

ABSCHLUSSBERICHT DER STUDIE

# MOBILES BADEN- WÜRTTEMBERG

Wege der Transformation  
zu einer nachhaltigen Mobilität

## IMPRESSUM

### MOBILES BADEN-WÜRTTEMBERG – WEGE DER TRANSFORMATION ZU EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT

Abschlussbericht der Studie

#### HERAUSGEBERIN

Baden-Württemberg Stiftung gGmbH  
Kriegsbergstraße 42  
70174 Stuttgart

#### VERANTWORTLICH

Dr. Simone Plahuta  
Daniel Voith  
Dr. Andreas Weber  
Baden-Württemberg Stiftung

#### AUTORINNEN UND AUTOREN

Ruth Blanck, Florian Hacker, Dirk Arne Heyen,  
Wiebke Zimmer  
unter Mitarbeit von Thomas Bergmann,  
Rainer Griefshammer, Theresa Kirchweger,  
Manuela Schönau, Katja Schuhmacher  
Öko-Institut e. V.

Jutta Deffner, Konrad Götz, Georg Sunderer  
unter Mitarbeit von Melina Stein  
ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung

Sylvia Stieler  
IMU Institut GmbH

Andrej Cacilo, Thomas Ernst  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation (IAO)

### INITIATOR UND PROJEKTBEGLEITUNG



BUND e. V. Landesverband Baden-Württemberg  
Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner:  
Dr. Brigitte Dahlbender  
Sylvia Pilarsky-Grosch  
Stefan Flaig  
Jobst Kraus

#### PROJEKTTRÄGER

Klaus Amler

#### KONZEPTION UND GESTALTUNG

srp. Werbeagentur GmbH, Freiburg  
www.srp.de

#### DRUCKEREI

Burger Druck, Waldkirch

#### BILDMATERIAL

Titelbild, S. 019, S. 035, S. 089: shutterstock  
S. 114, S. 125, S. 217, S. 241, S. 259: iStock  
Soweit nicht anders vermerkt, stammen alle  
weiteren Abbildungen aus dem Projekt.

© Oktober 2017, Stuttgart  
Schriftenreihe der Baden-Württemberg  
Stiftung; Nr. 87  
ISSN: 2366-1437

Der vorliegende Bericht steht auf der Internetseite  
der Baden-Württemberg Stiftung als Download  
zur Verfügung. [www.bwstiftung.de](http://www.bwstiftung.de)

# MOBILES BADEN-WÜRTTEMBERG – WEGE DER TRANSFORMATION ZU EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT

Abschlussbericht der Studie

## HINWEIS

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung beide Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit manchmal nur die männliche Form erwähnt ist.

# INHALT

|  |            |
|--|------------|
| <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>   | <b>006</b> |
| <b>TABELLENVERZEICHNIS</b>   | <b>008</b> |
| <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>   | <b>010</b> |
| <b>VORWORT</b>   | <b>012</b> |
| <b>DIE INSTITUTE</b>   | <b>016</b> |
| <b>1. EINLEITUNG</b>   | <b>018</b> |
| 1.1. Hintergrund und Ziel der Studie   | 018        |
| 1.2. Vorgehen im Projekt und Aufbau der Studie   | 022        |
| 1.3. Bilanzgrenzen   | 025        |
| 1.4. Transformationsverständnis  | 028        |
| <b>2. MOBILITÄT, VERKEHR UND MOBILITÄTSWIRTSCHAFT – STATUS QUO UND AKTUELLE TRENDS</b> | <b>035</b> |
| 2.1. Verkehrsverhalten, Mobilitätsorientierungen, Raum und Technik                     | 036        |
| 2.2. Die Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg                                     | 063        |
| 2.3. Zusammenfassung: Bestandsaufnahme Mobilität, Verkehr und Mobilitätswirtschaft     | 088        |
| <b>3. ZIELE UND INDIKATOREN EINER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG</b>                         | <b>089</b> |
| 3.1. Bestehende Nachhaltigkeitsziele und -indikatoren auf unterschiedlichen Ebenen     | 090        |
| 3.2. Auswahl geeigneter Indikatoren  | 093        |
| 3.3. Indikatoren für ökologische Nachhaltigkeit  | 097        |
| 3.4. Indikatoren für ökonomische Nachhaltigkeit  | 109        |
| 3.5. Indikatoren für soziale Nachhaltigkeit  | 111        |
| 3.6. Zusammenfassung: Indikatoren einer nachhaltigen Mobilität                         | 113        |
| <b>4. DREI SZENARIEN DER MOBILITÄT FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG 2050</b>                      | <b>114</b> |
| 4.1. Der Szenarioprozess   | 114        |
| 4.2. Die Szenarioausgestaltung   | 116        |
| 4.3. Einordnung der Szenarien  | 123        |
| 4.4. Zusammenfassung: Drei Szenarien der Mobilität für Baden-Württemberg 2050          | 124        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. METHODIK UND ERGEBNISSE DER SZENARIEN</b>  | <b>125</b> |
| 5.1. Personenverkehrsnachfrage   | 126        |
| 5.2. Güterverkehrsnachfrage  | 146        |
| 5.3. Luftverkehr   | 157        |
| 5.4. Pkw-Neuzulassungen und -Bestand   | 160        |
| 5.5. Lkw-Neuzulassungen und -Bestand   | 175        |
| 5.6. Endenergie und THG-Emissionen   | 178        |
| 5.7. Externe Kosten  | 188        |
| 5.8. Ökonomische Analysen  | 190        |
| 5.9. Zusammenfassung: Modellierung und Ergebnisse  | 216        |
| <br>   |            |
| <b>6. BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT DER SZENARIEN</b>   | <b>217</b> |
| 6.1. Ökologische Nachhaltigkeit  | 218        |
| 6.2. Ökonomische Nachhaltigkeit  | 231        |
| 6.3. Soziale Nachhaltigkeit  | 234        |
| 6.4. Zusammenfassung: Nachhaltigkeitsbewertung der Szenarien im Vergleich                                      | 239        |
| <br>   |            |
| <b>7. HANDLUNGSOPTIONEN ZUR GESTALTUNG DER TRANSFORMATION</b>  | <b>241</b> |
| 7.1. Werte, Wissen und Visionen  | 242        |
| 7.2. Personenverkehr & Raumentwicklung   | 244        |
| 7.3. Technologien  | 249        |
| 7.4. Güter- & Luftverkehr  | 252        |
| 7.5. Mobilitätswirtschaft  | 254        |
| 7.6. Zusammenfassung: Handlungsoptionen  | 257        |
| <br>   |            |
| <b>8. ZUSAMMENFASSUNG: MOBILES BADEN-WÜRTTEMBERG – WEGE DER TRANSFORMATION ZU EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT</b> | <b>259</b> |
| <br>   |            |
| <b>9. LITERATURVERZEICHNIS</b>   | <b>264</b> |

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

|                       |   |            |
|-----------------------|---|------------|
| <b>Abbildung 1.1</b>  | Schematische Darstellung Studiendesign  | <b>023</b> |
| <b>Abbildung 1.2</b>  | Schematischer Überblick über betrachtete Felder der Mobilitätswirtschaft  | <b>027</b> |
| <b>Abbildung 1.3</b>  | Mehr-Ebenen-Perspektive auf Systeme (mittlere Ebene) und ihre Einflüsse   | <b>029</b> |
| <b>Abbildung 1.4</b>  | Mehr-Ebenen-Perspektive auf Transformationsprozesse   | <b>030</b> |
| <b>Abbildung 2.1</b>  | Anteil der Verkehrsmittel am Verkehrsaufkommen von 2005 bis 2014  | <b>038</b> |
| <b>Abbildung 2.2</b>  | Entwicklung der Verkehrsleistung nach Verkehrsmitteln 2003 bis 2014   | <b>039</b> |
| <b>Abbildung 2.3</b>  | Wichtigkeit eines eigenen Autos   | <b>045</b> |
| <b>Abbildung 2.4</b>  | Raumkategorien in Baden-Württemberg   | <b>050</b> |
| <b>Abbildung 2.5</b>  | Tägliche Flächenneuanspruchnahme in Baden-Württemberg   | <b>051</b> |
| <b>Abbildung 2.6</b>  | Bevölkerungsentwicklung bis 2030  | <b>053</b> |
| <b>Abbildung 2.7</b>  | Entwicklung des Carsharing in Deutschland   | <b>059</b> |
| <b>Abbildung 2.8</b>  | Radverkehrsanteile der Land- und Stadtkreise in Baden-Württemberg<br>Datengrundlage MID 2008 und MOP 2010–2012  | <b>061</b> |
| <b>Abbildung 2.9</b>  | Potenziale der Radverkehrsentwicklung durch „herkömmliche“ Radverkehrsförderung<br>und die Pedelektisierung     | <b>062</b> |
| <b>Abbildung 2.10</b> | Beschäftigte in Transport- und Beförderungsdienstleistungen   | <b>068</b> |
| <b>Abbildung 2.11</b> | Fahrräder, Pedelecs und E-Bikes   | <b>078</b> |
| <b>Abbildung 2.12</b> | Beschäftigte in der Mobilitätswirtschaft: Kfz, Schiene, Luft- und Schiffsverkehr<br>sowie Fahrrad               | <b>081</b> |
| <b>Abbildung 2.13</b> | Beschäftigte nach Verkehrszweigen   | <b>085</b> |
| <b>Abbildung 3.1</b>  | Nachhaltigkeitsstrategien und ihr direkter Bezug zu Mobilität auf unterschiedlichen<br>Ebenen                   | <b>091</b> |
| <b>Abbildung 3.2</b>  | Energieverbrauch des Verkehrs in Baden-Württemberg, 1990–2015   | <b>098</b> |
| <b>Abbildung 3.3</b>  | CO <sub>2</sub> -Emissionen des Verkehrs in Baden-Württemberg, 1990–2015  | <b>099</b> |
| <b>Abbildung 3.4</b>  | Rohstoffproduktivität in Baden-Württemberg, 1994–2010   | <b>100</b> |
| <b>Abbildung 3.5</b>  | Täglicher Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke in<br>Baden-Württemberg, 2003–2015                 | <b>102</b> |
| <b>Abbildung 3.6</b>  | Verteilung der NO <sub>x</sub> -Emissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg<br>im Jahr 2012          | <b>103</b> |
| <b>Abbildung 3.7</b>  | Anzahl der Überschreitungen (1-Stundenmittelwerte) für Stickstoffdioxid an den<br>Sportmessstellen in Stuttgart | <b>104</b> |
| <b>Abbildung 3.8</b>  | Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Immissionen von 1990–2014  | <b>105</b> |
| <b>Abbildung 3.9</b>  | Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr in Baden-Württemberg,<br>2004 und 2014                      | <b>108</b> |
| <b>Abbildung 3.10</b> | Mobilitätsausgaben pro Haushalt und Monat in Deutschland (2014)   | <b>110</b> |
| <b>Abbildung 4.1</b>  | Vorgehen im Projekt zur Erstellung und Bewertung der Szenarien  | <b>115</b> |
| <b>Abbildung 5.1</b>  | Schematische Darstellung des Modellierungsablaufes  | <b>126</b> |
| <b>Abbildung 5.2</b>  | Übersicht zur Herleitung des Personenverkehrs   | <b>127</b> |
| <b>Abbildung 5.3</b>  | Angenommene Pkw-Besitzquoten der Orientierungstypen (Großstädte, 2050)  | <b>135</b> |
| <b>Abbildung 5.4</b>  | Angenommene Pkw-Besitzquoten der Orientierungstypen<br>(außerhalb von Großstädten, 2050)                        | <b>136</b> |
| <b>Abbildung 5.5</b>  | Modal Split des Verkehrsaufkommens in den Szenarien für das Jahr 2030   | <b>141</b> |
| <b>Abbildung 5.6</b>  | Modal Split des Verkehrsaufkommens in den Szenarien für das Jahr 2050   | <b>142</b> |

|                       |   |     |
|-----------------------|---|-----|
| <b>Abbildung 5.7</b>  | Verkehrsleistung im Personenverkehr in den Szenarien für das Jahr 2030                        | 144 |
| <b>Abbildung 5.8</b>  | Verkehrsleistung im Personenverkehr in den Szenarien für das Jahr 2050                        | 145 |
| <b>Abbildung 5.9</b>  | Verkehrsleistung (territorial), 2010  | 146 |
| <b>Abbildung 5.10</b> | Verkehrsleistung Quelle-/Zielverkehre, 2010   | 146 |
| <b>Abbildung 5.11</b> | Verkehrsleistung Güterverkehr Baden-Württemberg (Territorialprinzip)                          | 147 |
| <b>Abbildung 5.12</b> | Güterverkehrsleistung nach Gütergruppen (2014)  | 148 |
| <b>Abbildung 5.13</b> | Modal Split des Verkehrsaufkommens, 2010 (Quelle-Ziel-Verkehr)                                | 149 |
| <b>Abbildung 5.14</b> | Modal Split der Verkehrsleistung, 2010 (Quelle-Ziel-Verkehr)                                  | 149 |
| <b>Abbildung 5.15</b> | Verkehrsleistung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg, 1990–2050                            | 152 |
| <b>Abbildung 5.16</b> | Verkehrsleistung im Güterverkehr in den verschiedenen Szenarien (2030)                        | 153 |
| <b>Abbildung 5.17</b> | Modal Split der Verkehrsleistungen im Güterverkehr in den verschiedenen Szenarien (2030)      | 154 |
| <b>Abbildung 5.18</b> | Verkehrsleistung im Güterverkehr in den verschiedenen Szenarien (2050)                        | 155 |
| <b>Abbildung 5.19</b> | Modal Split der Verkehrsleistungen im Güterverkehr in den verschiedenen Szenarien (2050)      | 156 |
| <b>Abbildung 5.20</b> | Luftverkehr 2010: verschiedene Bilanzgrenzen im Vergleich                                     | 158 |
| <b>Abbildung 5.21</b> | Verkehrsnachfrage im Luftverkehr (2030)   | 159 |
| <b>Abbildung 5.22</b> | Verkehrsnachfrage im Luftverkehr (2050)   | 160 |
| <b>Abbildung 5.23</b> | Schema der Neuzulassungsstrukturmodellierung  | 162 |
| <b>Abbildung 5.24</b> | Pkw nach Hubraum: Deutschland und Baden-Württemberg im Vergleich                              | 163 |
| <b>Abbildung 5.25</b> | Größenklassenverteilung private Pkw   | 164 |
| <b>Abbildung 5.26</b> | Größenklassenverteilung Pkw in geteilter Nutzung  | 164 |
| <b>Abbildung 5.27</b> | Motorisierungsrate (Pkw in % der Einwohnerzahl), 2010-2050                                    | 166 |
| <b>Abbildung 5.28</b> | Neuzulassungen Pkw nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien (2030)                     | 170 |
| <b>Abbildung 5.29</b> | Neuzulassungen Pkw nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien (2050)                     | 171 |
| <b>Abbildung 5.30</b> | Pkw-Bestand nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien (2030)                            | 172 |
| <b>Abbildung 5.31</b> | Pkw-Bestand nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien (2050)                            | 173 |
| <b>Abbildung 5.32</b> | Fahrleistungen nach Fahrzeugtyp in den verschiedenen Szenarien (2050)                         | 174 |
| <b>Abbildung 5.33</b> | Fahrzeugbestand Lkw im Jahr 2050  | 176 |
| <b>Abbildung 5.34</b> | Fahrleistung der Lkw nach Antrieben im Jahr 2050  | 177 |
| <b>Abbildung 5.35</b> | Bestand leichter Nutzfahrzeuge nach Antrieben im Jahr 2050                                    | 177 |
| <b>Abbildung 5.36</b> | EE-Anteile im Kraftstoffmix in den Szenarien, 2030 und 2050                                   | 180 |
| <b>Abbildung 5.37</b> | Endenergiebedarf in den verschiedenen Szenarien (2030)  | 182 |
| <b>Abbildung 5.38</b> | Endenergiebedarf in den verschiedenen Szenarien (2050)  | 183 |
| <b>Abbildung 5.39</b> | Direkte Stromnutzung in den verschiedenen Szenarien (2050)                                    | 184 |
| <b>Abbildung 5.40</b> | Strombedarf Verkehr (inkl. Herstellung der Kraftstoffe) in den verschiedenen Szenarien (2050) | 185 |
| <b>Abbildung 5.41</b> | Direkte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Verkehrsträger in den verschiedenen Szenarien (2030) | 185 |
| <b>Abbildung 5.42</b> | Direkte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Verkehrsträger in den verschiedenen Szenarien (2050) | 186 |
| <b>Abbildung 5.43</b> | CO <sub>2</sub> e-Emissionen (inkl. der Vorketten) in den verschiedenen Szenarien (2030)      | 187 |
| <b>Abbildung 5.44</b> | CO <sub>2</sub> e-Emissionen (inkl. der Vorketten) in den verschiedenen Szenarien (2050)      | 188 |
| <b>Abbildung 5.45</b> | Externe Kosten in den verschiedenen Szenarien (2050)  | 189 |

|                       |  |     |
|-----------------------|--|-----|
| <b>Abbildung 5.46</b> | Schematische Darstellung Vorgehen ökonomische Analysen   | 190 |
| <b>Abbildung 5.47</b> | Entwicklung zentraler Kennzahlen der Automobilindustrie (indiziert)  | 194 |
| <b>Abbildung 5.48</b> | Produktionsnetzwerk der Daimler AG   | 195 |
| <b>Abbildung 5.49</b> | Jährliche Produktivitätsveränderung verschiedener Wirtschaftssektoren in Prozent   | 198 |
| <b>Abbildung 5.50</b> | Referenzarchitektur verschiedener Antriebskonzepte   | 201 |
| <b>Abbildung 5.51</b> | Verkehrsleistung im Personenverkehr global   | 206 |
| <b>Abbildung 5.52</b> | Verkehrsleistung im Güterverkehr global  | 207 |
| <b>Abbildung 5.53</b> | Aggregierte Umsätze BW Unternehmen im Handlungsfeld Mobilitätswirtschaft   | 208 |
| <b>Abbildung 5.54</b> | Untersuchte Beschäftigungseffekte in der Automobil- und Mobilitätswirtschaft   | 209 |
| <b>Abbildung 5.55</b> | Beschäftigte im deutschen Steinkohlebergbau  | 210 |
| <b>Abbildung 5.56</b> | Beschäftigungsentwicklung in der Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland   | 211 |
| <b>Abbildung 6.1</b>  | Veränderung der direkten THG-Emissionen des Verkehrs gegenüber 1990  | 218 |
| <b>Abbildung 6.2</b>  | Veränderung der THG-Emissionen des Verkehrs gegenüber 2014 (inkl. Vorketten aus Kraftstoffen, Fahrzeugen, Klimawirksamkeit Luft) | 219 |
| <b>Abbildung 6.3</b>  | Veränderung des Endenergiebedarfs des Verkehrs gegenüber 2005  | 220 |
| <b>Abbildung 6.4</b>  | Zusätzlicher Strombedarf des Verkehrs (inkl. Herstellung der Kraftstoffe, inkl. int. Luftverkehr) in den verschiedenen Szenarien | 221 |
| <b>Abbildung 6.5</b>  | Änderung des kumulierten Ressourcenaufwands bis 2050   | 223 |
| <b>Abbildung 6.6</b>  | Änderung der versiegelten Fläche bis 2050  | 225 |
| <b>Abbildung 6.7</b>  | Externe Kosten durch Schadstoffemissionen des Verkehrs in Baden-Württemberg, 2030  | 227 |
| <b>Abbildung 6.8</b>  | Veränderung der Verkehrsleistung des ÖPNV seit 2004 in den Szenarien   | 229 |
| <b>Abbildung 6.9</b>  | Veränderung des Modal Split von Schiene und Binnenschiff gegenüber 2010  | 230 |
| <b>Abbildung 6.10</b> | Beschäftigungseffekte in der Mobilitätswirtschaft  | 231 |
| <b>Abbildung 6.11</b> | Aggregierte Umsätze BW Unternehmen Im Handlungsfeld Mobilitätswirtschaft   | 232 |
| <b>Abbildung 6.12</b> | Mobilitätsausgaben pro Person im Jahr 2050   | 233 |
| <b>Abbildung 6.13</b> | Gesundheitsnutzen (Änderung Mortalität) durch aktive Mobilität   | 235 |
| <b>Abbildung 7.1</b>  | 8-Stufen-Modell  | 254 |

