belieferung aus Deutschland wie in den letzten Jahren.

Die Erkenntnisse zur Beschäftigungsänderung in der Mobilität beinhalten bisher nur begrenzte Aussagen zur Qualität der neu geschaffenen Beschäftigung im Vergleich mit der in der konventionellen Pkw-Fertigung reduzierten Beschäftigung. Sicher ist, dass neue hochwertige Beschäftigung im Bereich der Elektronik-Komponenten (inkl. Fahrerassistenzsystemen) und der Softwareentwicklung entstehen wird.

Die Analysen der Qualität der Beschäftigung werden vertieft, wenn die APs 3, 4 und 5 abgeschlossen sind und eine Synthese aus Regionalanalyse, Sektoralanalyse und gesamtwirtschaftlicher Analyse zum Abschluss des Projektes erarbeitet wird. Diese wird auch die Ableitung von Handlungsempfehlungen ermöglichen.

9 Referenzen

AHRENS, GERD-AXEL ; BECKER, UDO ; BÖHMER, THOMAS ; RICHTER, FALK ; WITTWER, RICO: *Potenziale des Radverkehrs für den Klimaschutz*. Dessau-Roßlau, 2013

ARAL ; DLR: *Tankstelle der Zukunft*, 2018

ARNTZ, MELANIE ; GREGORY, TERRY ; ZIERAHN, ULRICH: Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit. In: *ifo Schnelldienst 7/2017* (2017), Nr. 70

BAVC: Alles über Ampeln. In: BAVC E.V. AUTOMOBIL- UND VERKEHRSSICHERHEITSCLUB (Hrsg.) (2018)

BBSR: *Laufende Raumbeobachtung - Raumabgrenzungen - Arbeitsmarktregionen 2015*. URL https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/regionen/AMR/amr_node.html. - abgerufen am 2019-06-05

BBSR: *Laufende Raumbeobachtung - Raumabgrenzungen - Siedlungsstrukturelle Kreistypen 2017*. URL https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/kreise/Kreistypen4/kreistypen_node.htm. - abgerufen am 2019-06-05

BIEß, ASTRID ; BLUMENTHAL-BARBY, VIKTORIA ; BRAUN, HELMUT: *Neue Wege für den Zugang zum öffentlichen Nahverkehr in Berlin*. Berlin : Nexus Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung e.V., 2017

BIRN, KRISTINA ; MANN, HANS-ULRICH ; POHL, MICHAEL ; BERATERGRUPPE VERKEHR + UMWELT GMBH (Hrsg.): *Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege*, 2010

BITKOM: 44 Millionen Deutsche nutzen ein Smartphone. In: BITKOM E.V. (Hrsg.) (2015)

BLONDIAU, THOMAS ; VAN ZEEBROECK, BRUNO: *Cycling works: Jobs and job creation in the cycling economy* : Brussels: European Cyclists' Federation, 2014

BMVI: Nationaler Radverkehrsplan 2020 (2012)

BMVI: *Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge*. URL https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html. - abgerufen am 2019-06-04

BMVI ; DVV MEDIA GROUP GMBH (Hrsg.): *Verkehr in Zahlen 2016/17*, 2016b — ISBN 978-3-87154-591-7

BMVI: *Verkehr in Zahlen 2017/2018*. . - abgerufen am 2019-01-23

BOCK, BENNO ; DAMRAU, LENA ; DANIELS, BERT ; EPP, JULIA ; HUNSICKER, FRANK ; NORDHOFF, SINA ; SCHERF, CHRISTIAN ; SCHÖNDUWE, ROBERT ; U. A.: InnoZ Mobilitätsmonitor Nr. 4 – April 2017. In: *Internationales Verkehrswesen* Bd. 69 (2017), Nr. 2, S. 58–61

BOSCH EBIKE SYSTEMS: *Marktanalyse von Bosch eBike Systems / „Jedes zweite Rad in zehn Jahren ein eBike" / Claus Fleischer prognostiziert rasantes Wachstum*. URL https://www.presseportal.de/pm/112314/3800047. - abgerufen am 2019-05-27. — presseportal.de

BRYNJOLFSSON, ERIK ; MCAFEE, ANDREW: *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies* : WW Norton & Company, 2014 — ISBN 0-393-23935-7

BRZESKI, CARSTEN ; FECHNER, INGA: Die Roboter kommen (doch nicht?) (2018)

BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT: Arbeitsmarkt in Zahlen: Beschäftigungsstatistik. Sozialverischerungspflichtig und geringfügig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen der WZ2008 (2016)

BUNDESAMT FÜR GÜTERVERKEHR: Marktbeobachtung Güterverkehr - Marktanalyse des Fernbuslinienverkehrs 2017 (2018)

BUNDESVERBAND CARSHARING (BCS) E.V.: Grafik „Branchenentwicklung CarSharing differenziert“ (2018)

CANZLER, WEERT ; KNIE, ANDREAS: *Die digitale Mobilitätsrevolution - Vom Ende des Verkehrs, wie wir ihn kannten*. München : Oekom, 2016

CHARETTE, ROBERT N.: This Car Runs on Code. In: *IEEE Spectrum* (2009)

CLAAS, BERLIN: Technik, die bereichert. In: *automotiveIT* (2017), Nr. 12 2017

DB FERNVERKEHR AG: DB Fernverkehr AG - Geschäftsbericht 2016 (2016)

DB STATION&SERVICE AG: Stationsdaten (Stand 03/2018) (2018)

DENGLER, KATHARINA: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Beschäftigungsabbau oder Beschäftigungswachstum? In: *ifo Schnelldienst* Bd. 7/2017 (2017), Nr. 70

DESTATIS: Bildung und Kultur - Studierende an Deutschen Hochschulen (2006)

DESTATIS: Bildung und Kultur - Studierende an Deutschen Hochschulen (2011)

DESTATIS: Bildung und Kultur - Studierende an Deutschen Hochschulen (2016)

DESTATIS: Bildung und Kultur - Studierende an Deutschen Hochschulen (2017)

DEUTSCHER TAXI- UND MIETWAGENVERBAND E.V.: BZP Geschäftsbericht 2016 2017 (2017)

ECF: *Cycle more often 2 cool down the planet! Quantifying CO2 savings of cycling* (Technology), 2011

ECKL-DORNA, WILFRIED: VW krempelt Autokauf um und schwört „Glaspalästen“ ab. In: *manager magazin* (2018)

EVCHAIN.NRW: *Modellierung der zukünftigen elektromobilen Wertschöpfungskette und Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Stärkung des Elektromobilitätsstandortes NRW*, 2014

FORD, MARTIN: *The Rise of the Robots - Technology and the Threat of Mass Unemployment*, 2015

FREY, CARL B. ; OSBORNE, MICHEAL A.: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? In: *Technological Forecasting & Social Change* (2017), Nr. 114

GHT MOBILITY GMBH: Zahlen & Fakten CleverShuttle (2018)

GRUBER, J. ; RUDOLPH, C.: Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr (WIV-RAD). In: *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Schlussbericht* (2016)

HEEG, THIEMO: 50 Prozent mehr Fahrgäste in Flixbussen und -zügen. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (2018)

HEGMANN, GERHARD: Siemens stellt Ampel-Produktion in Deutschland ein. In: *DIE WELT* (2015)

HERMINGHAUS, STEPHAN ; REUNING, ARNDT: Bus auf Abruf.

HOLZHEY, MICHAEL ; UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): *Schienennetz 2025 / 2030 - Ausbaukonzeption für einen Leistungsfähigen Güterverkehr in Deutschland* (Nr. 42/2010). Dessau-Rosslau : KCW GmbH, 2010

HOWE, ENRICO ; BOCK, BENNO: *Global Scootersharing Market Report*. Berlin : Innovationszentrum für Mobiliät und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ), 2017