## TABELLENVERZEICHNIS

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| <b>Tabelle 1.1</b> | Komponenten eines sozio-technischen Systems   | 028 |
| <b>Tabelle 1.2</b> | Hemmnisse einer nachhaltigen Mobilität  | 032 |
| <b>Tabelle 2.1</b> | Entwicklung des Verkehrsaufkommens nach Altersgruppen                                     | 039 |
| <b>Tabelle 2.2</b> | Überblick zu Mobilitätsorientierungen und Ausprägung nach Altersgruppe                    | 044 |
| <b>Tabelle 2.3</b> | Verkehrsverhaltensindex nach Häufigkeitsangaben   | 047 |
| <b>Tabelle 2.4</b> | Einfluss der Mobilitätsorientierungen auf das Verkehrsverhalten                           | 048 |
| <b>Tabelle 2.5</b> | Übersicht Mobilitätswirtschaft im Projektverständnis                                      | 064 |
| <b>Tabelle 2.6</b> | Segmente des Bahnmarkts   | 072 |
| <b>Tabelle 2.7</b> | Flughäfen in Baden-Württemberg (2014)   | 076 |
| <b>Tabelle 2.8</b> | Beschäftigte der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft: Herstellung von Fahrzeugen | 082 |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| <b>Tabelle 2.9</b>  | Beschäftigte der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft:<br>Bau von Verkehrsinfrastruktur                  | <b>082</b> |
| <b>Tabelle 2.10</b> | Beschäftigte der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft:<br>Fahrzeugreparatur, Instandhaltung und Handel   | <b>083</b> |
| <b>Tabelle 2.11</b> | Beschäftigte der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft:<br>Transport- und Beförderungsdienstleistungen    | <b>084</b> |
| <b>Tabelle 2.12</b> | Beschäftigte der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft:<br>weitere Mobilitätsdienstleistungen             | <b>084</b> |
| <b>Tabelle 2.13</b> | Wertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen der Mobilitätswirtschaft   | <b>087</b> |
| <b>Tabelle 3.1</b>  | Übersicht von Indikatoren für eine nachhaltige Mobilität in Baden-Württemberg                                    | <b>095</b> |
| <b>Tabelle 3.2</b>  | Lärmbelastete Personen nach Verkehrsträger (2011)  | <b>106</b> |
| <b>Tabelle 3.3</b>  | Lärmbelastete Personen an Hauptverkehrsstraßen in und außerhalb von<br>Ballungsräumen                            | <b>107</b> |
| <b>Tabelle 4.1</b>  | Szenarioübergreifende Ausprägung von Einflussgrößen  | <b>122</b> |
| <b>Tabelle 4.2</b>  | Szenariospezifische Ausprägung von Einflussgrößen  | <b>122</b> |
| <b>Tabelle 5.1</b>  | Personenverkehrsnachfrage in Baden-Württemberg im Jahr 2010  | <b>128</b> |
| <b>Tabelle 5.2</b>  | Aktuelle Anteile der Orientierungstypen (Jahr 2014)  | <b>130</b> |
| <b>Tabelle 5.3</b>  | Angenommene Anteile der Orientierungstypen in den Szenarien (Jahr 2050)  | <b>131</b> |
| <b>Tabelle 5.4</b>  | Bevölkerungsanteile in Großstädten und außerhalb von Großstädten   | <b>132</b> |
| <b>Tabelle 5.5</b>  | Pkw-Besitzquote der Orientierungstypen: Ausgangswerte auf Basis der<br>Befragungsdaten                           | <b>133</b> |
| <b>Tabelle 5.6</b>  | Pkw-Besitzquote der Orientierungstypen: Ausgangswerte inklusive Abschlägen<br>wegen höherer Carsharing-Affinität | <b>133</b> |
| <b>Tabelle 5.7</b>  | Angenommene Carsharing-Anteile vom MIV-Anteil des Verkehrsaufkommens<br>im Jahr 2050                             | <b>137</b> |
| <b>Tabelle 5.8</b>  | Modal Split nach Regionstyp für das Jahr 2010  | <b>139</b> |
| <b>Tabelle 5.9</b>  | Durchschnittliche Wegelängen der Verkehrsmittel (in km)  | <b>140</b> |
| <b>Tabelle 5.10</b> | Wachstumsraten der Verkehrsleistung je Gütergruppe in den Szenarien  | <b>151</b> |
| <b>Tabelle 5.11</b> | Annahmen für die Entwicklung der Batteriesystemkosten  | <b>165</b> |
| <b>Tabelle 5.12</b> | Komponenten- und Kostenstruktur in Euro  | <b>202</b> |
| <b>Tabelle 5.13</b> | Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien (2013)  | <b>213</b> |
| <b>Tabelle 6.1</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Treibhausgasemissionen“   | <b>219</b> |
| <b>Tabelle 6.2</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Endenergiebedarf“   | <b>221</b> |
| <b>Tabelle 6.3</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe“  | <b>224</b> |
| <b>Tabelle 6.4</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Flächeninanspruchnahme“   | <b>226</b> |
| <b>Tabelle 6.5</b>  | Externe Kosten der Luftverschmutzung in Cent/Fz.-km  | <b>226</b> |
| <b>Tabelle 6.5</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Luftschadstoffemissionen“   | <b>227</b> |
| <b>Tabelle 6.6</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Lärmbelastung“  | <b>228</b> |
| <b>Tabelle 6.7</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Verkehrsleistung/Modal Split“   | <b>230</b> |
| <b>Tabelle 6.8</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft“  | <b>232</b> |
| <b>Tabelle 6.9</b>  | Ampelbewertung des Indikators „Umsatz in der Mobilitätswirtschaft“   | <b>232</b> |
| <b>Tabelle 6.10</b> | Ampelbewertung des Indikators „Mobilitätskosten“   | <b>234</b> |
| <b>Tabelle 6.11</b> | Ampelbewertung des Indikators „Bewegung/aktive Mobilität“  | <b>235</b> |
| <b>Tabelle 6.12</b> | Ampelbewertung des Indikators „Nutzungsmischung“   | <b>237</b> |
| <b>Tabelle 6.13</b> | Ampelbewertung des Indikators „Erreichbarkeit“   | <b>238</b> |
| <b>Tabelle 6.14</b> | Ampelbewertung des Indikators „Aufenthaltsqualität“  | <b>238</b> |
| <b>Tabelle 6.15</b> | Ampelbewertung der Szenarien im Überblick  | <b>239</b> |

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

**AK VwGdL** – Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder

**aktive Mobilität** – zu Fuß gehen, Radfahren, Roller, Skates etc.

**BBSR** – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

**bcs** – Bundesverband CarSharing

**BEV** – Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)

**BIP** – Bruttoinlandsprodukt

**BMVI** – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

**BOStrab** – Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung

**bvr** – Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken

**CARS** – Clusterinitiative Automotive Region Stuttgart

**DMI** – Direct Material Input

**DMK** – Szenario „Neu Mobilitätskultur“

**EBO** – Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung

**EE** – erneuerbare Energien

**EW** – Einwohner

**EWf** – Emission Weighting Factor

**GV** – Güterverkehr

**ICE** – Internal Combustion Engine (Verbrennungsmotorisches Fahrzeug)

**IEKK** – Energie- und Klimaschutzkonzept

**IKT** – Informations- und Kommunikationstechnik

**KBA** – Kraftfahrtbundesamt

**Kfz** – Kraftfahrzeug

**KiD** – Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland

**KRA** – kumulierter Rohstoffaufwand

**KV** – Kombiniertes Verkehr

**LDEN** – Lärmindikator, Belastung über 24 Stunden

**LIKI** – Länderinitiative Kernindikatoren

**Lnight** – Lärmindikator, Umgebungslärm im Jahresmittel zur Nachtzeit

**LuFV** – Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung

**MCV** – Mega City Vehicle

**MiD** – Mobilität in Deutschland

**MIV** – motorisierter Individualverkehr

**MOP** – Deutsches Mobilitätspanel

**MVI** – Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

**NDL** – Szenario „Neue Dienstleistungen“

**NEFZ** – Neuer Europäischer Fahrzyklus

**NIM** – Szenario „Neue Individualmobilität“

**NO<sub>x</sub>** – Stickstoffoxid

**OEM** – Original Equipment Manufacturer (Originalausrüstungshersteller bzw. Erstausrüster)

**ÖPNV** – öffentlicher Personennahverkehr

**ÖSPV** – öffentlicher Straßenpersonenverkehr

**ÖV** – öffentlicher Verkehr

**PHEV** – Plug-in Hybrid Vehicle (Plug-in-Fahrzeug)

**Pkm** – Personenkilometer

**PM<sub>(10)</sub>** – Feinstaubemissionen

**PtL** – Power to Liquid

**PtX** – strombasierte Kraftstoffe

**PV** – Personenverkehr

**RDE-Tests** – Real Driving Emission Test

**RED** – Renewable Energy Directive

**SDG** – Sustainable Development Goal

**SGV** – Schienengüterverkehr

**SMS** – Struktur Management Partner

**SPFV** – Schienenpersonenfernverkehr

**SPNV** – Schienenpersonennahverkehr

**SrV** – System repräsentativer Verkehrsverhaltensbefragungen, Mobilität in Städten

**StVO** – Straßenverkehrsordnung

**svpfl. Beschäftigte** – sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

**TCO** – Total Cost of Ownership

**THG** – Treibhausgas

**tkm** – Tonnenkilometer

**Umweltverbund** – ÖV, Fuß- und Radverkehr

**VDB** – Verband der Bahnindustrie in Deutschland

**VDV** – Verband deutscher Verkehrsunternehmen

**VP 2030** – Verkehrsprognose 2030

**VSF** – Verbund Service und Fahrrad

**WHO** – World Health Organization

**WLTP** – Worldwide Harmonized Test Procedure (weltweit harmonisiertes Testverfahren für leichte Fahrzeuge)

**WS** – Workshop

**WZ 2008** – Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008

**ZIV** – Zweirad-Industrie-Verband

# LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

Fahrten zur Arbeit, in den Urlaub, zu Freunden und Verwandten, Fahrten zum Arzt oder zum Einkauf, Lieferung von Waren, Besuch von Handwerkern, Transport von Kranken und Pflegebedürftigen. Mobilität ist unabdingbare Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe, Erwerbstätigkeit, ökonomische Entwicklung und Wohlstand. Doch unser heutiges Verkehrssystem, seine Infrastruktur und unser Mobilitätsverhalten sind ressourcenintensiv und verursachen erhebliche Belastungen für Mensch, Umwelt und Klima. Das lokal erträgliche und das global vertraglich vereinbarte Ausmaß werden oft überschritten. Trotz aller politischen Bemühungen und Anstrengungen der Fahrzeughersteller bleibt der Verkehrssektor mit einem Anteil von knapp 32% nicht nur der größte CO<sub>2</sub>-Emitent in Baden-Württemberg. Er ist der einzige Sektor, der in der Vergangenheit kaum Minderungen erreichen konnte. In jüngster Zeit ist er wegen der Diesel- und Feinstaubproblematik in urbanen Räumen zusätzlich besonderer Kritik ausgesetzt.

## MOBILITÄT NEU DENKEN

Die mit der Agenda 2030 und dem Weltklimavertrag von Paris einhergehende Herausforderung, Mobilität künftig weitgehend klimaneutral zu gestalten, wird begleitet von weitreichenden technologischen Veränderungen. Die Automobilwirtschaft befindet sich in einem technischen Umbruch und muss auf Veränderungen von Märkten und der Nachfrage z.B. durch den Trend zu mehr und neuen Dienstleistungsangeboten reagieren. Mehr und mehr wird auf die Ablösung des Verbrennungsmotors durch elektrische oder andere alternative Antriebe gesetzt – beschleunigt durch die angekündigte Einführung einer Quote für E-Autos in China und Festlegungen anderer Länder auf Zeitpunkte des Ausstiegs aus fossiler Antriebstechnik. Die Digitalisierung und der Trend zum autonomen und geteilten Fahren sind weitere Herausforderungen für die

Automobilwirtschaft, weil sich daraus große Veränderungen der Produkte, Prozesse, Wertschöpfungsanteile und der benötigten Arbeitskräfte ergeben. Die Mobilitätswelt und die Mobilitätsprodukte sind einem äußerst dynamischen Veränderungsprozess ausgesetzt.

Als Land des Automobils ist Baden-Württemberg von diesen Veränderungen besonders betroffen. Innerhalb der weltweiten Branche wird sich ein tiefgreifender Wandel mit Gewinnern und Verlierern vollziehen. Vergleiche mit dem Verschwinden der Textil- oder Montanindustrie aus Deutschland oder dem Verschwinden bekannter Weltmarktführer der Handyherstellung mögen schwierig sein, zeigen aber auf, welche schwerwiegenden Folgen solche Transformationsprozesse innerhalb einer Branche für die Unternehmen, die Regionen und die dort lebenden Menschen haben können.

Dieser Wandel hin zu einem zukunftsfähigen Mobilitätssystem muss aktiv gestaltet werden. Nur so können die im gesellschaftlichen und politischen Konsens beschlossenen Klimaschutz-, Umweltschutz- und Nachhaltigkeitsziele erreicht und gleichzeitig ökonomischer Wohlstand, Arbeitsplätze und ein gutes Leben ohne soziale Verwerfungen in Baden-Württemberg weiterhin gesichert werden. Diese Kontinuität ist nur durch Veränderung möglich. Das ist der Ausgangspunkt der vorliegenden Studie. Sie soll Material für die gesellschaftliche Diskussion der zentralen Fragen liefern: Wie könnten Verkehr und Mobilitätskultur zukünftig aussehen? Und: Wie kann oder muss der Strukturwandel des Mobilitätssystems und der Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg politisch gestaltet werden, um die genannten Ziele zu erreichen?

### **WEICHENSTELLUNG FÜR DIE ZUKUNFT**

Die Baden-Württemberg Stiftung und der BUND Landesverband Baden-Württemberg haben sich zur Bearbeitung dieser Fragestellungen zusammengefunden. Beide Institutionen widmen ihre Arbeit ganz unterschiedlichen Themen und verfolgen unterschiedliche Interessen. Ihnen gemeinsam ist aber der Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft und die Sicherung und Stärkung der Zukunftsfähigkeit des Landes.

Im Frühjahr 2015 hat die Baden-Württemberg Stiftung auf Anregung und in Kooperation mit dem BUND Baden-Württemberg die Studie *Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität* ausgeschrieben. Ein unabhängiges Expertengremium begutachtete im Herbst 2015 die von 17 wissenschaftlichen Einrichtungen erarbeiteten sechs Projektkonzepte. Ausgewählt wurde die interdisziplinäre und institutsübergreifende gemeinsame Konzeption von Öko-Institut (Freiburg/Berlin), Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (Stuttgart), IMU-Institut (Stuttgart) und Institut für sozial-ökologische (Frankfurt) Forschung. Die Studie sieht vor, für Baden-Württemberg mögliche Transformationspfade bis 2030 bzw. 2050 und die zugrundeliegenden Weichenstellungen und Maßnahmen für den Mobilitätsbereich und die davon betroffenen Wirtschaftszweige zu identifizieren, zu beschreiben, zu modellieren und hinsichtlich ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit zu überprüfen.

Der gesamte Prozess wurde von zwei Gremien begleitet. Ein Gremium aus 19 Interessensvertretern berühmter Branchen und Verbände der Automobilwirtschaft, von Zulieferern, Verkehrsunternehmen, Arbeitnehmervertretern, Umwelt- und Sozialverbänden war intensiv in die Entwicklung der Szenarien- und Trans-

formationspfade eingebunden. Ein wissenschaftlicher Projektbeirat aus elf Expertinnen und Experten der Bereiche Verkehrswissenschaft, Umweltwissenschaft, Raumplanung, Automobilwirtschaft, Makroökonomie, Soziologie und Politikwissenschaft stellte sicher, dass das Thema „Nachhaltige Mobilität“ in all seinen Facetten umfassend behandelt wird und Arbeitsweise, Methodenwahl und Schwerpunktsetzung wissenschaftlichen Standards genügen.

Der vorliegende Abschlussbericht dokumentiert die umfangreichen Arbeiten und Ergebnisse der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, des wissenschaftlichen Beirats und der Stakeholder. Er wirft einen ganzheitlichen Blick auf den Ausgangspunkt, die Notwendigkeit und Umsetzung des Wandels und untersucht die damit einhergehenden Herausforderungen, aber auch dessen Chancen.

Unser Dank gilt dem Aufsichtsrat der Baden-Württemberg Stiftung unter Vorsitz von Ministerpräsident Winfried Kretschmann, der das Projekt ermöglichte, den Beiratsmitgliedern, die ihren teils kontroversen Sachverstand sehr engagiert bei vier Sitzungen und vielen schriftlichen Eingaben eingebracht haben, den Stakeholdern für die tiefen Ein- und Ausblicke in ihre Organisationen und deren Annahmen, Klaus Amler, dem Projektorganisator, wie auch den Mitgliedern der Steuerungsgruppe von Baden-Württemberg Stiftung und BUND Baden-Württemberg. Nicht zuletzt danken wir den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der beauftragten Institute, die sich mit großem inhaltlichen Sachverstand und viel Herzblut den immer wieder neuen kritischen Anfragen gestellt und die Studie zu einem guten Abschluss gebracht haben.

### GESTALTUNG DES WANDELS

Tiefgreifende Veränderungsprozesse gehen immer mit Unsicherheiten und Ängsten einher. Sie sind nicht komplett plan- und steuerbar, aber doch beeinflussbar. Daher ist es notwendig, dass sich Politik, Wirtschaft und Gesellschaft mit den möglich erscheinenden zukünftigen Entwicklungen proaktiv auseinanderzusetzen und gesamtgesellschaftliche Voraussetzungen für einen erfolgreichen Wandel schaffen.

Die Baden-Württemberg Stiftung und der BUND möchten mit dieser Studie Wege aufzeigen, wie sich Mobilität in Zukunft entwickeln kann und wie am

ehesten die gesteckten Ziele einer ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit erreicht werden können. Wir sollten die gemeinsam gesteckten Ziele für 2030 wie 2050 ernst nehmen, eigene Perspektiven kritisch hinterfragen und nach Übergängen in eine nachhaltige Mobilitätswirtschaft wie Mobilitätskultur suchen. Geschichte könnte sich wiederholen und Baden-Württemberg einmal mehr weltweit Anstoß und Vorbild für moderne Mobilität sein. Wir wünschen der Studie viel entgegenkommende Neugier, öffentliche Resonanz und vor allem eine breite Diskussion über die möglichen Wege in ein weiterhin mobiles wie auch zukunftsfähiges Baden-Württemberg.



Christoph Dahl, Geschäftsführer der Baden-Württemberg Stiftung

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Christoph Dahl'.

Christoph Dahl



Dr. Brigitte Dahlbender,  
Landesvorsitzende des BUND Baden-Württemberg

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Brigitte Dahlbender'.

Dr. Brigitte Dahlbender



# DIE INSTITUTE

## ÖKO-INSTITUT



Das Öko-Institut ist eine der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtungen für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler setzen sich seit Jahren aus verschiedenen Blickwinkeln

mit Fragen der Mobilität und speziell mit der Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs sowie der Bewertung von Maßnahmen zur Emissionsminderung auseinander. In den vergangenen Jahren hat das Öko-Institut sowohl Arbeiten mit dem Schwerpunkt Szenarioentwicklung, Technologieentwicklungen und Elektromobilität als auch im Bereich alternativer Mobilitätskonzepte durchgeführt.

## FRAUNHOFER-INSTITUT



Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO beschäftigt sich mit angewandten Forschungsthemen an der Schnittstelle von Mensch, Organisation und Technik. Am Fraunhofer IAO arbeiten insgesamt 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – vorwiegend Ingenieure, Informatiker, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler – interdisziplinär zusammen. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der Analyse von

Wertschöpfungs- und Beschäftigungsveränderungen durch neue Technologien, Produkte und Lösungen. Im Geschäftsfeld Mobilitäts- und Stadtssystem-Gestaltung des Instituts arbeitet ein interdisziplinäres Team von über 50 Mitarbeitern gemeinschaftlich an innovativen Systemlösungen für nachhaltige Mobilität in Organisationen, Regionen und Kommunen.

## IMU INSTITUT



Die IMU Institut GmbH ist eine 1981 gegründete, unabhängige Forschungs- und Beratungseinrichtung. Rund 25 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen, naturwissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Disziplinen sind in Analysen, Konzeptentwicklung, Beratung und Umsetzungsbegleitung unter anderem entlang der Schwerpunkte Branchen und Cluster,

Regionalforschung, Arbeitsmarkt, Analyse des Wirtschaftsgefüges, betriebliche Restrukturierung und Arbeitspolitik tätig. Dabei ist die IMU Institut GmbH von der Grundlagenforschung und Beratung in diesen Feldern bis hin zur Umsetzung von Ergebnissen für regionale, betriebliche und branchenbezogene Strategien tätig.

## ISOE – INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG



Das ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung mit Sitz in Frankfurt am Main – ist ein außer-universitäres, transdisziplinäres Institut mit ca. 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, das zugleich wissenschaftliche als auch anwendungsorientierte Nachhaltigkeitsforschung betreibt. Seit 25 Jahren entwickelt das Institut Entscheidungsgrundlagen für Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft. Die spezielle Kompetenz des ISOE-Forschungsschwerpunktes Mobilität

und urbane Räume ist die sozialwissenschaftlich-empirische Forschung im Feld nachhaltiger Mobilität. Speziell die vom ISOE entwickelten Ansätze der Forschung zu Mobilitätsstilen, bei der Lebensstilmodelle auf Verkehrsverhalten bezogen werden und der Ansatz der Mobilitätskulturen, der soziale, diskursive, symbolische und räumliche Faktoren integriert untersucht, hat den Diskurs zu nachhaltiger Mobilität stark beeinflusst.



# 1. EINLEITUNG

## 1.1. HINTERGRUND UND ZIEL DER STUDIE

Die Produktions- und Konsummuster in den Industrieländern sind ressourcenintensiv, umweltbelastend und angesichts global begrenzter Ressourcen ungerichtet<sup>1</sup>. Sie sind trotz aller Initiativen und politischer Ankündigungen und Vereinbarungen für ökologische und soziale Verbesserungen nach wie vor weit von einer Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit entfernt. Insbesondere der Verkehrssektor konnte in diesem Kontext in den vergangenen Jahren kaum Fortschritte erzielen, da unter anderem Effizienzfortschritte durch einen weiteren Anstieg der Verkehrsleistung<sup>2</sup> und den Trend hin zu leistungsstärkeren Fahrzeugen konterkariert wurden.

Es bedarf also großer Veränderungen bzw. einer „Transformation“ im Mobilitätsbereich. Zum ökologischen Problemdruck kommen technologisch getriebene Veränderungen, wie die Digitalisierung und Automatisierung. Wie dieser Wandel genau verlaufen wird, kann heute niemand vorhersagen oder bestimmen. Es lassen sich aber mögliche Zukünfte und Wege dorthin beschreiben und Gestaltungserfordernisse ableiten.

Ziel des Vorhabens *Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität* war es, mögliche Transformationspfade und die zugrundeliegenden Weichenstellungen und Maßnahmen für den Mobilitätsbereich und die davon betroffenen Wirtschaftszweige zu identifizieren und in drei konkreten Szenarien zu beschreiben. Die ausgewählten Szenarien wurden modellgestützt für relevante Nachhaltigkeitsindikatoren quantifiziert und hinsichtlich der

Erreichung des normativen Zielrahmens vergleichend geprüft. Auf diese Weise soll die Studie einen Beitrag zu einer gesellschaftlichen Debatte liefern, die die Transformation zu einem nachhaltigen Mobilitätssystem zum Gegenstand und Ziel hat.

### 1.1.1. NACHHALTIGE MOBILITÄT

Zunächst einmal müssen Mobilität und Verkehr unterschieden werden. „Mobilität beschreibt die Bedürfnisaspekte von Ortsveränderungen“ (Becker o. J.). Für Individuen und soziale Gruppen ist Beweglichkeit ein Mittel, Bedürfnisse zu erfüllen (Arbeit, Einkauf, Freizeit, Bildung, Gesundheit), die nicht vor Ort erfüllbar sind. Verkehr beschreibt die Mittel, mit denen Mobilität realisiert wird. Dies kann mit mehr oder weniger Verkehr, mit mehr oder weniger Ressourcen geschehen (in Anlehnung an Becker o. J.). Mobilität ist aber auch Bedingung der sozialen Integration und sie ist Voraussetzung für ökonomische Entwicklung. Transportstrukturen sind unerlässlich für wirtschaftliche Produktionsprozesse, Gütertransport und Handel. Aber ansteigender Verkehrsaufwand ist nicht automatisch ein Indiz für eine bessere Mobilität oder eine Steigerung der Wirtschaftsleistung (UBA 2015).

Bezugnehmend auf gängige Definitionen von nachhaltiger Entwicklung (Brundtland-Report<sup>3</sup>, Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“) bedeutet nachhaltige Mobilität, Beweglichkeit in Bezug auf Personen und Transport in Bezug auf Güter zu befriedigen, ohne die natürliche Umwelt, die ökonomische Entwicklung und die soziale Gerechtigkeit im Hinblick auf alle lebenden Menschen (globale, „intragenerationale Gerechtigkeit“) und in Bezug auf zukünftige Generationen („intergenerationale Gerechtigkeit“) zu gefährden.

Eine ökologisch nachhaltige Entwicklung ist durch den Erhalt der Natur als Lebens- und Wirtschaftsgrundlage charakterisiert. Die Leistungen, die die Natur für die

1 Nach Einschätzung des WWF (2016) beträgt der aktuelle Ressourcenverbrauch der Menschheit rund das Eineinhalbfache der biologischen Leistungsfähigkeit („Biokapazität“) der Erde. Rockström et al. (2009) haben neun planetare (globale biophysikalische) Grenzen definiert, die einen „sicheren Handlungsraum“ für die Menschheit abstecken und deren Überschreitung zur Gefährdung komplexer Gleichgewichte der Erde und entsprechenden Risiken für die Menschheit führt. Bereits jetzt gelten einige dieser planetaren Grenzen als überschritten (ebd., Steffen et al. 2015).

2 Mit Verkehrsleistung werden die insgesamt von allen Personen (Pkm) bzw. Gütern (tkm) zurückgelegten Kilometer bezeichnet. Anstatt des Begriffs Verkehrsleistung wird manchmal auch der Begriff Verkehrsaufwand verwendet, um die positive Konnotation der „Leistung“ zu vermeiden.

3 Die Definition der Brundtland-Kommission lautet: „Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“



Gesellschaft erbringt, werden in der wissenschaftlichen Diskussion als „Eco-System-Services“ bzw. als Ökosystemleistungen bezeichnet (Costanza et al. 1997). Die Nutzung dieser Ressourcen soll deren Regenerationsfähigkeit nicht überschreiten und die Stofffreisetzung muss auf die Aufnahmekapazität der Umweltmedien beschränkt bleiben. Wenn man aus Gerechtigkeitsgründen einen global verallgemeinerbaren, also pro Erdenbürger annähernd ähnlichen Natur- und Ressourcenverbrauch innerhalb der planetaren Grenzen anstrebt, sind v. a. die Industrieländer gefordert, ihren Verbrauch zu reduzieren, da sie pro Kopf derzeit viel mehr Ressourcen in Anspruch nehmen als andere Länder (WWF 2016).<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Im Hinblick auf den Klimawandel und die Treibhausgasemissionen beispielsweise gelten 1-2 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) pro Kopf und Jahr als global nachhaltig. In Deutschland lagen die Pro-Kopf-Emissionen zuletzt aber bei 11,8 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr (BMUB 2015b). Sie müssen somit um bis zu 95 % reduziert werden. Die Ausgangslage verschärft sich bei einer konsumseitigen Berechnung, also der Emissionen, die mit den (auch im Ausland hergestellten) konsumierten Gütern verbunden sind (abzüglich der hier produzierten, aber exportierten Güter) – hier liegen die Werte für die meisten Industrieländer noch höher (Davis und Caldeira 2010; Steining et al. 2015).

Soziale Nachhaltigkeit zeichnet sich durch die gerechte Verteilung sozialer Grundgüter in Bezug auf Individuum und Gesellschaft aus. Sie sollte ergänzt werden um den Anspruch soziokultureller Vielfalt (Vereinbarkeit mit unterschiedlichen Lebensstilen und Kulturen). Das Ziel einer ökonomisch nachhaltigen Entwicklung wird kontrovers diskutiert, da wirtschaftliche Entwicklung ab einem bestimmten Niveau nicht mehr per se mit einer Zunahme von Wohlstand und Lebensqualität der Gesellschaft und in der Regel mit steigendem Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen verbunden ist. Gängige Definitionen für eine nachhaltige ökonomische Entwicklung nennen u. a. die langfristige Sicherung der Lebensgrundlagen, effiziente Wirtschaftsprozesse und wirtschaftliche Aktivität als Instrument zur Erreichung gesellschaftlicher Ziele als zentrale Eigenschaften (UBA 2015).

Über die Gewichtung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen existieren unterschiedliche Vorstellungen (siehe z. B. Ott und Döring (2011) zu „starker“ vs. „schwacher“ Nachhaltigkeit). Im klassischen „Nachhaltigkeitsdreieck“ und im „Drei-Säulen-Modell“ der Nach-

haltigkeit werden die Dimensionen grundsätzlich gleichrangig behandelt, wobei Zielkonflikte dann in der Realität oft zugunsten ökonomischer Ziele entschieden werden. Andere Konzepte gewichten die ökologische Dimension dagegen höher und sehen die Bestandserhaltung des „Naturkapitals“, der natürlichen Ressourcen und Ökosystemleistungen, als Grundvoraussetzung für soziales und wirtschaftliches Wohlergehen. Diese Studie (v.a. die spätere Bewertung der Szenarien) beruht auf der Prämisse, dass zumindest das „kritische“ Naturkapital, d. h. die für die menschliche Wohlfahrt essenzielle Substanz an Naturkapital, nicht gefährdet werden darf. Das oben bereits erwähnte Konzept der „planetaren Grenzen“ und des damit verbundenen „sicheren Handlungsraums“ für die Menschheit knüpft an diese Überlegungen an. Innerhalb dieser ökologischen Belastungsgrenzen gilt es, soziale und ökonomische Wohlstandsziele zu erreichen – und zwar möglichst global gerecht, sodass überall auf der Welt ein Mindestmaß an Wohlstand und Teilhabe genossen werden kann.

### 1.1.2. AUSGANGSLAGE: HERAUSFORDERUNGEN FÜR EINE NACHHALTIGE MOBILITÄT IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Das heutige Verkehrssystem in Deutschland und in Baden-Württemberg ist gemäß der obigen Definition nicht nachhaltig. Beispiele hierfür sind eine v.a. im globalen Maßstab übermäßige Nutzung nicht regenerativer Ressourcen (als Energieträger und Werkstoffe), hohe Lärm-, Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sowie eine weiter ansteigende Flächeninanspruchnahme, welche im Widerspruch zu den Zielen einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung stehen:

- ▶ Der Verkehrssektor hat einen Anteil von 28 % an den Gesamt-THG-Emissionen in Baden-Württemberg und liegt damit deutlich über dem Bundesschnitt. Im Jahr 2013 lagen die THG-Emissionen des Verkehrs mit 21,2 Mio. Tonnen sogar über dem Niveau von 1990 (20,7 Mio. t) (UM BW 2015).
- ▶ Der Endenergiebedarf des Verkehrs liegt weiter über dem Niveau von 1990 (MVI 2015) und wird von fossilen Energieträgern dominiert.
- ▶ Der Fahrzeugbestand in Baden-Württemberg liegt mit über 6 Mio. Pkw und 580 Pkw je 1.000 Einwohnern deutlich über der mittleren Motorisierungsrate in Deutschland (532 Pkw je 100 Einwohner) und weist – ebenso wie die Fahrleis-

tungen – einen weiter ansteigenden Trend auf, der nicht als globales Leitbild dienen kann (KBA 2015). Pkw in Baden-Württemberg haben zudem einen im Vergleich zum Bundesschnitt größeren Hubraum, was mit höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden ist.

- ▶ Verkehrsbedingte Luftschadstoffemissionen weisen – trotz rückläufiger Tendenz – teilweise weiterhin deutliche Grenzwertüberschreitungen auf. Stickstoffdioxid stellt mit teilweise erheblichen Überschreitungen an fast allen verkehrsnahen Messstationen das größte Problem dar. Mit einem Anteil von 89 % stellt dabei die Quellgruppe Verkehr den Hauptverursacher der lokalen NO<sub>x</sub>-Emissionen dar (LUBW 2015).
- ▶ Verkehr ist mit Gesundheitsbelastungen durch Lärm- und Luftschadstoffemissionen verbunden (das UBA schätzt 47.000 vorzeitige Todesfälle durch Luftschadstoffe)<sup>5</sup> (s.o.).
- ▶ Die Zahl der Todesfälle im Verkehr weist in Baden-Württemberg einen kontinuierlichen Rückgang auf (MVI 2015).
- ▶ Lärm ist in Baden-Württemberg ein nahezu flächendeckendes Umwelt- und Gesundheitsproblem. Hauptlärmquelle in Baden-Württemberg ist der Straßenverkehr, gefolgt von Schienen- und Flugverkehr (LUBW 2015).
- ▶ Mit einer Flächeninanspruchnahme von 5,3 ha/Tag im Jahr 2014 liegt Baden-Württemberg – trotz leicht rückläufiger Tendenz – immer noch deutlich über dem Zielwert von 3 ha/Tag für das Jahr 2020, welcher vom nationalen Ziel abgeleitet wurde. Selbst dieser Zielwert liegt jedoch noch erheblich entfernt vom Langfristziel der „Netto-Null“. Etwa 25 % der Flächeninanspruchnahme gehen zurück auf den Verkehr (LUBW 2015).

Die starke Fokussierung auf den motorisierten Individualverkehr und eine starke Nutzungsentmischung führen zudem zu einem ungleichen sozialen Zugang zu effektiven Mobilitäts Optionen und zu einer sozial ungleichen Belastung in Bezug auf die negativen Auswirkungen von Verkehr (z. B. hohe Lärm- und Feinstaubemissionen in preisgünstigen Wohnlagen) und ist somit sozial nicht nachhaltig.

<sup>5</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/feinstaub-stickstoffdioxid-belasten-auch-2013>

Eine ökologisch nachhaltige Entwicklung ist angesichts der hohen Inanspruchnahme von nicht-erneuerbaren Ressourcen in den relevanten Wirtschaftszweigen sowie eine Fokussierung auf die Produktion von Personenkraftwagen – auch vor dem Hintergrund der zunehmenden negativen Auswirkungen (Siedlungsentwicklung, Stau, Emissionen) einer global fortschreitenden Motorisierung – gefährdet.

Baden-Württemberg ist eines der weltweiten Zentren der Automobilindustrie. Der deutsche Branchenumsatz im Bereich der „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ wird zu einem Viertel von Unternehmen in Baden-Württemberg erbracht (Dispan et al. 2015) und ist für die Wirtschaftskraft und die Beschäftigung in Baden-Württemberg von zentraler Bedeutung. Angesichts sich verändernder Rahmenbedingungen, wie beispielsweise strikterer globaler Umweltauflagen, neuer technologischer Entwicklungen (Digitalisierung, autonomes Fahren, Elektromobilität), veränderter Nutzerpräferenzen (Multimodalität, neue Nutzungskonzepte, innenstadtnahes Wohnen) und neuer Akteure (IT-Branche) ist die Automobilwirtschaft von dynamischen und unsicheren Entwicklungen geprägt. Der hohe Exportanteil der Automobilwirtschaft bedeutet eine hohe Abhängigkeit von globalen Entwicklungen. Durch die starke Abhängigkeit der Wirtschaft in Baden-Württemberg vom Automobilbau besteht ein besonders hohes Interesse an der Zukunftsfähigkeit dieses Wirtschaftszweiges – auch vor dem Hintergrund der bisherigen globalen Vorreiterrolle der heimischen Automobilindustrie.

Ein weiteres Fortschreiten der nicht-nachhaltigen Entwicklung im Mobilitätsbereich gefährdet das Ziel einer nachhaltigen, global gerechten Entwicklung in allen drei Dimensionen:

- 1. Ökologische Dimension:** Sie erschwert das Erreichen bereits bestehender ökologischer Nachhaltigkeitsziele (z. B. nationale Ziele zur Minderung der Treibhausgasemissionen, des Endenergiebedarfs und der Flächeninanspruchnahme).
- 2. Soziale Dimension:** Sie erhöht die Wahrscheinlichkeit gesellschaftlicher Konflikte besonders bei disruptiven Entwicklungen und entsprechenden Einbrüchen im Beschäftigungsbereich.

- 3. Ökonomische Dimension:** Sie gefährdet durch nicht zukunftsfähige und nicht-marktgerechte Produkte die zukünftige Wertschöpfung und Arbeitsplätze.

Mit der derzeitigen Mobilität sind auch für Baden-Württemberg – als Betrachtungsraum dieser Studie – negative ökologische Konsequenzen verbunden, die gegenläufig zu den Zielen einer ökologischen Nachhaltigkeit sind. Mit einem Mobilitätswandel, der aus globaler Perspektive auch als mögliches Vorbild einer alternativen Entwicklung dringend geboten ist, sind jedoch wiederum sozio-ökonomische Risiken verbunden, weil u. a. die Mobilitätswirtschaft mit ihrer starken Ausrichtung auf die Automobilproduktion eine herausragende wirtschaftliche und beschäftigungspolitische Bedeutung in Baden-Württemberg hat.

### 1.1.3. ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN

Nötig erscheinen also eine „Große Transformation“ bzw. Transformationen in den verschiedenen sozio-technischen Systemen und Konsumfeldern unserer Gesellschaft, so auch im Bereich Mobilität. Transformation kann als gesamtgesellschaftlicher, ko-evolutionärer Wandel verstanden werden, der neben Technologien, Produkten und Infrastrukturen auch Lebensstile und Verhaltensweisen, Werte und Leitbilder umfasst. Wie der Wandel genau verlaufen wird und zu gestalten ist, kann heute niemand vorhersagen oder bestimmen. Es lassen sich aber mit Szenarien und Backcasting-Methoden verschiedene mögliche Zukünfte und Wege dorthin beschreiben und vergleichen.

Schwerpunkt dieser Studie war es damit, die Frage zu beantworten, inwieweit Mobilität 2050 anders aussehen muss als heute, wie sie aussehen könnte und wie ein möglicher Wandel gestaltet werden kann, bei dem sowohl die ökologischen, als auch die sozialen und ökonomischen Ziele adressiert werden. Eine wesentliche Herausforderung für Baden-Württemberg ist die Verschränkung einer nachhaltigen Transformation des Verkehrs, auf die sich vor allem die bisherigen Politikziele im Bereich Umwelt und Klima beziehen, mit einer nachhaltigen Transformation der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg.

Damit verbunden sind die folgenden Forschungsfragen, die im Rahmen des Projektes adressiert wurden:

- ▶ Was versteht man unter nachhaltiger Mobilität, welche Indikatoren und Ziele sind für deren Bewertung sinnvoll und notwendig und wie ist deren Status-quo („normativer Rahmen“)?
- ▶ Wie lassen sich das theoretische Konzept der Transformation und aktuelle Erkenntnisse der Transformationsforschung auf die Mobilität und Mobilitätswirtschaft anwenden („konzeptioneller Rahmen“)?
- ▶ Welches sind die Trends und Veränderungen von Lebensstilen und Mobilitätsorientierungen, die sich aktuell abzeichnen und die eine Transformation möglicherweise verstärken oder abschwächen können?
- ▶ Welche Bedeutung hat die Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg heute hinsichtlich charakteristischer Kenngrößen wie Beschäftigung, Wertschöpfung und weiterer relevanter Standorteigenschaften?
- ▶ Welches sind die aktuellen Trends neuer (Antriebs-)Technologien sowie neuer Geschäftsmodelle, die momentan diskutiert werden?
- ▶ Wie könnte die Mobilität im Jahr 2030 und im Jahr 2050 aussehen und welche Bedeutung hat dies für die Mobilitätswirtschaft?
- ▶ Gibt es Transformationspfade, die die Einhaltung der ökologischen Ziele ermöglichen und zugleich verhindern, dass es zu deutlichen Einschränkungen bei den sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitszielen kommt?
- ▶ Welche Instrumente und Rahmenbedingungen können die Realisierung einer nachhaltigen Mobilität ermöglichen?

Übergreifendes Ziel des Projektes war es, Szenarien für die Mobilität 2050 zu entwickeln, diese auf ihre Nachhaltigkeit zu überprüfen und die Wege dorthin zu diskutieren. Es sollten die Handlungsoptionen abgeleitet werden, die eine Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität unterstützen, um damit auch vorausschauendes politisches Handeln zu ermöglichen.

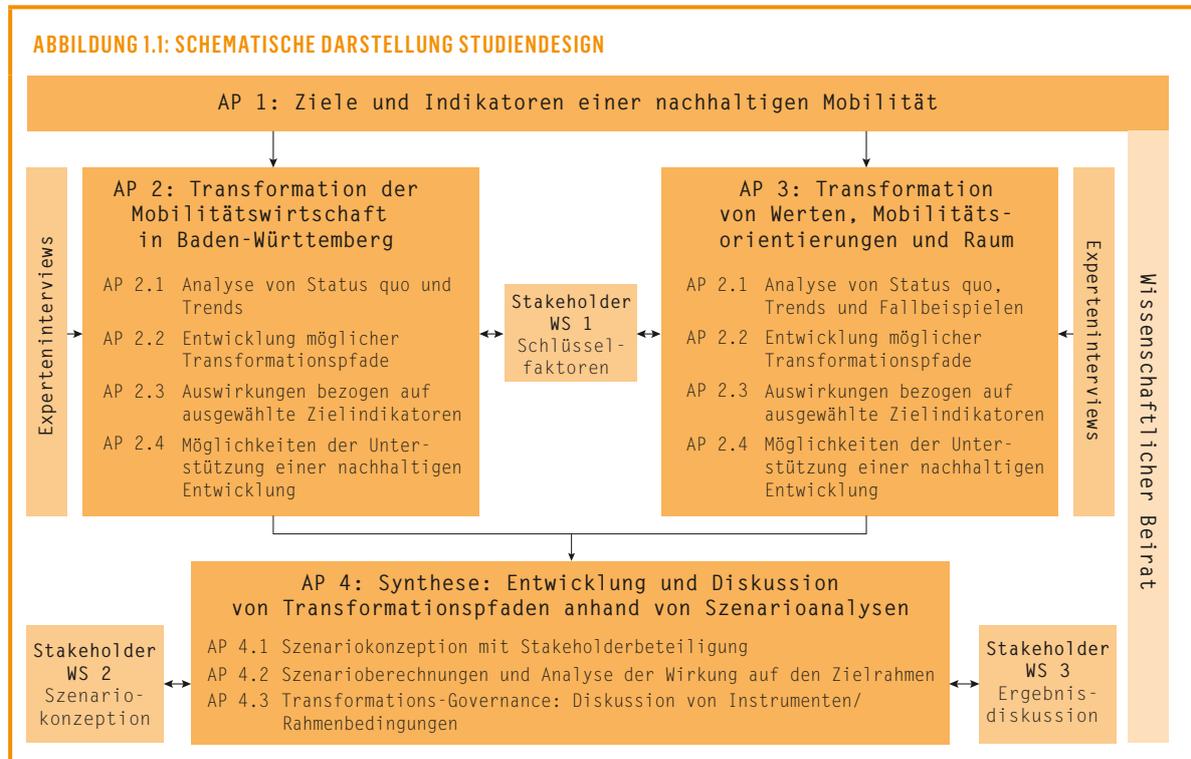
## 1.2. VORGEHEN IM PROJEKT UND AUFBAU DER STUDIE

Als wissenschaftlich fundierten Beitrag zu einer gesellschaftlichen Debatte, wie nachhaltige Mobilität in Baden-Württemberg in Zukunft aussehen und aktiv gestaltet werden kann, hat die Baden-Württemberg Stiftung das Projekt *Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität* in Auftrag gegeben. Die Idee zum Projekt kam vom BUND e.V. Landesverband Baden-Württemberg.

Das Öko-Institut e.V., das Fraunhofer IAO, die IMU Institut GmbH und das ISOE haben die Studie im Zeitraum von November 2015 bis Mai 2017 gemeinsam erarbeitet. Das Projektteam steht für eine enge Verzahnung der „umwelt- und verkehrswissenschaftlichen sowie raumplanerischen“, der „makro-ökonomischen und automobilwirtschaftlichen“ sowie der „sozialwissenschaftlichen und sozialpsychologischen“ Betrachtung. Dadurch konnten vielschichtige Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Themen gut erfasst werden. Eine frühzeitige Berücksichtigung von Interdependenzen ermöglichte es, in sich konsistente Transformationspfade einer nachhaltigen Mobilität in Szenarien abzubilden.

## ABLAUF UND BAUSTEINE DES PROJEKTES

Die Abbildung 1.1 zeigt schematisch den Ablauf sowie die einzelnen Bausteine des Projektes.



Quelle: eigene Darstellung

Die Studie ist so konzipiert, dass in einem ersten vorgelagerten und übergreifenden Arbeitspaket der normative und auch konzeptionelle Rahmen des Vorhabens aufgespannt wurde (Abschnitt 1.4 sowie Kapitel 3). In diesem Zusammenhang wurden auch die Systemgrenzen definiert (Abschnitt 1.3).

Daran schlossen sich die beiden parallel laufenden Arbeitspakete 2 und 3 zu den Themen „Transformation der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg“ und „Transformation von Werten, Mobilitätsorientierungen und Raum“ an, die jeweils ähnlich aufgebaut waren und zwischen denen – angesichts ihrer zahlreichen Wechselwirkungen – eine enge Verzahnung im Projektablauf gewährleistet wurde. Bearbeitet wurden diese beiden Arbeitspakete mit Hilfe von Datenauswertungen, Literaturrecherchen sowie Experteninterviews. Wesentliche Ergebnisse hinsichtlich Status quo und Trends der Arbeitspakete 2 und 3 sind in Kapitel 2 der Studie dargestellt.

Das folgende Arbeitspaket 4 hatte die Aufgabe einer Synthese der beiden Themen „Mobilitätswirtschaft“ und „Mobilität“. Dieser integrative Schritt mündete in der Ableitung von integrierten Transformationspfaden. Als methodischer Rahmen wurde die Szenariotechnik gewählt. Diese baut zum einen auf Experteneinschätzungen auf und kann komplexe Zusammenhänge berücksichtigen. Zum anderen können sowohl quantitativ als auch qualitativ beschreibbare Faktoren in Zukunftsszenarien kombiniert werden (Kapitel 4).

### STAKEHOLDERKREIS

Ein zentraler Baustein des Projektes war der Stakeholderkreis. 19 Stakeholder wurden über drei Workshops in die Szenariokonzeption und -diskussion eingebunden. Der Stakeholderkreis setzte sich aus folgenden Organisationen bzw. Teilnehmerinnen und Teilnehmern zusammen:

- ▶ Björn Bauer, Deutsche Bahn AG
- ▶ Kai Burmeister, IG Metall Baden-Württemberg
- ▶ Katharina Ebinger, BUNDjugend BW
- ▶ Dr. Wolfgang Fischer, e-mobil BW GmbH
- ▶ Julia Friedrich, DGB
- ▶ Dr. Udo Hartmann, Daimler AG
- ▶ Thomas Haupt, th-inc GmbH
- ▶ Dr. Juliane Korn, NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH
- ▶ Thomas J. Mager, Verkehrsverbund Schwarzwald-Baar GmbH
- ▶ Volkhard Malik, Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH
- ▶ Erich Nickel, IBM Telematics Solutions/seit Herbst 2016 freiberuflicher Automotive Executive
- ▶ Jutta Pagel-Steidl, Landesverband f. Menschen mit Körper- und Mehrfachbehinderung
- ▶ Andreas Pignataro, Elke Hauser, Landesbank Baden-Württemberg (LBBW)
- ▶ Dr. Martin Roth, Porsche AG
- ▶ Slavko Simic, flinc GmbH
- ▶ Dr. Stephan Stabrey, Robert Bosch GmbH
- ▶ Dr. Mohsine Zahid, ElringKlinger AG
- ▶ Ute Zedler, VCD Baden-Württemberg
- ▶ Dr. Gudrun Zühlke, ADFC Baden-Württemberg

Die gemeinsam mit Stakeholdern abgeleiteten Zukunftsbilder wurden mittels modellgestützter Rechnungen, ergänzt um qualitative Analysen, hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den Zielrahmen analysiert und gemeinsam mit allen Projektbeteiligten diskutiert. Im Rahmen des Projektes wurden zwei Modelle bzw. Werkzeuge zur quantitativen Ermittlung der Indikatoren eingesetzt: das Modell TEMPS (Transport Emissions and Policy Scenarios) des Öko-Instituts sowie ein am Fraunhofer IAO entwickeltes Wertschöpfungs- und Prozessmodell. Des Weiteren wurde auf Basis von Mobilitätsorientierungen vom ISOE eine Methode entwickelt, die Personenverkehrsnachfrage entsprechend der im Rahmen des Stakeholderprozesses entwickelten Zukunftsbilder abzuleiten (Kapitel 5 und 6).