HUNSICKER, FRANK ; HILWERLING, BENNO ; SCHÖNDUWE, ROBERT ; DAMRAU, LENA ; BOCK, BENNO ; TOPRANI, VIPUL ; JONUSCHAT, HELGA ; NORDHOFF, SINA ; U. A.: InnoZ Mobilitätsmonitor Nr. 3 – November 2016. In: *Internationales Verkehrswesen* Bd. 68 (2016), Nr. 4, S. 50–53

HUNSICKER, FRANK ; KNIE, ANDREAS ; LOBENBERG, GERNOT ; LOHRMANN, DORIS ; MEIER, ULRIKE ; NORDHOFF, SINA ; PFEIFFER, STEPHAN: Pilotbetrieb mit autonomen Shuttles auf dem Berliner EUREF-Campus – Erfahrungsbericht vom ersten Testfeld zur integrierten urbanen Mobilität der Zukunft. In: *Internationales Verkehrswesen* Bd. Jg. 69 (2017), Nr. 3, S. 56–59

HUß, STEFFEN ; FRICK, CAROLIN ; KECK, MORITZ: *Erneuerung der städtischen Mobilität. Wie kann ein Shuttle-System den kompletten motorisierten Individualverkehr in Hamburg ersetzen?* Darmstadt : Flinc GmbH, 2016

INNOZ: *Global Scootersharing Market Report 2018*, 2018

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM: Urban Mobility System Upgrade - How shared self-driving cars could change city traffic (2015)

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM: Shared Mobility Simulations for Helsinki (2017)

KELLY, KEVIN: *The Inevitable - Understanding the 12 Technological Forces that will Shape our Future*, 2016

KOSOW, HANNAH ; GAßNER, ROBERT: *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien* : IZT, 2008 — ISBN 3-941374-03-6

KRAFTFAHRT-BUNDESAMT: Bestand in den Jahren 1960 bis 2018 nach Fahrzeugklassen (2018)

LEHMANN, TIM: *Der Bahnhof der Zukunft - Alternativen zum traditionellen Bahnhofsempfangsgebäude*. Berlin, Technische Universität Berlin, 2011

MCKINSEY: *A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis: The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles*, 2015

MISHRA, DIGBIJAY: Leihrad-Anbieter liefern sich einen harten Kampf um Deutschlands Straßen. In: *Handelsblatt* (2018)

MONHEIM, DR., HEINER ; MUSCHWITZ, DR ., CHRISTIAN ; REIMANN, JOHANNES ; THESEN, VOLKER ; GRADE, ANJA ; KRITZINGER, STEPHAN ; RIKUS, SIMON ; LECKEL, SASKIA ; U. A.: Grundlagenuntersuchung zur Situation des Radverkehrs in Deutschland (2016)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT ; GEMEINSAME GESCHÄFTSSTELLE ELEKTROMOBILITÄT DER BUNDESREGIERUNG (Hrsg.): *Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland - Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015*. Berlin, 2015

NEUMANN, LARS ; KRIPPENDORF, WALTER: *Branchenanalyse Bahnindustrie: Industrielle und betriebliche Herausforderungen und Entwicklungskorridore*, 2016 — ISBN 978-3-86593-239-6

NEUMANN, LARS ; SANDER, ALINE: Trends und Perspektiven der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen in Deutschland – Chancen und Risiken für die Beschäftigten (2010)

NORDHOFF, SINA ; VAN AREM, BART ; HAPPEE, RIENDER: A conceptual model to explain, predict, and improve user acceptance of driverless 4P vehicles. In: *2016 TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers*. Washington, DC, 2016

NPE: *Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland - Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015*. Berlin, 2015

NPE: *Ladeinfrastruktur*. URL http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/themen/ladeinfrastruktur/#tabs. - abgerufen am 2018-09-19. — Nationale Plattform Elektromobilität

PETIT, JEAN-PIERRE ; BROSSET, PASCAL ; BACRY, JAQUES ; BUVAT, JEROME ; LANGE, UDO ; GUIGA, MICHEL ; NICKERSON, DANA ; CAPONE, ALEXANDRE ; U. A.: *Digital Engineering - The new growth engine for discrete manufacturers* : Capgemini Digital Transformation Institute, 2018