Abschließend wurden auf Basis der Wirkungsanalysen und der Diskussion im dritten Stakeholder-Workshop mögliche Instrumente und Rahmenbedingungen, die eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität in Baden-Württemberg unterstützen, diskutiert und anschließend vom Projektteam systematisch aufbereitet. Fokus des Arbeitspaketes waren politische Förder-/Interventionsmöglichkeiten für die Landesregierung unter Berücksichtigung des normativen Zielrahmens (Kapitel 7).

### WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Die Studie wurde von einem wissenschaftlichen Beirat begleitet, der sich vier Mal über die Projektlaufzeit getroffen und das methodische Vorgehen sowie die Projektergebnisse intensiv diskutiert hat. Die Zusammensetzung des Beirates war wie folgt:

- ▶ Prof. Dr. Udo Becker, TU Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr
- ▶ Dr. Weert Canzler, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung
- ▶ Dr. Katrin Dziekan, Umweltbundesamt
- ▶ Dr. Martin Held, ehemals Evang. Akademie Tutzing
- ▶ Dr. Michael Kopatz, Wuppertal Institut
- ▶ Prof. Dr. Rudi Kurz, Hochschule Pforzheim, Fakultät für Wirtschaft und Recht
- ▶ Prof. Dr. Heiner Monheim, Raumkom – Institut für Raumentwicklung und Kommunikation
- ▶ Prof. Dr. Stefan Reindl, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Automobilwirtschaft
- ▶ Christoph Erdmenger, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
- ▶ Dr. Ingo Wolf, FU Berlin, Institut Futur
- ▶ Prof. Dr. Angelika Zahrnt, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

Vertreterinnen und Vertreter von BUND BW und BW Stiftung haben an den Sitzungen des wissenschaftlichen Beirats in der Funktion als Steuerkreismitglieder mitgewirkt.

### AUFBAU DER STUDIE

Basierend auf dem Vorgehen im Projektverlauf ist der Aufbau der Studie wie folgt: Zunächst werden einleitend die Bilanzgrenzen des Projektes (Kapitel 1.3) und das zu Grunde gelegte Transformationsverständnis (Kapitel 1.4) erläutert. Es folgt eine detaillierte Be-

schreibung von Ausgangslage und Trends der Mobilität und der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg (Kapitel 2). Anschließend werden in Kapitel 3 Ziele und Indikatoren einer nachhaltigen Mobilität abgeleitet sowie die Ausgangslage und Ziele bezüglich dieser Indikatoren dargestellt, also der normative Rahmen des Projektes aufgespannt. In Kapitel 4 werden der Prozess zur Ableitung von Zukunftsbildern einer Mobilität im Jahr 2050 sowie die drei im Projekt mit Stakeholdern entwickelten Szenarien qualitativ beschrieben. Das methodische Vorgehen, um von den qualitativen Szenarien zu quantitativen Aussagen bezüglich der wesentlichen Indikatoren zu gelangen, sowie deren Ergebnisse beschreibt das Kapitel 5. In Kapitel 6 werden die Szenarien anhand der zuvor definierten Indikatoren auf ihre Nachhaltigkeit überprüft. Auf dieser Basis werden in Kapitel 7 Handlungsoptionen zur Gestaltung der Transformation abgeleitet. Kapitel 8 fasst die Erkenntnisse der Studie zusammen.

Die Kapitel stehen in einer logischen Abfolge, erlauben aber auch eine Schwerpunktsetzung. Leserinnen und Leser, welche sich vor allem für die zukünftige Entwicklung des Verkehrs interessieren, können die Lektüre direkt bei Kapitel 4.2 beginnen. Wenn vor allem die Handlungsmöglichkeiten von Interesse sind, empfiehlt sich die Lektüre der Zusammenfassung (Kapitel 8) sowie der Kapitel 1.4 und 7.

## 1.3. BILANZGRENZEN

Ziel des Vorhabens ist es, Transformationspfade für Baden-Württemberg hin zu einer nachhaltigen Mobilität und für eine zukunftsfähige Mobilitätswirtschaft aufzuzeigen. Der Schwerpunkt der Analysen und Handlungsempfehlungen liegt dementsprechend auf Mobilität und Wirtschaft in Baden-Württemberg. Die Analysen fokussieren auf die Gegebenheiten und Handlungsmöglichkeiten auf Landesebene, dabei wird aber auch der nationale und internationale Kontext berücksichtigt. Hinsichtlich der Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands ergeben sich daraus jedoch mehrere methodische Herausforderungen.

Die Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen der Einwohner und Unternehmen in Baden-Württemberg verursacht Verkehre auch außerhalb des Territoriums von Baden-Württemberg (v.a. Personen- und Güterfernverkehr). Gleichzeitig gibt es Transitverkehre, deren

Ursache nicht in Baden-Württemberg liegt, die jedoch die baden-württembergische Verkehrsinfrastruktur nutzen und damit auch Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen und die Umwelt in Baden-Württemberg haben.

Ähnlich schwierig stellt sich die Abgrenzung der Wirtschaft in Baden-Württemberg dar. Insbesondere bei der Automobilindustrie handelt es sich um einen Wirtschaftszweig, dessen Unternehmen global agieren und die ihren Hauptabsatzmarkt jenseits der Landesgrenzen haben. Entsprechend ist – neben Entwicklungen in Baden-Württemberg – für die Entwicklung der Automobilindustrie von besonderer Relevanz, wie sich die Rahmenbedingungen und Anforderungen in anderen wichtigen Automobilmärkten verändern. Ferner ist wahrscheinlich, dass im Kontext nachhaltiger Mobilität zukünftig weitere Branchen jenseits der Automobilproduktion an Bedeutung gewinnen. Für eine Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen einer „Mobilitätswende“ ist deshalb die zu eng gefasste Analyse der „Automobilwirtschaft“ nicht zielführend.

Insbesondere in Bezug auf die ökologische Bewertung von Mobilität und Wirtschaft ist zu beachten, dass relevante Wirkungen nicht ausschließlich mit der Nutzung von Verkehrsmitteln, sondern auch in vor- und nachgelagerten Prozessen entstehen. Sie sind daher auf geeignete Weise zu berücksichtigen.

### 1.3.1. RÄUMLICHE ABGRENZUNG

Grundsätzlich kann die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands nach dem Inländerkonzept oder dem Inlands- bzw. Territorialkonzept erfolgen. Das Inländerkonzept berücksichtigt alle Aktivitäten von Personen und Wirtschaftseinheiten, die im Betrachtungsraum ansässig sind, unabhängig davon, ob diese innerhalb oder außerhalb des Territoriums durchgeführt werden. Das heißt, dass beispielsweise auch Fernreisen von Einwohnern und internationale Gütertransporte heimischer Unternehmen vollständig berücksichtigt werden. Das alternative Inlands- oder Territorialkonzept berücksichtigt hingegen alle Verkehrsströme innerhalb des Untersuchungsgebiets, unabhängig davon von wem diese erbracht werden. So werden bei diesem Konzept auch Transitverkehre berücksichtigt; Verkehre, die durch Inländer außerhalb des Territoriums erbracht werden, werden hingegen nicht erfasst.

Üblicherweise beruhen bestehende Nachhaltigkeitsziele und die entsprechenden Berichterstattungssysteme bisher auf dem Inlands-/Territorialkonzept. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Bedeutung grenzüberschreitender Verkehre im Personen- (Fernreisen) und Güterverkehr (internationale Produktions- und Handelsbeziehungen) ist die Aussagekraft des Inlandskonzepts zunehmend eingeschränkt. Gleichzeitig erfordert das Inländerkonzept jedoch internationale Daten, die häufig nicht in der notwendigen Qualität vorliegen. Die Ziele in den bestehenden Nachhaltigkeitsstrategien Deutschlands und Baden-Württembergs werden für den Mobilitätsbereich auf Basis des Inlandsprinzips festgemacht.

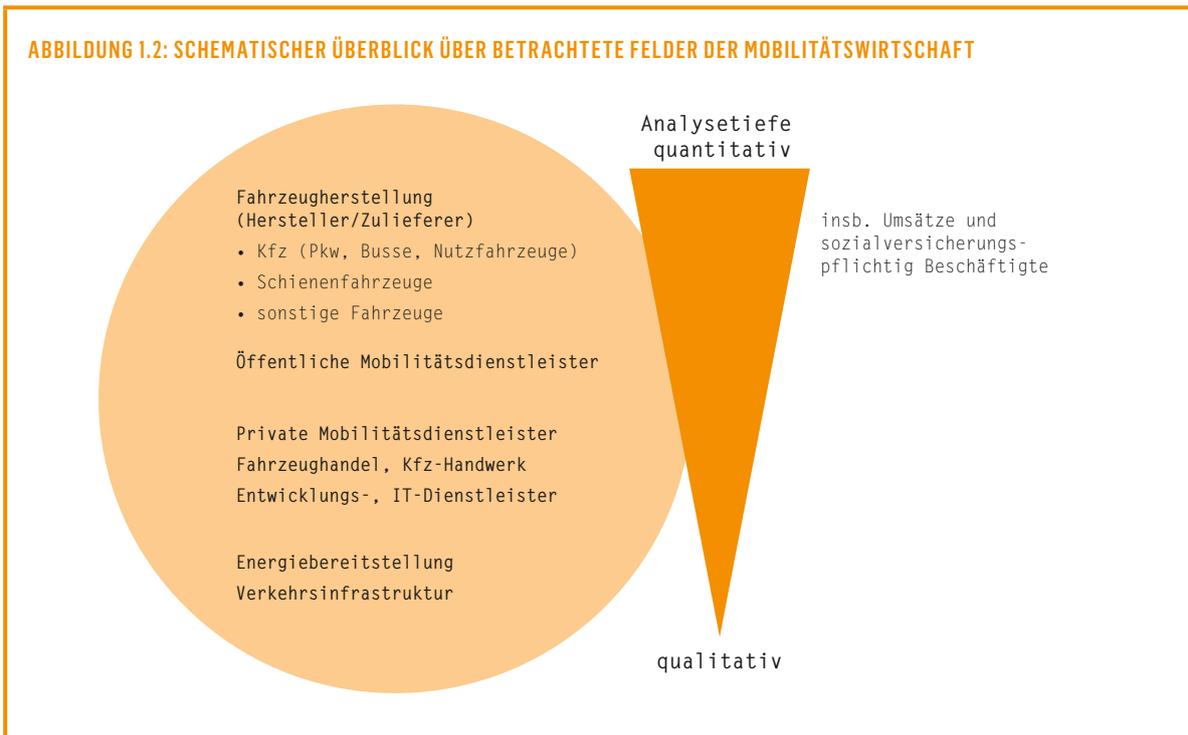
Im Rahmen dieses Vorhabens wird der Verkehr mit Ausnahme des Luftverkehrs gemäß des Territorial- bzw. Inlandsprinzips erfasst. Nach diesem werden alle Verkehre berücksichtigt, die auf dem Territorium Baden-Württembergs einschließlich der Transitverkehre erbracht werden. Dieser Ansatz ermöglicht jedoch nicht eine direkte Vergleichbarkeit mit der Klimaberichterstattung, da hier nach der Quellenbilanz im Sinne des auf dem betrachteten Territorium abgesetzten Kraftstoffs ausgegangen wird.

Schwerpunkt des Projektes bildet entsprechend der Ausschreibung der Personenverkehr. Der Güterverkehr kann jedoch angesichts hoher prognostizierter Wachstumsraten (für Baden-Württemberg wird bis 2030 laut der BMVI-Prognose ein Anstieg des Güterverkehrs um 39% gegenüber 2010 erwartet) im Rahmen dieser Studie nicht außen vor gelassen werden. Er wird – wenn auch in geringerer Detailtiefe – in dieser Studie mitbetrachtet. Das bedeutet, dass technische Optionen z. B. zur Steigerung der Energieeffizienz oder zum Einsatz alternativer Antriebsoptionen für leichte und schwere Nutzfahrzeuge mit abgebildet werden. Einflüsse auf die Verkehrsleistungen des Güterverkehrs werden ebenfalls berücksichtigt, jedoch eher pauschalisiert aufgenommen (siehe Kapitel 5.1.11).

Angesichts der zunehmenden Bedeutung des grenzüberschreitenden Personen- und Güterverkehrs sollen der (inter-)nationale Luft- und Seeverkehr in geeigneter Weise ergänzend berücksichtigt werden. Für den Seeverkehr können Anteile aus Kennzahlen zum Außenhandel Baden-Württembergs zugrunde gelegt werden, der Luftverkehr wird aus Daten zum inländischen und zum internationalen Luftverkehr baden-württembergischer sowie angrenzender Flughäfen abgeschätzt (siehe Kapitel 5.2.5).

### 1.3.2. WIRTSCHAFTSSEKTORALE ABGRENZUNG

Ein Schwerpunkt des Vorhabens stellt die Betrachtung der heimischen Automobil- bzw. Mobilitätswirtschaft und ihre Rolle im Kontext einer Transformation hin zu einer nachhaltigen Mobilität dar. Aktuell stellen die klassische Automobilwirtschaft und ihre Zulieferer hinsichtlich Umsatz und Beschäftigung den bedeutendsten Wirtschaftszweig in Baden-Württemberg dar. Im Sinne eines breiten Verständnisses der Mobilitätswirtschaft gehören dazu die Hersteller anderer Fahrzeuge (u. a. Schienenfahrzeuge, Busse, Zweiräder), der Fahrzeughandel und Werkstätten, der öffentliche Verkehr (u. a. ÖPNV, Taxi) und die Güterbeförderung sowie die Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr, welche u. a. den Betrieb der Verkehrsinfrastruktur bzw. von Verkehrseinrichtungen (u. a. Parkhäuser, Bahnhöfe) umfassen. Mit diesem erweiterten Blick kann auch der sich bereits abzeichnende Strukturwandel beschrieben werden, der sich in der Automobilindustrie beispielsweise durch ein zunehmendes Engagement der Automobilhersteller im Bereich der Mobilitätsdienstleistungen beschreiben lässt. Somit können auch gegenläufige Effekte im Kontext der Szenariobetrachtungen (z. B. Rückgang der Automobilproduktion und gleichzeitige Zunahme bei Mobilitätsdienstleistungen) bei der Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen berücksichtigt werden.



Quelle: eigene Darstellung

Dieser umfassende Blick ist jedoch nicht für alle Bereiche der Mobilitätswirtschaft mit der gleichen Analysetiefe möglich. Für das Verarbeitende Gewerbe (insbesondere Fahrzeughersteller und Zulieferer) steht beispielsweise mit Umsatz-, Export- und Beschäftigtenstatistik eine valide Datenbasis zur Verfügung, für Dienstleistungsbranche sind die verfügbaren Daten bereits eingeschränkt. Weitere Bereiche wie zum Beispiel die Energiebereitstellung basieren auf Literaturrecherchen und Expertengesprächen und sind vor allem bei den Zukunftsaussagen nur qualitativ möglich.

### 1.3.3. ENERGIESEKTORALE ABGRENZUNG

Verkehr ist neben den unmittelbaren Wirkungen im Moment der Erbringung auch mit relevanten Effekten in vor- und nachgelagerten Prozessen verbunden. Eine zu enge Setzung von Bilanzgrenzen führt folglich zu einer Unterschätzung von Ressourcennutzungen und Umweltwirkungen, die oftmals in anderen Sektoren oder außerhalb des Untersuchungsgebiets anfallen. Neben der Verkehrsmittelnutzung sind vor allem folgende weitere Prozesse relevant:

- ▶ Herstellung, Wartung und Entsorgung von Fahrzeugen,
- ▶ Kraftstoffherstellung und -verteilung,
- ▶ Errichtung und Erhalt der Verkehrsinfrastruktur.

Eine umfassende Berücksichtigung der vor- und nachgelagerten Prozesse stellt sicher, dass beispielsweise beim Einsatz neuer Technologien (z.B. Elektromobilität) mögliche Verlagerungseffekte aus der Nutzungsphase (z.B. Steigerung der Energieeffizienz durch elektrischen Antrieb, Substitution von fossilem Kraftstoff durch Strom) in vor- und nachgelagerte Prozesse (z.B. höherer Energie- und Ressourcenbedarf in der Fahrzeugherstellung, Emissionen bei der Stromerzeugung) umfassend berücksichtigt werden und eine ganzheitliche Bewertung ermöglichen. Gleichzeitig stellt ein solches Vorgehen jedoch hohe Anforderungen an die erforderlichen Daten.

Im Vorhaben „Mobiles Baden-Württemberg“ werden im Rahmen der Szenarioanalysen die aus der Verkehrsmittelnutzung resultierende Ressourceninanspruchnahme umfassend abgebildet und auch damit verbundene Emissionen in anderen Sektoren (z.B. bei der

Stromerzeugung) quantifiziert. Veränderungen der Ressourceninanspruchnahme in der Herstellungsphase werden näherungsweise quantifiziert. Die möglichen Umweltauswirkungen – u. a. auf globaler Ebene bei der Rohstoffgewinnung – können nur qualitativ eingeordnet werden. Ähnliches gilt für den Bereich der Infrastruktur. Insbesondere bei deutlichen Veränderungen der Infrastruktur sollen jedoch Aussagen zu den Konsequenzen für die Rohstoffnutzung und damit verbundene Umweltwirkungen getroffen werden.

## 1.4. TRANSFORMATIONSVERSTÄNDNIS

„Wege der Transformation“ heißt es im Projektnamen und Titel dieser Studie. Ganz grundsätzlich meint „Transformation“ einen tiefgreifenden Wandel. Hier bezieht sich der Begriff auf einen gesellschaftlichen Teilbereich wie Verkehr & Mobilität. Mit solchen Transformationsprozessen beschäftigt sich die v. a. niederländisch und britisch geprägte „transition“ Forschung und zunehmend auch die deutsche Nachhaltigkeitsforschung (vgl. Griefhammer und Brohmann

2016; Heyen und Brohmann 2017). Im folgenden Kapitel werden zentrale Erkenntnisse und Aussagen dieser Literatur zusammengefasst, an denen sich auch das Transformationsverständnis und die Bearbeitung im Projekt „Mobiles Baden-Württemberg“ orientieren.

### 1.4.1. TRANSFORMATION ALS UMFASSENDE WANDEL SOZIO-TECHNISCHER SYSTEME

„Transformation“ meint in diesem Kontext den umfassenden Wandel eines sozio-technischen (bzw. sozio-ökonomischen) Systems wie Mobilität. Ein solches System wird geprägt durch das Zusammenspiel von Technologien, Markt- und Infrastrukturen, Konsumpraktiken u. a. (ebd.). Transformation eines solchen Systems bedeutet dann, es verändern sich nicht nur einzelne dieser Komponenten („Systemelemente“), im Mobilitätsbereich z. B. die Antriebstechniken, sondern fast alle. In der folgenden Tabelle werden die verschiedenen Systemelemente kurz erläutert und anhand des Mobilitätssystems beispielhaft veranschaulicht:

| <b>Systemelement</b>                     | <b>Erläuterung</b>   | <b>Bsp. Mobilität</b>  |
|--|--|--|
| Werte, Leitbilder und Bedeutungen        | Subjektive, lebensstilspezifische und gesellschaftliche Orientierungen wie Werte, Ziele, Normen, Einstellungen, Leitbilder und Vorstellung dessen, was als "normal" gilt | Mobilitätsleitbilder, Symbolik von Verkehrsträgern und deren Nutzung                                   |
| Verhalten und Lebensstile                | (Konsum-)Handlungen, Alltagspraktiken, Routinen und Gewohnheiten - von der Einzelhandlung bis zum Lebensstil   | Anschaffungsverhalten (MIV, Abos), Verkehrsmittelwahl, Verkehrs- und Fahrverhalten (alle Praxisformen) |
| Technologien, Produkte, Dienstleistungen | Alle Artefakte und Leistungen, die Menschen erwerben, nutzen und mit denen sie umgehen (einschließlich in der Produktion)  | Antriebstechniken, Car-/ Bike-Sharing-Angebote, Versicherungen   |
| Materielle Infrastrukturen               | Vergleichsweise dauerhafte materielle Strukturen, die Handlungsräume abstecken - vom Haushalt bis zur Stadtstruktur  | Straßen & Radwege, Tankstellen, IT   |
| Soziale und zeitliche Strukturen         | Vergleichsweise dauerhafte soziale Gesellschaftsstrukturen (z.B. Arbeitszeiten oder Geschlechterrollen)  | Arbeits-, Versorgungs- und Freizeitwege, Rolle von Home-Office und Videokonferenzen                    |
| Märkte inkl. Finanzmarkt                 | Marktorganisation und -strukturen (z.B. Konzentrations- bzw. Wettbewerbsgrad) sowie Angebot & Nachfrage, Preise und Finanzierungsmöglichkeiten                           | Preiswettbewerb, Kraftstoff-Preise; Autokauf-Finanzierungsmodelle                                      |
| Forschung, Bildung, Wissen               | Inhalt und Umfang vorhandenen Wissens sowie die Mechanismen und Organisation der Erzeugung und Vermittlung von neuem Wissen  | Umweltwissenschaften, Verkehrs-/Mobilitätsforschung, Umwelt- und Verkehrserziehung                     |
| Politische Instrumente und Institutionen | Staatlich-institutioneller Rahmen (Verfassung, staatliche Organe, Zuständigkeiten, Verfahren) wie auch politische Steuerungsinstrumente                                  | StVO, Abgasstandards, Kfz- und Kraftstoffsteuern   |

Quelle: eigene Darstellung

Für eine Transformation müssen nicht alle, aber doch mehrere entscheidende Elemente ihre Ausprägungen ändern, sodass das sozio-technische System sich einschneidend verändert.

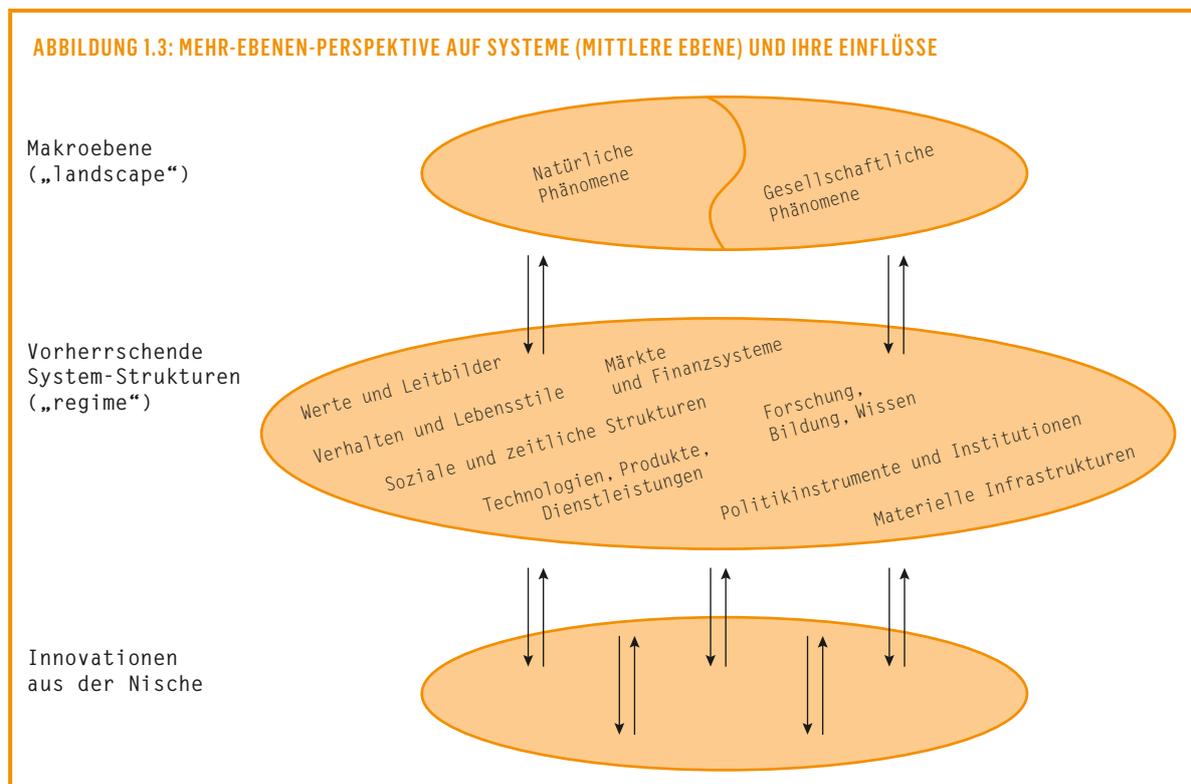
Transformationen können unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten in erwünschter oder in unerwünschter, nachhaltiger oder nicht nachhaltiger Richtung verlaufen. Auch die „Automobilisierung als Prozess technologischer Integration und sozialer Vernetzung“ (Kuhm 1997) war ein Transformationsprozess des sozio-technischen Systems.

### 1.4.2. TRANSFORMATION ALS DYNAMISCHER, KO-EVOLUTIONÄRER MEHR-EBENEN-PROZESS

Gesellschaftliche Transformationen sind keine einfachen, linearen Veränderungsprozesse. Vielmehr bestehen sie aus mehreren, gleichzeitig (aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit) ablaufenden und sich gegenseitig beeinflussenden Veränderungen/Subprozessen, die sich zu einem systemischen Wandel verdichten und über mehrere Jahrzehnte ablaufen können (Heyen und Brohmann 2017). Das Zusammenspiel

der Veränderungen in den verschiedenen Systemelementen (insbesondere zwischen sozialen und technologischen Veränderungen) bezeichnet man auch als „ko-evolutionären Wandel“ oder „Koevolution“ (Geels 2005) oder als Spiralendynamik (Kuhm 1997).

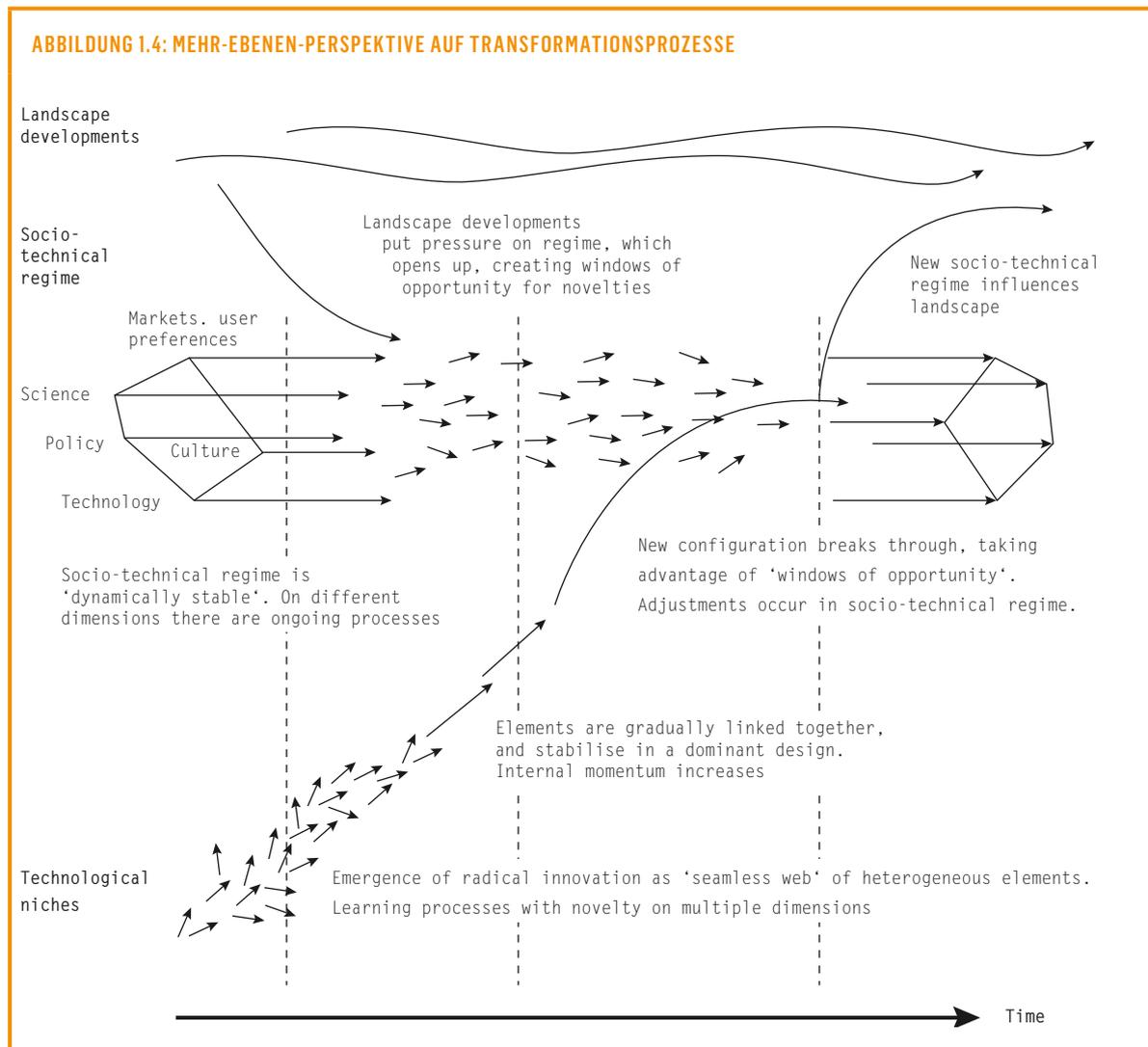
Veränderungen in den dominierenden Strukturen eines sozio-technischen Systems können sich durch übergeordnete, gesamtgesellschaftliche Veränderungen ergeben (z. B. Wertewandel, demografischer Wandel, oder auch durch globalen Problemdruck wie den Klimawandel oder Finanzkrisen). Sie können sich aber auch aus Nischenentwicklungen ergeben, also technischen oder sozialen Innovationen, die sich verbreiten und für die Masse der Verkehrsteilnehmer attraktiv werden (z. B. Carsharing, autonomes Fahren, E-Bikes). Abbildung 1.3 veranschaulicht die Beeinflussung der dominierenden System-Strukturen („Regime“) durch Entwicklungen auf gesamtgesellschaftlicher Ebene („landscape“) und auf Nischen-Ebene in der sog. „Mehr-Ebenen-Perspektive“ der niederländischen Transition-Literatur (vgl. wiederum Geels 2005).



Quelle: Öko-Institut, modifiziert nach Geels 2002

Während Abbildung 1.3 eher statischen Charakter hat, kombiniert Abbildung 1.4 die Mehr-Ebenen-Perspektive mit einer dynamischen Prozessperspektive. Sie zeigt idealtypisch und vereinfachend, wie Innovationen aus der Nische auf die Systemregime-Ebene drängen und – mit Unterstützung von Entwicklungen auf der Makroebene und sich dadurch ergebenden Gelegenheitsfenstern – die bisher dominierenden

System-Strukturen ersetzen. Charakteristisch für viele Innovations- und Transformationsprozesse ist, dass Innovationen erst länger in der Nische verharren und auch untereinander konkurrieren (z. B. Elektroauto vs. Wasserstoffauto) („Vorlaufphase“), und ab einem bestimmten Zeitpunkt (Kipppunkt) mit deutlicher Dynamik in den Mainstream diffundieren („Durchbruchphase“) (Geels 2005).



Quelle: in Anlehnung an OECD (2015: 22), modifiziert nach Geels 2002

### 1.4.3. AUSLÖSER, TREIBER UND HEMMNISSE VON TRANSFORMATIONSPROZESSEN

#### AUSLÖSER UND TREIBER

Ein klassischer Auslöser von Veränderungen (individuellen, organisatorischen, politischen...) bzw. auch ein Gelegenheitsfenster für vorbereitete Lösungen sind Krisen oder gar Katastrophen, da sie den Status quo in Frage stellen und destabilisieren. Ein typisches Beispiel ist die Reaktorkatastrophe von Fukushima 2011, die zu einer Kehrtwende in der Kernenergiepolitik der damals schwarz-gelben Bundesregierung führte und die Energiewende mehrheitsfähig machte.

Es gibt jedoch weitere Auslöser von Veränderungsprozessen bzw. treibende Faktoren bei schon begonnenen Veränderungen (Kristof 2010; WBGU 2011): neues Wissen über mögliche Chancen oder Probleme (bevor sie zu Krisen werden); technische und soziale Innovationen (auch ohne Problemdruck) wie derzeit v.a. im Bereich der Digitalisierung; neue Leitbilder und Visionen für eine bessere Zukunft; oder auch Regierungswechsel.

Größere Veränderungsprozesse wie Transformationen haben häufig nicht nur einen Auslöser, sondern mehrere. Insbesondere die einzelnen Subprozesse einer Transformation können unterschiedliche Auslöser und Treiber haben. Bei den anstehenden Transformationsprozessen in Richtung Nachhaltigkeit spielen sowohl ökologischer Problemdruck (v.a., aber nicht nur, die negativen Folgen des Klimawandel) als auch

innovative Ideen und Aktivitäten wie beispielsweise der Trend zum Nutzen statt Besitzen eine Rolle.

Um plötzliche Strukturbrüche zu vermeiden, empfiehlt es sich vor dem Hintergrund ökologischen Problemdrucks, notwendige Transformationsprozesse proaktiv und frühzeitig einzuleiten.

#### HEMNMISSE

Veränderungsversuche stoßen in der Regel auf Hürden. Eine zentrale Rolle spielt dabei, dass Akteurshandeln hochgradig strukturell eingebettet ist und diese Strukturen von schwer zu überwindenden Pfadabhängigkeiten geprägt sind (Unruh 2000; Clausen und Fichter 2016). Bisherige Strukturen und Technologien sind gegenüber Innovationen aus verschiedenen Gründen tendenziell im Vorteil: durch zeitlichen Vorsprung, bereits getätigte und eventuell amortisierte Investitionen, Skalen- und Netzwerkeffekte (je mehr Nutzer, desto größer der Nutzen), oder auch weil Komponenten eines Systems kompatibel sein müssen und nur bedingt einzeln verändert werden können. Umweltinnovationen können es besonders schwer haben, wenn Externalitäten nicht eingepreist sind und sie dadurch einen Preisnachteil haben. Neben technisch-infrastrukturellen gibt es auch kulturelle Pfadabhängigkeiten und „mentale Infrastrukturen“ (Welzer 2013). So bindet die vorherrschende Konsumkultur Wohlstand und soziale Anerkennung an einen expansiven Konsum materieller Güter, was zu energie- und ressourcenintensiven Lebensstilen führt (Paech 2012; Stengel 2011).



Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über wesentliche Hemmnisse einer nachhaltigen Mobilität entlang der verschiedenen System-Elemente:

**TABELLE 1.2: HEMMNISSE EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT**

| System-Element                           | Hemmnisse  |
|--|--|
| Werte, Leitbilder und Bedeutungen        | Gegenwartspräferenz; materialistisches Wohlstandsverständnis; altes „Freie Fahrt für freie Bürger“-Leitbild; mangelnde Visionen und Narrative für eine andere Mobilität  |
| Verhalten und Lebensstile                | Routinen im Verbraucherhandeln („schon immer mit Auto zur Arbeit gefahren“); Status-Konsum (Bsp. SUVs); Rebound-Verhalten (effizienteres Fahrzeug wird mehr gefahren)  |
| Technologien, Produkte, Dienstleistungen | Pfadabhängigkeiten zugunsten bestehender (Antriebs-)Technologien; noch nicht ausgereifte/gleichwertige Alternativen (z.B. Speicherkapazität und Ladedauer von Batterien); höhere (Anschaffungs-) Kosten umweltfreundlicher Alternativen                                  |
| Materielle Infrastrukturen               | Pfadabhängigkeiten in derzeitiger Verkehrsinfrastruktur, die Autoverkehr ggü. anderen Mobilitätsformen i.d.R. bevorteilt; „Zwang“ zur Automobilität z.B. durch Verlagerung von Einkaufsmöglichkeiten an die Peripherie; Mangel an Ladeinfrastruktur für Elektromobilität |
| Märkte inkl. Finanzmarkt                 | Mangelnde Einpreisung negativer Externalitäten (CO <sub>2</sub> , Luftschadstoffe, Lärm); Unternehmens-Beurteilung nach kurzfristigen Leistungsindikatoren; volatile Brennstoff-, Energie- und Rohstoffpreise; Renditeerwartungen  |
| Soziale und zeitliche Strukturen         | Steigende Zahl von kleineren Haushalten und am Stadtrand mit zusätzlichem Pkw-Ausstattungsbedarf; lange Arbeitswege; (gefühlte) Zeitknappheit  |
| Forschung, Bildung, Wissen               | Mangelnde Verankerung von Nachhaltigkeitskriterien/-zielen in der Forschungs- und Innovationsförderung; mangelnde Berücksichtigung sozialer Innovationen   |
| Politische Instrumente und Institutionen | Einfluss Status-quo-wahrender Interessen; umweltschädliche Subventionen (z.B. Dienstwagenprivileg, Steuervorteil für Diesel, Steuerbefreiung von Kerosin); Logiken der Bundesverkehrswegeplanung   |

Quelle: eigene Darstellung

Hemmend wirken selbstverständlich nicht nur Strukturen, sondern oft auch Akteure, die ein Interesse an der Beibehaltung des Status quo haben und sich gegen Veränderungen wehren. Im Nachhaltigkeitskontext wird dabei häufig auf die fossile Energiewirtschaft verwiesen (u. a. WBGU 2011). Aber auch im Mobilitätsbereich gibt es zahlreiche Beispiele, bei denen die etablierte Automobilwirtschaft sich erfolgreich gegen schärfere Umweltschutzvorgaben zur Wehr gesetzt hat (siehe u.a. die Fallstudie von Sternkopf und Nowack (2016) zu den europäischen CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards). Insbesondere durch Preissteigerungen können auch Konsumentengruppen zu Gegnern von Veränderungen werden.

Die Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität steht allgemein vor der Herausforderung unterschiedliche Handlungsprinzipien von Akteursgruppen berücksichtigen zu müssen: Privatpersonen bzw. Haushalte richten ihre Mobilitätsbedürfnisse und ihr Mobilitätsverhalten v.a. an möglicher gesellschaftlicher Teilhabe aus. Unternehmen zielen primär auf ökonomischen Erfolg und die Beschäftigten auf ihre (ökonomische) Existenzsicherung. Behörden auf Landes- und kommunaler Ebene haben bestimmte Aufgaben und sind zur Daseinsvorsorge verpflichtet, deren Zuständigkeit und Ausgestaltung sie in der Regel auch verteidigen und deren Finanzierung sie sichern müssen.

#### 1.4.4. AKTEURE DES WANDELS

Für die Überwindung sowohl der technisch-ökonomischen als auch der sozio kulturellen Transformationshemmnisse wird letztlich auf das Handeln von Akteuren gesetzt, die sich von den bisherigen Strukturen lösen können und zur Initiative und Etablierung nachhaltiger Lösungen beitragen. Angesichts der Herausforderungen und des systemischen Charakters der notwendigen Veränderungen liegt die Erkenntnis nahe, dass es in Transformationsprozessen der Kompetenzen und Kapazitäten (seien es soziale, technische, finanzielle, zeitliche oder Macht-Ressourcen) vieler Akteure aus den unterschiedlichsten Akteursgruppen und auf allen Ebenen braucht (vgl. Literaturobwertung in Heyen und Brohmann 2016). Dazu gehören:

- ▶ „Pioniere des Wandels“: also diejenigen Akteure, die Veränderungsideen entwickeln, technische Innovationen verwirklichen oder neue soziale Praktiken ausprobieren, diese Neuerungen aktiv vorantreiben und/oder verbreiten (klassisches Beispiel sind die „Stromrebelln“ von den Elektrizitätswerken Schönau oder auch die Anfänge des Carsharings). Disruptive Innovationen, die das gegenwärtige System in Frage stellen und mit einer Vision für alternative Ausgestaltungen verbunden sind, kommen in der Regel häufig von Nischenakteuren.
- ▶ Zivilgesellschaft: also etwa Umweltverbände, die politische Agenda-Setter, Informationsdienstleister und Lobbyisten sind; zum anderen Vermittler und Mobilisierer gegenüber der Öffentlichkeit.
- ▶ Wissenschaft & Forschung: also diejenigen, die – zunehmend transdisziplinär – zur Generierung von Problemwissen (was sind die Probleme und welche Konsequenzen haben sie?), Ziel-/Orientierungswissen (z. B. wie könnte nachhaltige Mobilität aussehen?) und Handlungs-/Transformationswissen (wie lassen sich die Ziele erreichen?) beitragen können.
- ▶ Medien & „Deutungselite“ (Stengel 2011): also diejenigen Akteure (Journalisten, aber auch Prominente, Blogger, Künstler oder Religionsvertreter), die Informationen und auch neue Denk- und Handlungsweisen in die breitere Gesellschaft tragen, vermitteln und deuten.

- ▶ Staat & Politik: also diejenigen Akteure, die auf unterschiedlichen Ebenen (von lokal bis international) gesellschaftlich verbindliche Regeln setzen können (s. auch nächstes Kapitel).

Wichtig ist, dass es Unterstützer eines (nachhaltigen) Wandels in verschiedenen Akteursgruppen gibt – im Sinne einer breiten Akteurskoalition möglichst auch mit Motiven jenseits von klassischem Umwelt- und Klimaschutz.

Neben den Treibern gibt es in den Akteursgruppen jeweils auch Bremser. Zu den Bremsern gehören häufig die sogenannten „Regime-Akteure“, also diejenigen Akteure, die ein sozio-technisches System bisher dominieren und deshalb Interesse an einer Bewahrung des Status quo haben (s. auch vorheriges Kapitel zu Hemmnissen). Ob eine Transformation nur gegen diese etablierten Akteure oder auch mit ihnen gelingt, hängt maßgeblich von diesen selbst, von ihrer Wandlungsbereitschaft und -fähigkeit ab.

#### 1.4.5. MÖGLICHKEIT DER GESTALTUNG VON TRANSFORMATIONSPROZESSEN

Angesichts von Komplexität, Hemmnissen und Eigendynamiken sind gesellschaftliche Transformationsprozesse weder im Detail vorhersehbar noch komplett plan- und steuerbar. Nichtsdestotrotz bestehen Möglichkeiten zur Beeinflussung von Rahmenbedingungen und Akteurshandeln und damit auch zur teilweisen Gestaltung, Beförderung und Beschleunigung von Veränderungsprozessen (vgl. Literaturobwertung in Heyen und Brohmann 2016). Zwar bestehen Transformationshemmnisse auch innerhalb des politischen Systems (wie kurze, an Wahlen orientierte Zeithorizonte, Orientierung am Wirtschaftswachstum und Bedeutung von Status-quo-Interessen). Trotzdem wird der Politik in der Regel eine wichtige Rolle als gestaltender Akteur insbesondere mit Blick auf Rahmenbedingungen zugesprochen (ebd.). Eine Hoffnung besteht darin, dass soziale Innovationen und gesellschaftliche Trends in Richtung Nachhaltigkeit auch entsprechendes Politikhandeln erleichtern und sich beide Systemelemente gegenseitig verstärken.

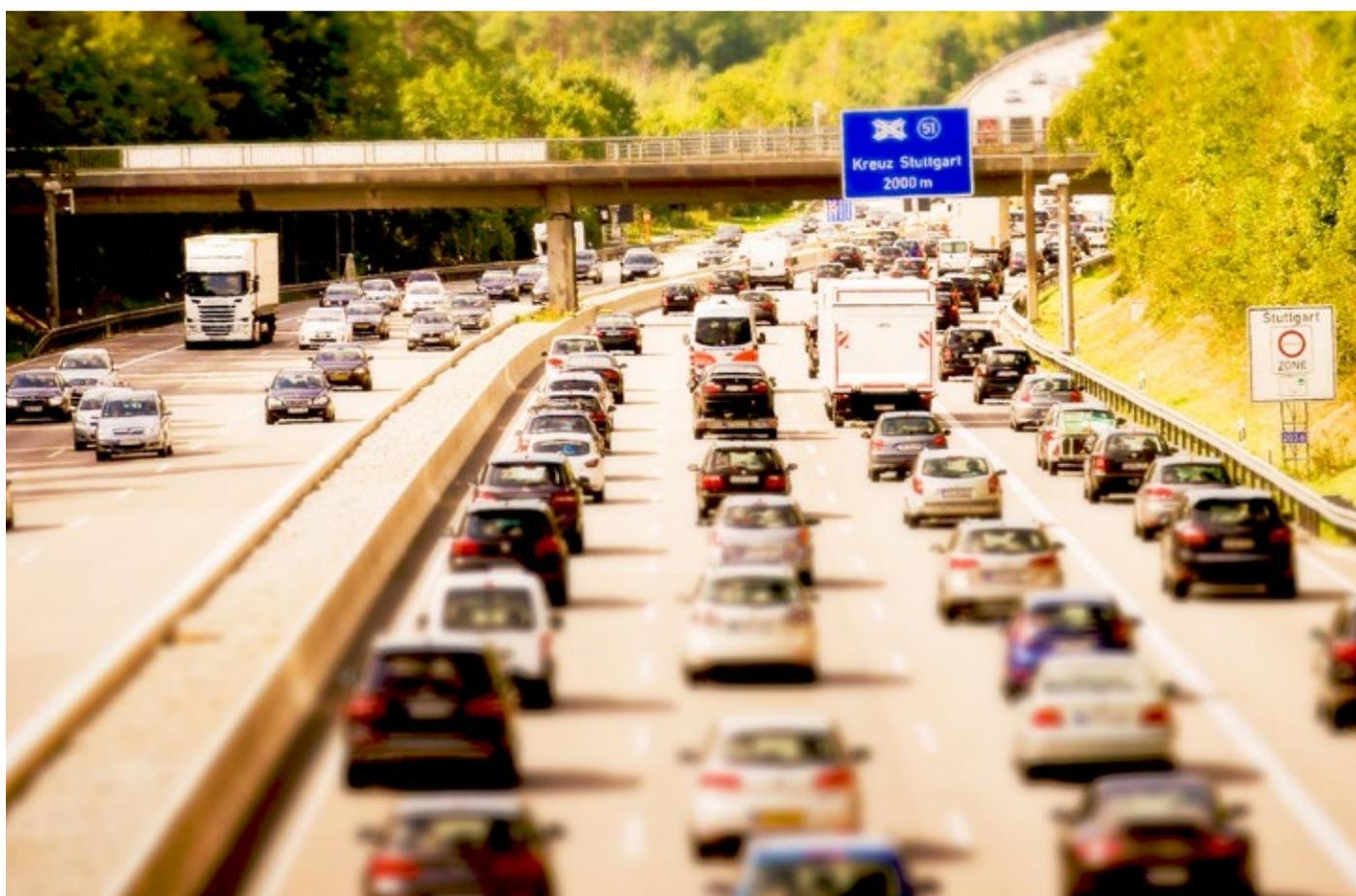
Politische Gestaltung und Förderung von größeren und kleineren Veränderungsprozessen kann im Sinne von „multi level governance“ in verschiedenen Formen

und auf allen politischen Ebenen, von lokal bis international, stattfinden. Möglich und nötig sind sowohl ermöglichende und fördernde Politikinstrumente, die nachhaltige Technologien, Produkte und Verhaltensweisen unterstützen, als auch einschränkende Politikinstrumente, die das Nicht-Nachhaltige erschweren bzw. beenden („Exnovation“, vgl. Heyen 2016), und die Reform kontraproduktiver Regelungen (z. B. das Dienstwagenprivileg). Dabei kann die übliche Vielfalt von Steuerungsmechanismen/Instrumententypen zum Einsatz kommen (regulative, ökonomische, informatrische und prozedurale Instrumente) (vgl. im Hinblick auf Umweltpolitik u. a. Wolff 2004).