POLOCHOW, YANNICK: Wir definieren genau, wo unser digitaler Fixstern liegt. In: *automotiveIT* (2017), Nr. 03/04 2017

RADKOMPETENZ ÖSTERREICH: *Die Transportrevolution: Lastenrad auf dem Vormarsch*. URL https://radkompetenz.at/1544/die-transportrevolution-lastenrad-auf-vormarsch/. - abgerufen am 2018-09-18

RIKUS, SIMON ; DR. STEPHAN HOFFMANN ; UNGUREANU, TUDOR ; DR. STEFAN ROMMERSKIRCHEN ; PLESKER, MIRIAM: *Auskunft über verfügbare Parkplätze in Städten* (FAT-Schriftenreihe Nr. Nr. 271). Berlin, 2015

SANDROCK, MICHAEL ; RIEGELHUTH, GERD: *Verkehrsmanagementzentralen in Kommunen - Eine vergleichende Darstellung*. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2014

SCHADE, WOLFGANG ; DOLL, CLAUS ; MADER, SIMON ; SIEVERS, LUISA ; WAGNER, UDO: Leitbild nachhaltige Mobilität: Szenarien Multi-Modalität-2035 und E-Straße-2035. In: *Beschäftigungseffekte nachhaltiger Mobilität: Eine systemische Analyse der Perspektiven in Deutschland bis 2035* (2017)

SCHADE, WOLFGANG ; ZANKER, CHRISTOPH ; KÜHN, ANDRÉ ; HETTESHEIMER, TIM: *Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie: strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030*, *Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag*. Berlin : Edition Sigma, 2014. — 00000 — ISBN 978-3-8360-8140-5

SCHÄFER, GERTRAUD: Die Möglichkeiten von NFC-basierten Mobilitätsplattformen für die Stadt von morgen. In: *12. Fachtagung der Reihe Mobilität und Kommunikation*. Dresden : Technische Universität Dresden, 2018

SEIBERTH, GABRIEL: Wie verändern digitale Plattformen die Automobilwirtschaft? (2015)

SPATH, DIETER ; BAUER, WILHELM ; VOIGT, SIMON ; BORRMANN, DANIEL ; HERRMANN, FLORIAN ; BRAND, MARIUS ; RALLY, PETER ; ROTHFUSS, FLORIAN ; U. A.: Elektromobilität und Beschäftigung - Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). In: *Fraunhofer IAO, IMU Institut und Institut für Fahrzeugkonzepte des DLR. Studie beauftragt von der Daimler AG und der Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf* (2012)

STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS): *Personenverkehr mit Bussen und Bahnen 2015. Fachserie 8 Reihe 3.1*, 2017

TOURISMUSVERBAND EV, DEUTSCHER: Fahrradtourismus in Deutschland. In: *Kurzfassung. Bonn* (2009)

TSC: 100 Jahre Lichtsignalanlage. In: TSC BERATENDE INGENIEURE FÜR VERKEHRSWESEN GMBH & CO. KG (Hrsg.) (2014)

UBS: *UBS Evidence Lab Electric Car Teardown - Disruption Ahead?* (USB Global Research Q-Series), 2017

UMWELTBUNDESAMT: *CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland*, 2010

VDA ; VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE E.V. (Hrsg.): *FAST 2025 - Future Automotive Industry Structure*, *VDA-Schriftenreihe „Materialien zur Automobilindustrie“* (Nr. 45). Berlin, 2012

VDA: *Tatsachen und Zahlen* (Nr. 81. Folge) : Verband der Automobilindustrie, 2017

VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN: VDV Statistik 2015 (2016)

WAGNER, UDO ; SCHADE, WOLFGANG ; SIEVERS, LUISA ; BERTHOLD, DANIEL ; DOLL, CLAUS ; HARTWIG, JOHANNES ; MADER, SIMON: Status quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität (2018)

WINTERHAGEN, JOHANNES: Autoboom hilft den Chipherstellern. In: *Automobilwoche* (2018)

ZWEIRAD-INDUSTRIE-VERBAND E.V. (ZIV): Mitglieder & Kennzahlen 2015 (2015)