Über die klassischen Steuerungsinstrumente hinaus muss „Transformations-Governance“ aber auch weitere, im Folgenden aufgelistete (nicht immer trennscharfe) Elemente beinhalten (vgl. u. a. Grieshammer und Brohmann 2016; Jacob et al. i.E.; Heyen und Brohmann 2017; in t Veld, Roeland Jaap 2011; Loorbach 2010):

- ▶ die Vernetzung von Akteuren, gerade auch unterschiedlicher Akteursgruppen (vgl. Kap. 1.4.4);
- ▶ die Gestaltung partizipativer Prozesse u. a. zu Transformationszielen (Bsp. Dekarbonisierung) und Zukunftsvisionen (Bsp. „Der Himmel über der Ruhr muss wieder blau werden“), gerade dann, wenn noch kein Konsens über die Zielsetzung besteht;
- ▶ die Hinzugewinnung von Bündnispartnern, etwa durch Erweiterung des Problemverständnisses (z. B. ein ökologisches Problem auch sozial fassen);
- ▶ (mit Hilfe der Forschung) die Entwicklung von Szenarien und möglichen Transformationspfaden;
- ▶ die Übersetzung der Visionen und Langfristziele in messbare (Zwischen-)Ziele, evtl. auch deren gesetzliche Verankerung, etwa über ein Klimaschutzgesetz;
- ▶ die Unterstützung der Entwicklung und Kommunikation von attraktiven Narrativen des Wandels (z. B. rund um Lebensqualität);
- ▶ die Vermittlung eines weniger materialistischen und auf Wachstum basierenden Wohlstandsleitbilds (etwa durch alternative Wohlstandsindikatoren anstelle des BIP);
- ▶ eine Stärkung der Nachhaltigkeitsbildung;
- ▶ eine inter- und transdisziplinäre Forschungs- und Innovationsförderung, etwa in Form von sog. „Reallaboren“, in denen neue sozio-technische Konstellationen oder auch Regeln zeitlich und örtlich begrenzt ausprobiert werden (vgl. auch Literatur zu „Strategic Niche Management“);
- ▶ Bewertung laufender Innovationen unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten (z. B. autonomes Fahren, Lieferungen per Drohne);
- ▶ Greening „sowieso“ stattfindender technischer und gesellschaftlicher Veränderungsprozesse (z. B. Digitalisierung, Industrie 4.0);
- ▶ Strategien zur Konfliktlösung und Abfederung negativer sozialer Folgen bei Exnovations- und Strukturwandelprozessen, etwa durch Übergangsfristen (Heyen 2016);
- ▶ die Koordination, soweit möglich, und Kohärenzprüfung bzw. -sicherung der zahlreichen Subprozesse und politischen Einzelinterventionen;
- ▶ „reflexive Governance“ (Voß et al. 2006), also Evaluation, Feedbackschleifen und lernbasierte Anpassung, um der Transformation als „Such-, Lern- und Experimentierprozess“ (Reißig 2009) gerecht zu werden.

## 2. MOBILITÄT, VERKEHR UND MOBILITÄTSWIRTSCHAFT – STATUS QUO UND AKTUELLE TRENDS



Im folgenden Kapitel werden die aktuelle Situation, der Status quo zu Mobilität, Mobilitätsverhalten und der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg dargestellt. Neben der problemfokussierten Auswertung aktueller Literatur, Studien und Fachzeitschriften stützt sich dieses Kapitel vor allem auf zahlreiche Expertengespräche (s. Anhang). Die leitfadengestützten Interviews wurden mit Fachleuten aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Verbänden geführt, die Aussagen fließen anonymisiert, aber als Expertenaussage gekennzeichnet in den Projektbericht ein. Die Ergebnisse wurden im Verbund in Inte-

grations-Workshops und Telefonkonferenzen diskutiert, vor dem Hintergrund der Ziele des Projekts interpretiert und schließlich mit den Stellungnahmen und Inputs aus Beirat und Stakeholderkreis abgeglichen.

Die Aussagen bzgl. der Trends und Entwicklungen der o. g. Themen beziehen sich meist auf Datengrundlagen für Gesamtdeutschland. Um die Spezifik Baden-Württembergs ausreichend zu berücksichtigen, wurden, soweit verfügbar, Daten und Literatur zu Baden-Württemberg ausgewertet.

## 2.1. VERKEHRSVERHALTEN, MOBILITÄTS-ORIENTIERUNGEN, RAUM UND TECHNIK

### 2.1.1. BEGRIFFSEINFÜHRUNG

Wie bereits in der Einleitung angesprochen, unterscheiden wir zwischen Mobilität und Verkehr. Mobilität ist in Anlehnung an Rammler (2000) und Becker (2015) das Potenzial der Beweglichkeit zur Erfüllung von Bedürfnissen im physischen Raum. Bedürfnisse sind z.B. sich Ernähren durch Einkaufen oder Essen gehen, Verwandtschafts- oder Freundschaftsbeziehungen pflegen, Haushalts-, Erziehungs- und Versorgungsarbeit leisten, einer bezahlten oder nicht bezahlten Beschäftigung nachgehen, sich erholen, Unterhaltung suchen, Kultur erleben usw. (vgl. etwa die Liste von 33 Wegezwecken in Götz et al. 2003). Bedürfniserfüllung durch Mobilität ist immer verknüpft mit einer sozialen Dimension (soziale [Un-]Gleichheit, Mobilitäts-[Un-]Gerechtigkeit, Mobilitäts-Kosten) und einer soziokulturellen Dimension: Symbolisierung von Lebensstilen (vgl. dazu Götz et al. 2016). Mobilität hat aber immer auch eine Bewegungsdimension. Diese überschneidet sich mit dem Begriff „Verkehr“. Er bezeichnet die realisierte Bewegung durch Handlungen auf Grundlage von Infrastrukturen im physischen Raum. Der Unterschied zwischen Mobilität und Verkehr macht deutlich: Das gleiche Bedürfnis kann mit mehr oder weniger Verkehr erfüllt werden. Ich kann zu Fuß im Laden um die Ecke einkaufen und zu Hause kochen, ich kann mich aber auch mit Freunden in einem entfernten Kult-Lokal zum Essen treffen. Kurz: Mobilität ist das Potenzial der Beweglichkeit zur Bedürfniserfüllung. Verkehr ist die mit unterschiedlichen Fortbewegungsformen<sup>6</sup> realisierte Bewegung im physischen Raum.

Verkehrsverhalten sind die von Personen mit unterschiedlichen Fortbewegungsformen und Verkehrsmitteln vorgenommenen Handlungen zur Zurücklegung von Wegen im physischen Raum. Dieses wird mit eingeführten standardisierten Methoden gemessen und erhoben (vgl. infas; DLR 2010). Auf Grundlage der entsprechenden Ergebnisse wurde schon in den 1990er-Jahren festgestellt, dass Verkehrsverhalten von unterschiedlichen Bestimmungsfaktoren abhängt (vgl. Holz-Rau 1990): von räumlichen Faktoren (Verteilung von Gelegenheiten, z.B. Schulen im Raum), von sozialstrukturellen

(Ausbildung, Berufstätigkeit, Einkommen, Geschlecht) und auch von Fahrzeugbesitz bzw. Verkehrsinfrastrukturen. Verkehrsverhalten hängt aber auch von Einstellungen und Orientierungen ab. Auf Mobilität bezogene Einstellungen nennen wir Mobilitätsorientierungen. Aus zahlreichen Untersuchungen wissen wir, dass Mobilitätsorientierungen Verkehrsverhalten beeinflussen (vgl. etwa Ohnmacht et al. 2008).

Wenn es nachfolgend auch um technische Entwicklungen und deren Wirkung geht, dann steht dahinter nicht die Vorstellung, dass isolierte Techniken von außen in bisher nicht technisierte Lebenswelten eingebracht werden und dort Effekte auslösen. Vielmehr gehen wir von einem Begriff sozio-technischer Systeme im Sinne von Kuhm (1997) aus. Danach ist Technik immer Bestandteil der Alltagswelt. Alltagswelt und Techniken beeinflussen sich gegenseitig. Techniken verändern soziale Beziehungen (z.B. machen schnelle Verkehrsmittel Fernbeziehungen oder Pendeln zwischen weit entfernten Orten des Wohnens und des Arbeitens möglich), ebenso bringen veränderte soziale Beziehungen Bedürfnisse nach neuen Techniken hervor (so erfordert die nun mögliche Fernbeziehung neue Kommunikationsformen). Insofern sprechen wir im Sinne des genannten theoretischen Ausgangspunkts von einer Spiraldynamik. Wenn wir nachfolgend dennoch Aussagen im Sinne von „Wirkung“ oder „Effekt“ machen, dann geschieht dies im Bewusstsein des Wissens um komplexe Interdependenzen.

Ähnliches gilt für das Verständnis von Raum. Selbstverständlich gibt es einen Einfluss der Siedlungsstruktur auf das Verkehrsverhalten – ein Stadtteil der kurzen Wege und der Nutzungsmischung macht es leichter, Bedürfnisse im Nahraum zu Fuß oder mit dem Fahrrad zu erfüllen. Aber diese Wirkung ist nicht einseitig linear und nicht deterministisch (vgl. Holz-Rau; Scheiner 2005). Wer ein Bedürfnis nicht im eigenen Stadtteil erfüllen kann – z.B. weil es die angesagte Bekleidung nur im weit entfernten Einkaufszentrum oder in einer anderen Stadt gibt –, wird sich dorthin bewegen. Geschieht dies massenhaft, beeinflusst dieses Verhalten die Raumstruktur, weil großflächig Parkplätze gebaut werden. Verkehrsverhalten bedeutet also immer auch Umgang mit und Herstellung von Raumstrukturen. Gerade der Bau von Verkehrsinfrastruktur ist Umgang mit Raum und wird häufig etwas verkürzt „Flächenverbrauch“ genannt – heute hat sich der Begriff „Flächeninanspruchnahme“ durchgesetzt (vgl. Kapitel 3.3.4).

<sup>6</sup> Unter Einbeziehung des Zufußgehens: deshalb „Fortbewegungsform“ und nicht „Verkehrsmittel“.

## 2.1.2. VERKEHRsverhalten

### 2.1.2.1 STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

#### FÜHRERSCHEINBesitz UND MOTORISIERUNG

Eine Grundvoraussetzung für ein autointensives Verkehrsverhalten sind entsprechende Möglichkeiten zur Autonutzung. Zwei zentrale Parameter sind in diesem Zusammenhang der Führerschein- und der Auto-besitz. Die Führerscheinbesitzquote befindet sich in Deutschland seit Jahren auf einem sehr hohen Niveau (87% der Personen über 18 Jahren laut Mobilitätspanel MOP 2014) mit weiterhin leicht steigender Tendenz (vgl. Weiß et al. 2016: 16, 37, 115). Der Grund für die Steigerung ist ein wachsender Anteil an Führerscheinbesitzern bei Personen über 60 Jahren (vgl. Ahrens 2014; Weiß et al. 2015: 115). Für die anderen Altersgruppen sind dagegen keine klaren Trends zu erkennen. Anders als in anderen Ländern gibt es damit für Deutschland bislang keine eindeutigen Zeichen, dass der Anteil an Führerscheinbesitzern unter den jüngeren Erwachsenen zurückgeht (vgl. ifmo 2011; Schöndu-we et al. 2011).

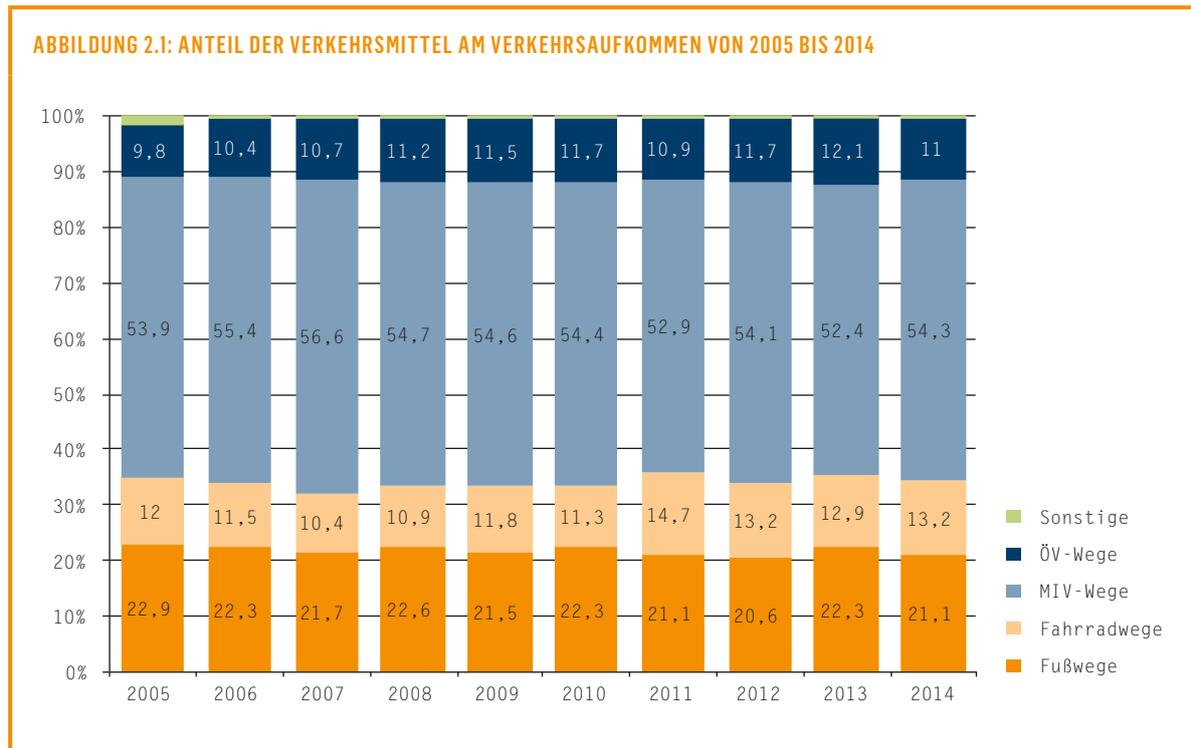
Der Motorisierungsgrad, also die Anzahl an Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner, ist sowohl in Deutschland als auch speziell in Baden-Württemberg in den letzten Jahren weiterhin gestiegen (vgl. Ahrens 2014; Weiß et al. 2016: 121; Büringer; Schmidtmeier 2014). Aus dem Mobilitätspanel geht allerdings hervor, dass die Pkw-Verfügbarkeit, die sich über die Bedingungen „Führerscheinbesitz“ und „mindestens ein Auto im Haushalt

vorhanden“ definiert, trotz dieser Entwicklung in Deutschland mehr oder weniger gleich geblieben ist (Weiß et al. 2016: 116). Ein etwas detaillierterer Blick auf die Pkw-Verfügbarkeit zeigt zudem: Altersbezogen gibt es hier gegenläufige Trends, die sich kompensieren und somit in der Summe den konstanten Anteilswert erzeugen. Während sich die Pkw-Verfügbarkeit bei den jungen Erwachsenen in den letzten Jahren reduzierte, stieg sie bei den Älteren an und blieb bei der mittleren Altersgruppe konstant.

#### VERKEHRSMITTELWAHL

Aktuell wird in der Öffentlichkeit häufig von einer nachlassenden Autofixierung gesprochen. Entgegen solcher Aussagen hat sich laut Mobilitätspanel der Modal Split beim Verkehrsaufkommen (Wege pro Person und Tag) in den letzten Jahren in Deutschland kaum verändert: Die Dominanz des Autos ist hier weiterhin gegeben und es lässt sich allenfalls ein minimaler Trend hin zu einem geringeren Autoanteil erkennen (siehe hierzu und zu den folgenden Punkten (Abbildung 2.1).

Die Veränderungen bei den anderen Verkehrsmitteln sind etwas ausgeprägter, aber absolut betrachtet ebenfalls nur gering. Der Anteil der Fahrrad- und ÖV-Wege steigt ein wenig, während der Anteil der Fußwege geringfügig sinkt. Analoge (geringfügige) Tendenzen liefert die Studie „Mobilität in Städten (SrV)“ für alle drei untersuchten Städtegruppen – Städtepegel, große Vergleichsstädte und Wiederholerstädte West (vgl. Ahrens 2014).



Quelle: in Anlehnung an Weiß et al. 2016; Mobilitätspanel

Beide Längsschnittstudien zeigen jedoch, dass altersspezifisch betrachtet teilweise gegensätzliche Trends vorliegen und in bestimmten Fällen die Trends etwas stärker ausfallen (Weiß et al. 2016; Ahrens 2014). Dabei sticht insbesondere hervor, dass bei den Jüngeren (18 bis 35 Jahre) der MIV-Anteil deutlich abnimmt, während im Gegensatz dazu bei den Älteren (älter als 60 Jahre) eine geringfügige Zunahme der MIV-Anteile zu verzeichnen ist. Eine zusammenfassende Übersicht zu den altersgruppenspezifischen Trends gibt Tabelle 2.1.

Die gegenläufigen Trends bei den Altersgruppen werden im Mobilitätspanel auch mit Blick auf die Anzahl der Personen deutlich, die in der Berichtswoche einen Pkw nutzten. So sank hier der Anteilswert der Pkw-Nutzer bei den 18- bis 25-Jährigen von 75 % (2000–2002) auf 64 % (2012–2014) bzw. von 85 auf 66 % bei den 26- bis 35-Jährigen. Für die Älteren liegt hingegen im gleichen Zeitraum ein deutlicher Anstieg von 63 auf 72 % (61 bis 70 Jahre) und von 42 auf 59 % (71 Jahre und älter) vor (Weiß et al. 2016: 92).

Bezüglich des abnehmenden MIV-Anteils bei den Jüngeren wird oft die Vermutung geäußert, dass dieser Trend in erster Linie für junge Erwachsene in Städten gelte. Regressionsanalysen von Zumkeller et al. (2011) auf Basis der MOP-Daten (1995–2009) bestätigen diese These aber nicht. Nach den Analysen ist sowohl in Städten als auch in ländlichen Regionen bei den Jüngeren die MIV-Nutzung zurückgegangen und zwischen der Stärke der Veränderung besteht kein statistisch signifikanter Unterschied. Im Widerspruch hierzu stehen Auswertungsergebnisse von Schönduwe et al. (2012). Sie stellen auf Basis der Studie Mobilität in Deutschland (MID) 2002 und 2008 fest, dass die tägliche Autonutzung bei den jungen Erwachsenen zurückgegangen ist. Dieser Effekt sei aber nur in Agglomerationen und verdichteten Räumen deutlich zu erkennen.

**TABELLE 2.1: ENTWICKLUNG DES VERKEHRSAUFKOMMENS NACH ALTERSGRUPPEN**

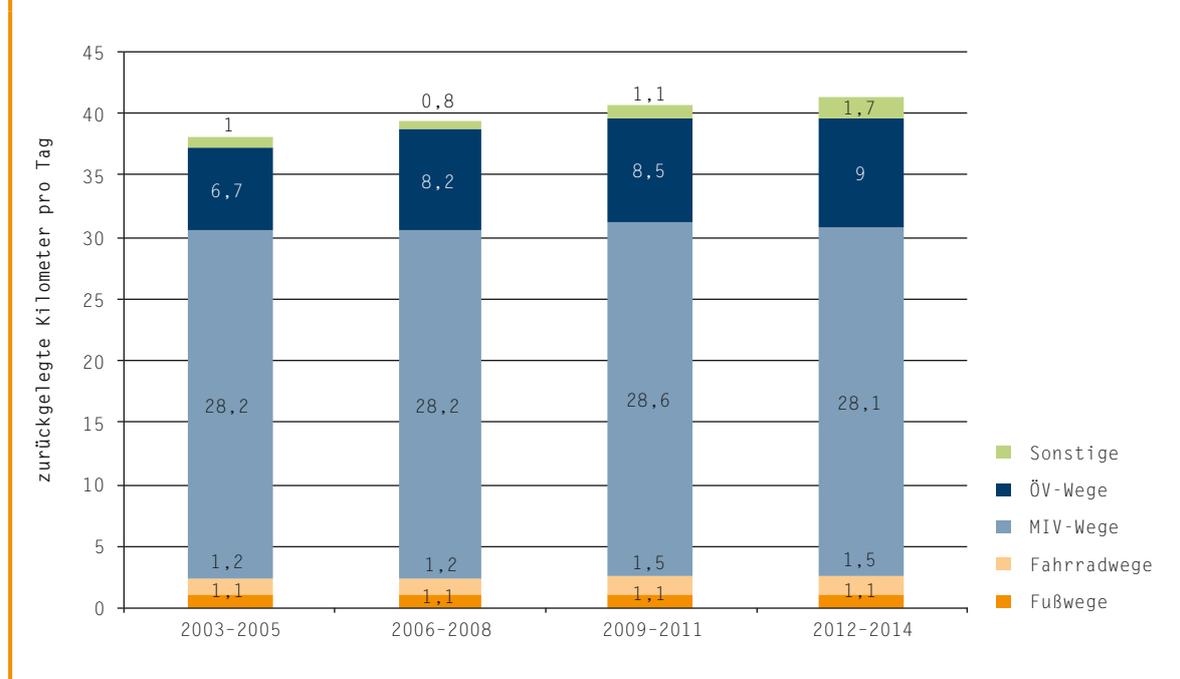
| Anteil nach Verkehrsmittel | Entwicklung in den letzten zehn Jahren  |
|----------------------------|---|
| Fußwege                    | Unter 35-Jährige: sehr geringe Zunahme<br>36- bis 60-Jährige: sehr geringe Abnahme<br>Über 60-Jährige: geringe, aber im Vergleich zur mittleren Altersgruppe deutlichere Abnahme    |
| Fahrradwege                | Bei allen Altersgruppen geringe Zunahme   |
| ÖV-Wege                    | Unter 35-Jährige: geringe Zunahme<br>36- bis 60-Jährige: sehr geringe Zunahme<br>Über 60-Jährige: keine Veränderung   |
| MIV-Wege                   | Unter 35-Jährige: im Vergleich zur minimalen Gesamtreduktion eine deutlich ausgeprägte Abnahme<br>36- bis 60-Jährige: sehr geringe Abnahme<br>Über 60-Jährige: sehr geringe Zunahme |

Quelle: Weiß et al. 2016; Ahrens 2014

Mit Blick auf die Verkehrsleistung (zurückgelegte Kilometer pro Tag) zeigt das Mobilitätspanel, dass diese in Deutschland in den letzten Jahren etwas anstieg (Weiß et al. 2016: 82f). Gleichzeitig blieb die Verkehrsleistung des MIV allerdings konstant, wäh-

rend die im Mittel zurückgelegte Fahrrad- und insbesondere ÖV-Distanz zunahm (siehe hierzu Abbildung 2.2). Der Anteil des MIV an der Verkehrsleistung sank also, während der Anteil des Fahrrads und des ÖV stieg.

**ABBILDUNG 2.2: ENTWICKLUNG DER VERKEHRSLEISTUNG NACH VERKEHRSMITTELN 2003 BIS 2014**



Quelle: in Anlehnung an Weiß et al. 2016: 82f auf Basis des Mobilitätspanels

Das Mobilitätspanel zeigt, dass diese verkehrsmittelbezogenen Entwicklungen stark von Einwohnern aus Großstädten bestimmt werden. Die Verkehrsleistung des ÖV stieg hier am stärksten und gleichzeitig sank die des MIV, während sie in Kleinstädten konstant blieb und in ländlichen Gebieten geringfügig zunahm (ebd.: 84). Abweichend vom Mobilitätspanel spiegelt sich die besondere Rolle der Großstädte in den Ergebnissen der SrV-Studie allerdings nur teilweise wider. Für die Verkehrsleistung des ÖV liegt hier keine Steigerung vor, während die Ergebnisse für das Fahrrad und den MIV (im letzteren Fall zumindest tendenziell) in die gleiche Richtung gehen (Ahrens 2014). Ein Grund für diese Abweichungen könnte sein, dass es sich bei der SrV um eine spezifische Auswahl von Städten handelt und die Ergebnisse folglich nicht immer ein repräsentatives Abbild für (Groß-)Städte liefern.

Analog zum Verkehrsaufkommen gibt es bei der Verkehrsleistung zudem Unterschiede zwischen den Trends bei den Jüngeren und den Älteren. Die Verkehrsleistung der Jüngeren ist in den letzten Jahren konstant geblieben, die der Älteren dagegen etwas gestiegen (Weiß et al. 2016: 16, 119). Außerdem gibt es empirische Hinweise, dass diese Entwicklungen bei den Jüngeren mit einem sinkenden MIV-Anteil und bei den Älteren mit einem steigenden MIV-Anteil einhergehen (Ahrens 2014; Zumkeller et al. 2011: 70ff; Kunert et al. 2012: 13).

### MULTIMODALITÄT

Von Multimodalität spricht man, wenn in einem bestimmten Zeitraum (üblicherweise eine Woche) unterschiedliche Verkehrsmittel genutzt werden (Deffner et al. 2014; Nobis 2014). „Multimodale“ zeichnen sich also dadurch aus, dass sie nicht auf ein Verkehrsmittel fixiert sind. Die oben aufgezeigten Veränderungen im Verkehrsverhalten bei den jungen Erwachsenen (weniger MIV und mehr ÖV/Fahrrad) könnten ein Zeichen dafür sein, dass bei dieser Altersgruppe ein Trend hin zu einem multimodaleren Verkehrsverhalten vorliegt. Verschiedene Studien stützen diese Vermutung (Streit et al. 2015; Zumkeller et al. 2011; Kunert et al. 2012; Kuhnimhof et al. 2012). Konkret in Zahlen ausgedrückt stellen beispielsweise Zumkeller et al. 2011 anhand der MOP-Daten fest: Der Anteil der Multimodalen bei den 18- bis 25-Jährigen liegt im Zeitraum 2006–2010 um fünf Prozentpunkte höher als im Zeitraum 1996–2000.

Gleichzeitig ermitteln sie eine deutliche Reduktion bei der ausschließlichen MIV-Nutzung (-14 Prozentpunkte) und Zuwächse bei denjenigen, die nur den ÖV oder nur das Fahrrad nutzen.

Streit et al. (2015) können zudem zeigen, dass der Trend hin zu mehr Multimodalität bei den jungen Erwachsenen unabhängig vom Wohnort (Stadt/Land), dem Geschlecht und der Autoverfügbarkeit vorhanden ist. Für Personen mit mittlerem Alter weisen die Studien ebenfalls auf einen Anstieg der Multimodalität hin, der aber im Vergleich zu den Jüngeren geringer ist. Darüber hinaus scheint der Trend hier in erster Linie von spezifischen Gruppen, Männer und Personen aus Großstädten, getragen zu werden (Streit et al. 2015). Für die Entwicklung bei den Älteren sind die Studien widersprüchlich. Während die Ergebnisse von Zumkeller et al. (2011) und Kunert et al. (2011) auf einen geringfügigen Anstieg der Multimodalität hinweisen, stellen Streit et al. (2015) eine leichte Reduktion fest.

### RESÜMEE

Der Überblick zeigt, dass bezogen auf die Gesamtbevölkerung in Deutschland meistens nur schwache Trends vorliegen. Ein anderes Bild ergibt sich jedoch, wenn bei der Betrachtung nach Altersgruppen differenziert wird, denn es liegen sowohl bei den Jüngeren als auch den Älteren deutlichere Trends vor. Zentral ist zudem, dass bei diesen beiden Altersgruppen unterschiedliche, teilweise sogar gegenläufige Entwicklungen ablaufen, was die geringen Veränderungen auf gesamtgesellschaftlicher Ebene erklärt. Die einzelnen beschriebenen Entwicklungen liefern für beide Altersgruppen ein relativ kohärentes Bild. Bei den jungen Erwachsenen liegt ein Trend weg vom MIV und hin zu einem multimodaleren Verkehrsverhalten vor. Bei den Älteren gibt es dagegen einen Trend hin zu einer stärkeren Pkw-Nutzung.

### 2.1.2.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung ist in einem ersten Schritt von Interesse, durch welche Faktoren die aktuellen Trends gespeist werden. Darauf aufbauend kann dann in einem zweiten Schritt erörtert werden, ob sich die Trends zukünftig fortsetzen und zu welchen Trendänderungen es kommen könnte.

Bezogen auf die Veränderungen bei den Jüngeren wird in der Literatur auf drei Faktorengruppen fokussiert (siehe z. B. Schönduwe et al. 2012; Ifmo 2011; Kuhnimhof et al. 2011). Die erste Gruppe umfasst strukturelle Einflussgrößen. Hierzu gehören:

- ▶ Veränderte sozioökonomische Bedingungen, sodass sich weniger junge Erwachsene ein eigenes Auto leisten können (z. B. geringere verfügbare Einkommen, höhere Wohnpreise in für junge Erwachsene attraktiven Stadtlagen),
- ▶ Biografische Veränderungen wie längere Ausbildungszeiten/späterer Berufseinstieg und spätere Familiengründung, die die Anschaffung eines Autos erschweren (Zeiten mit geringem Einkommen) bzw. weniger notwendig erscheinen lassen,
- ▶ Verstärkte Ab- bzw. Zuwanderung junger Erwachsener vom Land in Städte/urbane Regionen mit guter ÖV-Anbindung und -struktur in Kombination mit den Nachteilen des MIV in der Stadt (Staus und Parkplatzproblematik).

Als Zweites wird oft auf technische Neuerungen, vor allem im IKT-Bereich, verwiesen, die die ÖV-Nutzung einfacher (z. B. Handyticket) und attraktiver machen, da ÖV-Fahrzeiten durch sie besser genutzt werden können. Grundsätzlich stehen diese technischen Neuerungen jedem zur Verfügung. Bisher zeigt sich allerdings, dass die Jüngeren als Digital Natives die neuen technischen Möglichkeiten deutlich stärker nutzen (Bitkom 2015) und dementsprechend die damit einhergehenden Mobilitätsvorteile auch eher bei dieser Gruppe zum Tragen kommen.

Die dritte Gruppe sind Veränderungen der lebensstil- und mobilitätsspezifischen Orientierungen, also handlungsrelevante Einstellungen, die auch als „interne Faktoren“ bezeichnet werden. So wird berichtet, dass für die aktuelle Generation der 18- bis 30-Jährigen ein eigenes Auto einen geringeren Stellenwert besitzt als für frühere Generationen (Schönduwe et al. 2012). Als ein Grund hierfür wird angeführt, dass für die individuelle soziale Integration und die persönliche Stilisierung anstelle des Autos zunehmend der Besitz und die Nutzung von mobil anwendbaren I&K-Technologien, Smartphones und Tablets, entscheidend sind. Ein weiterer Grund könnte die pragmatischere Lebensorientierung sein, die laut Shell Jugendstudie die jüngere

Generation prägt (Albert 2010). Der vermutete Bedeutungsverlust des (eigenen) Autos wird durch Ergebnisse einer Repräsentativbefragung des ISOE gestützt, die im Abschnitt 2.1.3 dargestellt sind.

Auch wenn bezogen auf die Jüngeren in der Literatur bereits viele mögliche Ursachen diskutiert wurden, ist bislang unklar, welchen Stellenwert die einzelnen Einflussgrößen für die Erklärung der Veränderungen haben. Anders verhält es sich mit der Erklärung der Veränderungen bei den Älteren. Als zentrale Ursachen wird hierfür übereinstimmend auf einen Kohorteneffekt verwiesen, d. h. mobilere und stärker auto-sozialisierte Kohorten mit höherer Führerschein- und Autobesitzquote kommen ins Seniorenalter und behalten dann diesen Lebens- und Mobilitätsstil bei (Weiß et al. 2016; Kunert et al. 2011).

Doch welche zukünftigen Entwicklungen sind nun denkbar? Bezüglich der IKT-Affinität und Nutzung ist davon auszugehen, dass sich hier die Unterschiede zwischen den Jüngeren und Älteren weiter verringern werden. Zum einen, weil der Aneignungsprozess bei den mittleren und älteren Altersgruppen weiter voranschreiten wird und zum anderen, weil die Digital Natives älter werden und es somit zu entsprechenden Kohorteneffekten kommt. Da die IKT-Nutzung ein Leben ohne eigenes Auto und Multimodalität leichter macht, könnte dies bei den älteren Altersgruppen Tendenzen in Richtung solcher Verhaltensweisen verstärken bzw. erzeugen. Eine solche Entwicklung könnte dadurch verstärkt werden, dass die weniger auto-affinen Mobilitätsorientierungen der Jüngeren langsam durch das Älterwerden der Einstellungsträger über alle Alterskohorten hinweg sichtbar werden. In diesem Zusammenhang stellt sich allerdings die Frage, ob diese „neuen“ Orientierungen dann an Wirkungskraft verlieren, wenn sich in späteren Lebensphasen durch äußere Zwänge (z. B. Familiengründung, berufliche Wege) ein Leben ohne eigenes Auto schwieriger gestaltet (Scheiner; Holz-Rau 2015, Schneider et al. 2002).

Mit Blick auf die durchgeführten Experteninterviews ist interessant, dass der Einfluss von IKT-Neuerungen und Mobilitätsorientierungen unterschiedlich eingeschätzt wurde. Ein Experte sah die Entwicklungen im IKT-Bereich und veränderte Mobilitätsorientierungen als zentrale Einflussgrößen für das zukünftige Verkehrsverhalten an. Dabei geht er davon aus, dass die Menschen in 20 bis 30 Jahren eine sogenannte „Mobi-

litäts-Cloud“ mit sich führen werden: *„Die Mobilitäts-Cloud wird dafür sorgen, dass wir gar nicht mehr entscheiden müssen, welches Verkehrsmittel wir brauchen oder nutzen müssen, dass wir uns im Grunde genommen gar nicht mehr Gedanken machen müssen, wie kommen wir jetzt von A nach B, sondern dass das durchaus in hohem Maße selbstgesteuert funktioniert – sofern wir das möchten.“* Getrieben durch solche IKT-Neuerungen, die unabhängig vom Besitz von Verkehrsmitteln den Zugang zu vernetzter Mobilität ermöglichen, werde die Bedeutung des eigenen Autos zurückgehen und pragmatische Einstellungen zu den Verkehrsmitteln werden gefördert. Das heißt, es werde situativ darum gehen, was ist das schnellste, praktikabelste und kostengünstigste Verkehrsmittel, und dies werde aufgrund von IKT und neuen Mobilitätsdienstleistungen oft nicht das (eigene) Auto sein. Dementsprechend geht er davon aus, dass es in den kommenden Jahrzehnten im Mobilitätsbereich zu deutlichen Veränderungen kommt. Zentral hierbei werde sein, dass die Bedeutung des Autos sich deutlich verringere. *„In 20 bis 30 Jahren wird das Auto wirklich nur noch eine sehr komplementäre Rolle spielen.“*

Die Bedeutung von IKT und Mobilitätsorientierungen wurden auch in einem zweiten Interview hervorgehoben. Allerdings hielt der Gesprächspartner es zugleich für ernüchternd, dass unter diesen eigentlich guten Voraussetzungen in den letzten Jahren keine größere Abkehr vom MIV stattgefunden hat. Er sieht diese Aspekte daher eher im Sinne eines großen Potenzials, das bislang bei weitem noch nicht ausgeschöpft sei und zeigt sich zugleich skeptisch, ob dies zukünftig in stärkerem Maße erfolgt bzw. besser gelingt. So müsste seiner Ansicht nach vor allem das Carsharing und ähnliche Dienstleistungen stärker gefördert werden, denn so ließe sich die Mobilität effizienter und mit weitaus weniger Autos organisieren. Einen weiteren kritischen Punkt sieht er in möglichen Rebound-Effekten: *„Also wenn jetzt vielleicht das Auto weniger relevant ist, dann nutzt man sicherlich das frei gewordene Kapital, um das dann wiederum für andere Wege einzusetzen.“*

In einem weiteren Interview wurde die Rolle der IKT-Neuerungen für die aktuellen und zukünftigen Entwicklungen weniger stark betont und der Einfluss von Veränderungen im Bereich der Orientierungen wurde eher als gering bewertet. Der Experte hob stattdessen die Bedeutung der strukturellen Faktoren hervor.

Dementsprechend sieht er für die zukünftige Entwicklung des Verkehrsverhaltens die Frage als zentral an, wie die Siedlungsentwicklung voranschreitet. So dürfte es seiner Einschätzung nach wieder zu einer stärkeren Pkw-Nutzung kommen, wenn der Trend hin zu den Städten abreißt und wieder eine stärkere Suburbanisierung erfolgt. Des Weiteren heißt das für ihn, dass sich stärkere Effekte vor allem durch ökonomische Restriktionen erzielen ließen. Eine weitere Option sieht er in Investitionen auf der Angebotsseite, was seiner Ansicht nach aber aufgrund vorliegender Finanzierungsprobleme schwierig sei. Mit Blick auf die Neuerungen im IKT-Bereich sieht er die Chance, dass durch softwareunterstützte Mitfahrangebote der Pkw-Besetzungsgrad erhöht werden kann. Insbesondere auf dem Land ließen sich so erhebliche Effizienzgewinne ökologischer und ökonomischer Art erzielen. Insgesamt erwartet dieser Experte aber keine schnellen Wandlungsprozesse im Verkehrsverhalten.

Hierzu passt auch, dass er eine Fortsetzung des Trends bei der Motorisierungsrate (also ein leichter Anstieg) für die nächsten Jahre annimmt. Als Ursache sieht er hierfür den Kohorteneffekt bei den Älteren. Bei den Männern sei dieser fast abgeschlossen; bei den Frauen wird er aber noch einige Jahre anhalten. Eine Umkehr des Trends bei den Älteren könnte seiner Ansicht nach durch das stagnierende Rentenniveau und die damit einhergehende geringe Zahlungsfähigkeit erfolgen. Seiner Einschätzung nach dürften manche Rentner dann vor der Frage stehen: *„Was ist mir die Flexibilität des eigenen Autos wert?“* Carsharing könnte dann für solche Rentner eine interessante Alternative sein, was zu entsprechenden Veränderungen im Verhalten führen könnte. In diesem Zusammenhang darf nach Ansicht der Autoren allerdings nicht unbeachtet bleiben, dass auch hinter einem Kohorteneffekt letztendlich immer Entscheidungen und Einstellungen stehen. So ist das Auto für viele Ältere ein starkes Symbol des sozialen Dabeiseins und der Abschied von ihm wird als endgültiger Lebenschnitt interpretiert. Dies umso mehr, als das soziale Umfeld der Älteren durch typische Schlüsselereignisse des Alterns geprägt ist (z. B. aufkommende chronische Krankheiten), die zu einem erzwungenen Autoverzicht führen können (vgl. Kirsch 2015). Ein möglicher Abschied vom Auto wird dann von einem Teil der Älteren in einem ganz anderen inhaltlichen Kontext gesehen als wenn Jüngere die Entscheidung treffen, ohne Auto zu leben.

### 2.1.2.3. FAZIT MIT BLICK AUF EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Der Überblick zu den aktuellen Entwicklungen beim Verkehrsverhalten verdeutlicht: Es bestehen Trends, die bezogen auf die Zielsetzung einer nachhaltigeren Entwicklung des Verkehrs gegenläufig sind. Während bei den Jüngeren Schritte hin zu einer umweltverträglicheren Mobilität in den letzten Jahren stattgefunden haben, fand bei den Älteren eine gegenläufige Entwicklung statt. Aus der Diskussion zur zukünftigen Entwicklung geht hervor, dass für eine Verstetigung des Prozesses bei den Jüngeren und für eine zumindest langsame Ausdehnung dieser Trends auf die älteren Gruppen gute Voraussetzungen bestehen. Eine zentrale Unsicherheit stellt hierbei allerdings die Siedlungsentwicklung dar. Das heißt, sollte sich der Trend hin zur Stadt umkehren, wird dies den Weg in Richtung einer nachhaltigen Mobilität erschweren. Zugleich wird dadurch unterstrichen, dass für einen umfassenden Wandel spezielle Instrumente für den ländlichen Raum notwendig sind. Ein Schlüsselement könnten hier IKT-gestützte Mitfahrangebote sein. Weiteres Potenzial liefern zudem die möglichen Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens (siehe hierzu Abschnitt 2.1.6).

### 2.1.3. MOBILITÄTSORIENTIERUNGEN

#### 2.1.3.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Um den aktuellen Stand bei den Mobilitätsorientierungen darzustellen, wird im Folgenden auf Befragungsergebnisse aus einer ISOE-Studie zu Mobilität und IKT zurückgegriffen. Es handelt sich um eine bundesweit repräsentative Online-Befragung in Kombination mit Face-to-Face-Interviews. Die Erhebung fand im Spätherbst 2014 statt. Die gewichtete Fallzahl der Studie beträgt 1.088 Personen.<sup>7</sup> Zur Erfassung von Mobilitätsorientierungen beinhaltete der Fragebogen zahlreiche Einstellungsitems. Diese wurden mithilfe von Faktorenanalysen zu den folgenden Mobilitätsorientierungen verdichtet:

- ▶ Autoaffinität wegen Freiheit und Flexibilität. Beispielitem: „Nur mit dem Auto fühle ich mich wirklich unabhängig.“
- ▶ Eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration. Beispielitem: „Ohne eigenes Auto verliert man im Freundes- und Bekanntenkreis schnell den Anschluss.“
- ▶ Auto als Mittel zur Stilisierung. Beispielitem: „Ich würde niemals ein Auto fahren, das nicht zu mir passt.“
- ▶ Affinität zu Carsharing. Itembeispiel: „Ein Auto mit anderen zu teilen, wie zum Beispiel beim Carsharing, finde ich umständlich.“
- ▶ Wohlempfinden im ÖV. Beispielitem: „Es stört mich sehr, dass man im öffentlichen Verkehr oft mit unangenehmen Menschen konfrontiert ist.“
- ▶ Fahrrad-Affinität. Beispielitem: „Auf kurzen Strecken ist das Fahrrad für mich das ideale Verkehrsmittel.“
- ▶ Affinität zu Multioptionalität: Beispielitem: „Für mich ist es selbstverständlich, – je nach Situation – immer wieder unter mehreren Verkehrsmitteln auszuwählen.“

Des Weiteren enthielt die Befragung Items zur Messung des verkehrsbezogenen und des allgemeinen Umweltbewusstseins. Außerdem wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gefragt, wie wichtig für sie persönlich bestimmte Verkehrsmittel sind (z. B. das eigene Auto oder Carsharing).

Betrachtet man zunächst einmal die Relevanzeinschätzungen bezüglich der Verkehrsmittel, zeigt sich, dass ein eigener Pkw weiterhin von einer großen Mehrheit der Bevölkerung als wichtig angesehen wird (76%). Gleichzeitig ist das eigene Auto das Verkehrsmittel mit den höchsten Zustimmungswerten. Etwas dahinter folgen ein guter ÖPNV (72%) und ein eigenes Fahrrad (64%). Angebote wie Car- bzw. Bikesharing werden dagegen – konträr zu den hohen Wachstumszahlen und der breiten öffentlichen Diskussion – bislang nur von einer kleinen Minderheit als wichtig bewertet (6% bzw. 9%).

Die weiterhin hohe Autoaffinität spiegelt sich auch beim Faktor „Autoaffinität wegen Freiheit und Flexibilität“ wider. Denn eine deutliche Mehrheit der Befragten stimmt bei den Items zu diesem Faktor jeweils

<sup>7</sup> Die ungewichtete Fallzahl beträgt 1.389 Personen. Der Unterschied kommt dadurch zustande, dass in der Studie Personen zwischen 18 und 39 Jahren überproportional häufig befragt wurden, damit für diese Generation ausreichend Fälle für die Analysen zur Verfügung stehen. Für Aussagen bezogen auf die Gesamtbevölkerung müssen die Daten daher entsprechend gewichtet werden.

zu<sup>8</sup>. Etwas weniger als 50 % der Bevölkerung sehen im Auto ein Mittel zur Stilisierung der eigenen Person. Außerdem sehen etwa 35 % im eigenen Auto eine Bedingung für die soziale Integration. Auch wenn Carsharing nur von einer kleinen Minderheit als wichtig erachtet wird, liegt doch immerhin bei 30 % der Befragten eine gewisse Carsharing-Affinität vor. Noch höher ist die Affinität gegenüber dem Fahrrad. Etwa 60 bis 65 % stimmen bei den entsprechenden Items jeweils zu. Beim Faktor Wohlempfinden im ÖV äußern je nach Item etwa 50 bis 55 % der Befragten Unbehagen. Schlussendlich verdeutlichen die Items zur Multioptionalität, dass eine entsprechende Affinität bei etwas mehr als der Hälfte der Bevölkerung vorliegt.

Ergänzend wurde eine spezielle Analyse für die Befragten aus Baden-Württemberg durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Affinität zum (eigenen) Auto hier tendenziell etwas höher ist (verglichen mit den Mittelwerten für Deutschland). Der deutlichste Unterschied liegt für den Faktor „eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration“ vor. Insgesamt sind die Unterschiede zum bundesweiten Durchschnitt aber nicht besonders groß.

Mit Blick auf die oft geäußerte These, die Mobilitätsorientierungen der Jüngeren hätten sich in Richtung geringere Autoaffinität gewandelt, wurde in einem weiteren Schritt untersucht, inwiefern sich die Mobilitätsorientierungen der Jüngeren (18 bis 29 Jahre) von denen der älteren Alterskohorten unterscheiden. Ein Überblick über die Ergebnisse liefert Tabelle 2.2. Bei einigen Faktoren liegen Unterschiede vor, die im Sinne der geäußerten These sind: So haben die Jüngeren sowohl bei der freiheitsbezogenen Auto-Affinität als auch beim Faktor „eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration“ (mit) die geringste Ausprägung und bei der Affinität zur Multioptionalität nehmen sie eine Vorreiterrolle ein. Interessant ist, dass bezüglich der Stilisierungsfunktion keine Unterschiede vorliegen, obgleich dieser Aspekt häufig im Rahmen der Diskussion zu den veränderten Orientierungen hervorgehoben wird. Die Veränderungen scheinen außerdem nicht mit einem stärkeren Wohlempfinden im ÖV einherzugehen. Des Weiteren gibt es Anzeichen, dass stärkere Umweltorientierungen nicht die Ursache für die geringere Auto-Affinität sind. Weitere Auswertungen zeigen nämlich, dass sowohl das allgemeine als auch das verkehrsbezogene Umweltbewusstsein der 18- bis 29-Jährigen durchschnittlich ist.

**TABELLE 2.2: ÜBERBLICK ZU MOBILITÄTSORIENTIERUNGEN UND AUSPRÄGUNG NACH ALTERSGRUPPE**

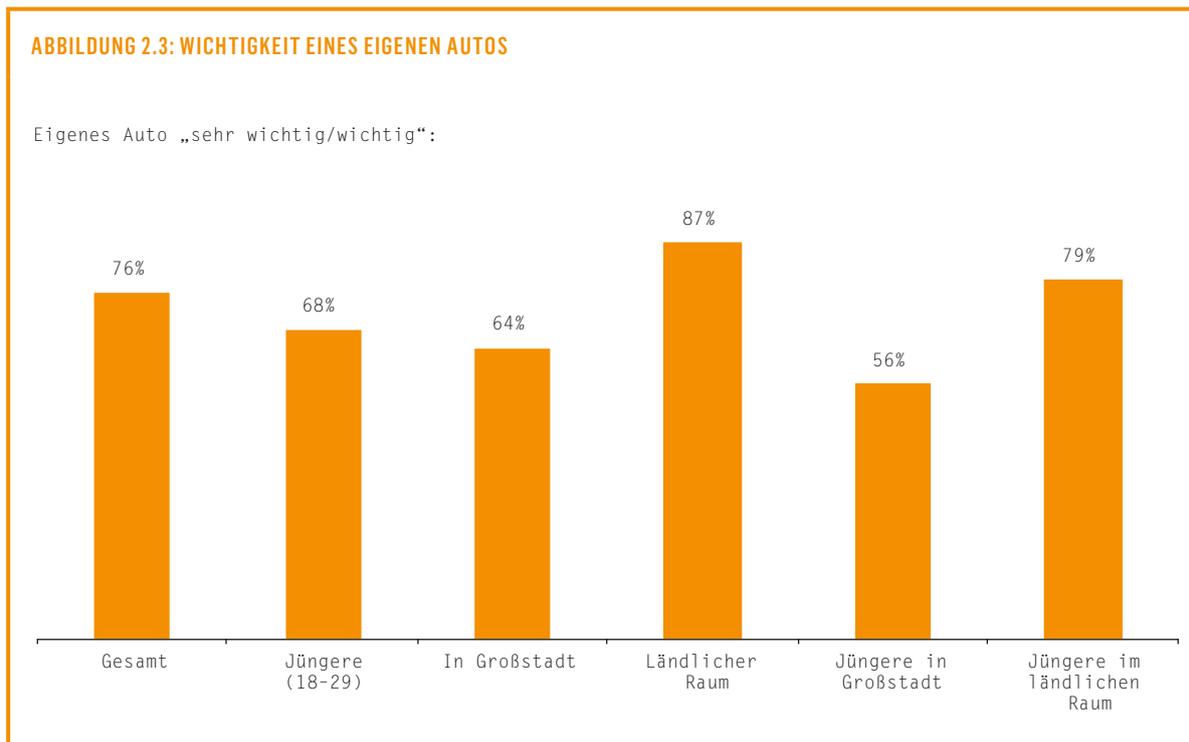
| Mobilitätsorientierungen                           | Ausprägung nach Alter  |
|--|--|
| Autoaffinität wegen Freiheit und Flexibilität      | Ist bei der jüngsten und bei der ältesten Altersgruppe am niedrigsten.   |
| Eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration | Ist bei den 18- bis 29-Jährigen am schwächsten ausgeprägt.   |
| Auto als Mittel zur Stilisierung                   | Hier gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen.                          |
| Affinität zu Carsharing                            | Die 18- bis 29-Jährigen haben von allen Altersgruppen die höchste Carsharing-Affinität.                        |
| Wohlempfinden im ÖV                                | Für die Jüngeren liegt hier ein durchschnittlicher, tendenziell sogar leicht unterdurchschnittlicher Wert vor. |
| Fahrrad-Affinität                                  | Hier gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen.                          |
| Affinität zu Multioptionalität                     | Die 18- bis 29-Jährigen haben hier die stärkste Ausprägung.  |

Quelle: ISOE-Eigenprojekt Mobilität & IKT, eigene Darstellung

<sup>8</sup> Die Items wurden mit einer 4er-Skala abgefragt: „trifft voll und ganz zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft überhaupt nicht zu“. Diese und die folgenden Angaben beziehen sich immer auf die zusammengefassten Anteile für die Kategorien „trifft voll und ganz zu“ und „trifft eher zu“.

Die weniger autoaffine Einstellung der Jüngeren zeigt sich auch bei den Einstufungen zur Wichtigkeit der Verkehrsmittel (siehe hierzu Abbildung 2.3). Im Vergleich zur Gesamtbevölkerung stufen die Jüngeren ein eigenes Auto als weniger wichtig ein. Dabei ist bemerkenswert, dass dieser Effekt nicht nur für Großstädte gilt, sondern auch für den ländlichen Raum.

Es kann somit festgehalten werden: Die Jüngeren unterscheiden sich in ihren Mobilitätsorientierungen von den älteren Kohorten. Dies könnte, wenngleich für einen besseren Beleg Längsschnittdaten notwendig wären, ein Zeichen für einen Wandel der Mobilitätsorientierungen sein.



Quelle: ISOE-Eigenprojekt Mobilität & IKT, eigene Darstellung

### 2.1.3.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Die zukünftige Entwicklung der Mobilitätsorientierungen wurde schon im Kapitel zum Verkehrsverhalten (Abschnitt 2.1.2) angesprochen. Es ist wahrscheinlich, dass die veränderten Mobilitätsorientierungen sich über Kohorteneffekte langsam auf alle Altersgruppen ausdehnen. Dabei ist aber unklar, ob die Wirkungskraft der Veränderungen bestehen bleibt, wenn in späteren Lebensphasen verstärkt äußere Zwänge (z. B. Familiengründung, berufliche Wege) auftreten,

die ein Leben ohne eigenes Auto schwieriger gestalten. Letzteres heißt, dass die Akteure sich aufgrund der äußeren Umstände gezwungen sehen, entgegen ihrer Orientierungen zu handeln. Über einen solchen Effekt hinaus könnten die veränderten Lebensumstände aber auch bewirken, dass eine Anpassung der Orientierungen erfolgt. Denn die Orientierungen besitzen zwar eine gewisse Stabilität, sind aber selbstverständlich zugleich mitbeeinflusst und gestützt durch strukturelle Faktoren (Götz et al. 2011). In den Analysen im nächsten Abschnitt wird dies bezogen auf die Variable Kinder im Haushalt deutlich werden.

In den Interviews ging ein Experte davon aus, dass sich die Mobilitätsorientierungen in Zukunft noch weiter Richtung einer geringeren Autofixierung wandeln werden. Dieser Prozess, so seine Einschätzung, wird auch solche Bevölkerungsgruppen betreffen, die bislang stark autoorientiert sind. *„Auch gerade in dem Segment derjenigen, die irgendwie jetzt lange Jahre und Jahrzehnte es gewohnt waren, dass nur ein großes Auto Prestige mit sich bringt und dass das irgendwie dazugehört – auch da findet ein Umdenken statt.“* Wie im Abschnitt 2.1.2 bereits erwähnt, sieht er als Treiber für den Wandel der Orientierungen IKT-Neuerungen, die unabhängig vom Besitz von Verkehrsmitteln den Zugang zu vernetzter Mobilität ermöglichen. In einem anderen Interview wurden weitere Faktoren genannt, die einen solchen Wandel der Orientierungen mitverursachen könnten. Der Experte verwies zum einen darauf, dass viele junge Leute davon ausgehen, in Zukunft nicht mehr so viel zu verdienen wie ihre Eltern. Dies führe

dazu, dass diese Jugendlichen sich darauf einstellen, mit etwas weniger zurechtzukommen, was wiederum in einer geringen Affinität gegenüber einem eigenen Auto und einer positiven Einstellung gegenüber multimodaler Mobilität zum Ausdruck kommen kann. Zum anderen hebt er veränderte Präferenzen bezüglich der Mobilitätsziele hervor. Denn für Reiseziele wie Thailand oder Bali, die heute für viele interessant sind, ist ein eigenes Auto nicht mehr von Bedeutung.

Bei zwei anderen Experten lässt sich eher Skepsis gegenüber großen zukünftigen Wandlungsprozessen bei den Mobilitätsorientierungen herauslesen. Hier wurde auf die Persistenz von bestehenden Leitbildern verwiesen. Darüber hinaus hielt einer dieser Experten es für möglich, dass Reaktionen der Automobilindustrie eine solche Entwicklung verhindern bzw. stoppen könnten.



### 2.1.3.3. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MOBILITÄTS-ORIENTIERUNGEN UND VERKEHRSVERHALTEN

Für eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität ist eine Veränderung der Mobilitätsorientierungen selbstverständlich nur dann relevant, wenn von den Orientierungen entsprechende Effekte auf das Verkehrsverhalten ausgehen. Zahlreiche bisherige Studien belegen, dass ein solcher Einfluss der Mobilitätsorientierungen vorliegt (siehe für einen Überblick zu solchen Studien Götz et al. 2016). Darüber hinaus lässt sich dies auch anhand der Daten aus dem Projekt „Mobilität und IKT“

aufzeigen. Um den Einfluss der oben vorgestellten Mobilitätsorientierungen auf das Verkehrsverhalten zu untersuchen, haben die Autoren mit diesen Daten ordinale logistische Regressionsmodelle berechnet, die als abhängige Variable einen Verkehrsverhaltensindex umfassen. Der Index basiert auf den erhobenen Häufigkeitsangaben zur Pkw-Nutzung als Fahrer oder Mitfahrer, zur ÖV-Nutzung und zur Rad-Nutzung. Er ist so kodiert, dass höhere Werte ein stärker autofixiertes Verkehrsverhalten anzeigen. Die einzelnen Kategorien, die Kodierung und die jeweiligen Zuordnungskriterien sind in Tabelle 2.3 aufgeführt.

**TABELLE 2.3: VERKEHRSVERHALTENSINDEX NACH HÄUFIGKEITSANGABEN**

| Kategorien                       | kodierter Indexwert | Zuordnungskriterien  |
|----------------------------------|---------------------|--|
| ÖV/Fahrrad fokussiert            | 1                   | Mindestens wöchentliche ÖV/Fahrrad-Nutzung und Auto-Nutzung (als Fahrer oder Mitfahrer) seltener als wöchentlich           |
| ÖV/Fahrrad betont                | 2                   | Häufigere ÖV/Fahrrad- als Auto-Nutzung, aber mindestens wöchentliche Auto-Nutzung (als Fahrer oder Mitfahrer)              |
| ÖV/Fahrrad und Auto ausgeglichen | 3                   | ÖV/Fahrrad-Nutzung und Auto-Nutzung (als Fahrer oder Mitfahrer) gleich häufig, jeweils mindestens wöchentlich              |
| Auto betont                      | 4                   | Häufigere Auto-Nutzung (als Fahrer oder Mitfahrer) als ÖV/Fahrrad-Nutzung; aber mindestens wöchentliche ÖV/Fahrrad-Nutzung |
| Auto fokussiert                  | 5                   | Mindestens wöchentliche Auto-Nutzung (als Fahrer oder Mitfahrer) und ÖV/Fahrrad-Nutzung seltener als wöchentlich           |

Quelle: eigene Darstellung

Eine sechste Kategorie stellen die wenig Mobilen dar (ÖV/Fahrrad/Auto als Fahrer/Auto als Mitfahrer, jeweils seltener als wöchentlich), die bei den folgenden Analysen aber außen vor bleiben.

Neben den Mobilitätsorientierungen werden bei den Regressionsanalysen auch drei soziodemografische Einflussgrößen einbezogen: das Nettoäquivalenzeinkommen (nach Haushaltsgröße gewichtetes Haushaltseinkommen), der Wohnort (Stadt/Land) und ob Kinder im Haushalt sind<sup>9</sup>. Dies erlaubt, den Einfluss der Mobilitätsorientierungen im Verhältnis zu diesen

Größen zu betrachten. Das erste Regressionsmodell beschränkt sich auf die drei soziodemografischen Variablen. Es liegen die erwarteten Zusammenhänge vor: Das Einkommen hat einen positiven Einfluss (also mit höherem Einkommen steigt die Autofixierung beim Verhalten), der Wohnort Stadt einen negativen (Autofixierung sinkt) und das Vorhandensein von Kindern wiederum einen positiven (Autofixierung steigt). Als Maß für die Erklärungskraft<sup>10</sup> ist bei allen Modellen der Wert für Nagelkerkes Pseudo R<sup>2</sup> angegeben. Das Maß kann Werte von 0 bis 1 einnehmen, wobei höhere Werte eine bessere Erklärungskraft an-

<sup>9</sup> Außerdem umfassen alle Modelle als Kontrollvariable das Alter (in Tabelle 2.4 nicht abgebildet), da die Analysen auf dem ungewichteten Datensatz basieren.

<sup>10</sup> Mit Erklärungskraft ist gemeint, wie gut mit dem geschätzten Modell das empirisch gemessene Verkehrsverhalten bestimmt werden kann.

zeigen<sup>11</sup>. In den Modellen 2 bis 8 wurde jeweils eine Mobilitätsorientierung hinzugefügt. Es zeigt sich, dass von allen ein signifikanter Einfluss ausgeht. Außerdem liegt jeweils die erwartete Einflussrichtung vor. So besitzt der Faktor „eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration“ einen positiven und die Affinität zur Multioptionalität einen negativen Einfluss auf die Autofixierung. Mit Blick auf Pseudo R<sup>2</sup> wird zudem deutlich, dass in allen Modellen die Orientierungen zusätzliche Erklärungskraft liefern. Hierbei hebt sich insbesondere der Faktor „Autoaffinität wegen Freiheit und Flexibilität“ hervor. Er führt zu einer enormen Steigerung der Erklärungskraft. Der Wert von Pseudo R<sup>2</sup> erhöht sich von 0,16 auf 0,52. Eine nur geringfügige Steigerung der Erklärungskraft liegt dagegen bei der Orientierung „Auto als Mittel zur Stilisierung“ vor. Weiter zeigt sich, dass der Effekt des Vorhandenseins von Kindern nicht mehr signifikant ist, wenn die freiheitsbezogene Autoaffinität oder der Faktor „eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration“ hinzugefügt wird. Dies kann so

interpretiert werden, dass diese Orientierungen durch den Umstand, ob Kinder im Haushalt sind, mitgeprägt sind und dieser Strukturaspekt somit über die beiden Orientierungen mit einfließt. In Modell 9 sind zusätzlich zu den soziodemografischen Variablen alle Mobilitätsorientierungen enthalten. Da die Orientierungen teilweise stärker miteinander korrelieren, ist in diesem Modell bei einigen Orientierungen der Effekt nicht mehr signifikant. Das heißt, ihr Effekt ist bereits über andere Orientierungen abgedeckt. Die Erklärungskraft dieses Modells kann als sehr gut bezeichnet werden (Nagelkerkes Pseudo R<sup>2</sup> = 0,59) und es zeigt, dass mithilfe der Mobilitätsorientierungen die Erklärungskraft erheblich gesteigert wird.

Die Analysen unterstreichen also die Bedeutung der Mobilitätsorientierungen für die Erklärung des Verkehrsverhaltens und verdeutlichen damit, warum es wichtig ist, sie bei Szenarien und Strategien zu einer nachhaltigeren Mobilität zu berücksichtigen.

**TABELLE 2.4: EINFLUSS DER MOBILITÄTSORIENTIERUNGEN AUF DAS VERKEHRSVERHALTEN**

|   | Modell 1 | Modell 2 | Modell 3 | Modell 4 | Modell 5 | Modell 6 | Modell 7 | Modell 8 | Modell 9 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Einkommen</b>  | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        | +        |
| <b>Wohnort Stadt</b>                                      | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| <b>Kinder sind im Haushalt</b>                            | +        | n. sig.  | n. sig.  | +        | +        | +        | +        | +        | n. sig.  |
| <b>Autoaffinität wegen Flexibilität und Freiheit</b>      |          | +        |          |          |          |          |          |          | +        |
| <b>Eigenes Auto als Bedingung für soziale Integration</b> |          |          | +        |          |          |          |          |          | n. sig.  |
| <b>Auto als Mittel zur Stilisierung</b>                   |          |          |          | +        |          |          |          |          | n. sig.  |
| <b>Affinität zu Carsharing</b>                            |          |          |          |          | -        |          |          |          | n. sig.  |
| <b>Wohlempfinden im ÖV</b>                                |          |          |          |          |          | -        |          |          | n. sig.  |
| <b>Fahrrad-Affinität</b>                                  |          |          |          |          |          |          | -        |          | -        |
| <b>Affinität zu Multioptionalität</b>                     |          |          |          |          |          |          |          | -        | -        |
| <b>Nagelkerkes Pseudo R<sup>2</sup></b>                   | 0,16     | 0,52     | 0,24     | 0,17     | 0,23     | 0,25     | 0,31     | 0,27     | 0,59     |
| <b>Fallzahl n</b>   | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    | 1.271    |

+ bedeutet positiver statistisch signifikanter Effekt (steigende Werte bzw. Vorhandensein des Zustands führen zu einer stärkeren Autofixierung beim Verkehrsverhalten); - bedeutet negativer statistisch signifikanter Effekt; n. sig. meint: Es liegt kein statistisch signifikanter Zusammenhang vor; schattiertes Feld bedeutet: Variable nicht im Modell enthalten

Quelle: Ordinale logistische Regressionen, eigene Darstellung

<sup>11</sup> Bei einem Wert von 0 (null) liegt also keinerlei Erklärungskraft vor, während der Wert 1 anzeigt, dass die abhängige Variable mit dem geschätzten Modell vollständig erklärt werden kann. Sehr hohe Werte nahe 1 werden in sozialwissenschaftlichen Kontexten allerdings so gut wie nie erzielt. Man spricht daher bereits ab Werten von 0,5 von einer sehr guten Erklärungskraft.

## 2.1.4. RAUMSTRUKTUREN UND RÄUMLICHE ENTWICKLUNG

Die räumliche Entwicklung in Bezug auf Trends und zukünftige Veränderungen ist von großer Bedeutung für Mobilität und Verkehr. Wir verstehen Raumstrukturen sowohl als Faktor, der sich auf das Verkehrsverhalten auswirkt, zugleich aber auch als ein Phänomen, das durch Handeln hergestellt wird (vgl. Deffner et al. 2015; Kruse 2010, Löw und Sturm 2005, Löw 2001).

Diese Interdependenz macht deutlich, wie schwierig es ist, Veränderungspotenziale tatsächlich abzuschätzen und umzusetzen. Gleichzeitig weisen die Raumstrukturen auch sehr langfristige zeitliche Veränderungshorizonte auf. Raumstrukturen und Infrastrukturen können selbst unter der Annahme von verfügbaren finanziellen Ressourcen nicht in beliebig kurzer Zeit verändert werden. Städte und Dörfer in Deutschland sind gebaut und neue Leitbilder der Siedlungsentwicklung benötigen Jahrzehnte der Umsetzung. Dies liegt nicht nur an langen Planungsprozessen, sondern am Gegenstand immobiler Strukturen selbst. Einmal gebaute Straßen, Plätze und Häuser können nicht – wie zum Beispiel eine Ampelschaltung – von heute auf morgen verändert werden. Diese Zeithorizonte stehen in starkem Gegensatz zu einem sich innerhalb weniger Jahre wandelnden Mobilitätsmarkt. Umso mehr verstärken die bis heute gebauten, überwiegend an automobiler Erreichbarkeit orientierten Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturen die Pfadabhängigkeit noch weiter.

Die Vielfalt der Einflussfaktoren und Wechselwirkungen von räumlichen Parametern ist enorm. Die An- oder Abwesenheit und Dichte bzw. Verteilung von Infrastrukturen, Versorgungsangeboten, Arbeitsplätzen etc. können nachhaltige Siedlungs- und Verkehrsentwicklung und damit verkehrssparsame Mobilität ermöglichen oder hemmen. Ein Beispiel: Das Schaffen von sehr dichten Siedlungen mit hoher Nutzungsmischung ermöglicht zwar kurze Wege und damit geringe Verkehrsemissionen. Dichte kann aber im Widerspruch zu hoher Aufenthaltsqualität und den ökologischen und sozialen Funktionen von Freiräumen in Städten stehen. Gegebenenfalls werden neue Nutzungskonflikte zwischen den Funktionen brisanter (wie stark sind Wohnen, Gewerbe, Versorgung und Entsorgung durchmischte?). Zusätzlich können die komplexen Zusammenhänge ausgeblendet werden, die sich durch wirtschaftliche Verflechtungen ergeben (Arbeitsplatzverteilung, Standortpolitik von Unternehmen, globale Produktionsprozesse).

### 2.1.4.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Der Landesentwicklungsplan in Baden-Württemberg (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2002) geht von vier unterschiedlichen *räumlichen Strukturkategorien* aus (vgl. Abbildung 2.4). Die vier Kategorien stellen vor allem Abstufungen der Siedlungsverdichtung (baulich und Bevölkerung), aber auch raumstrukturelle Verflechtungen dar.

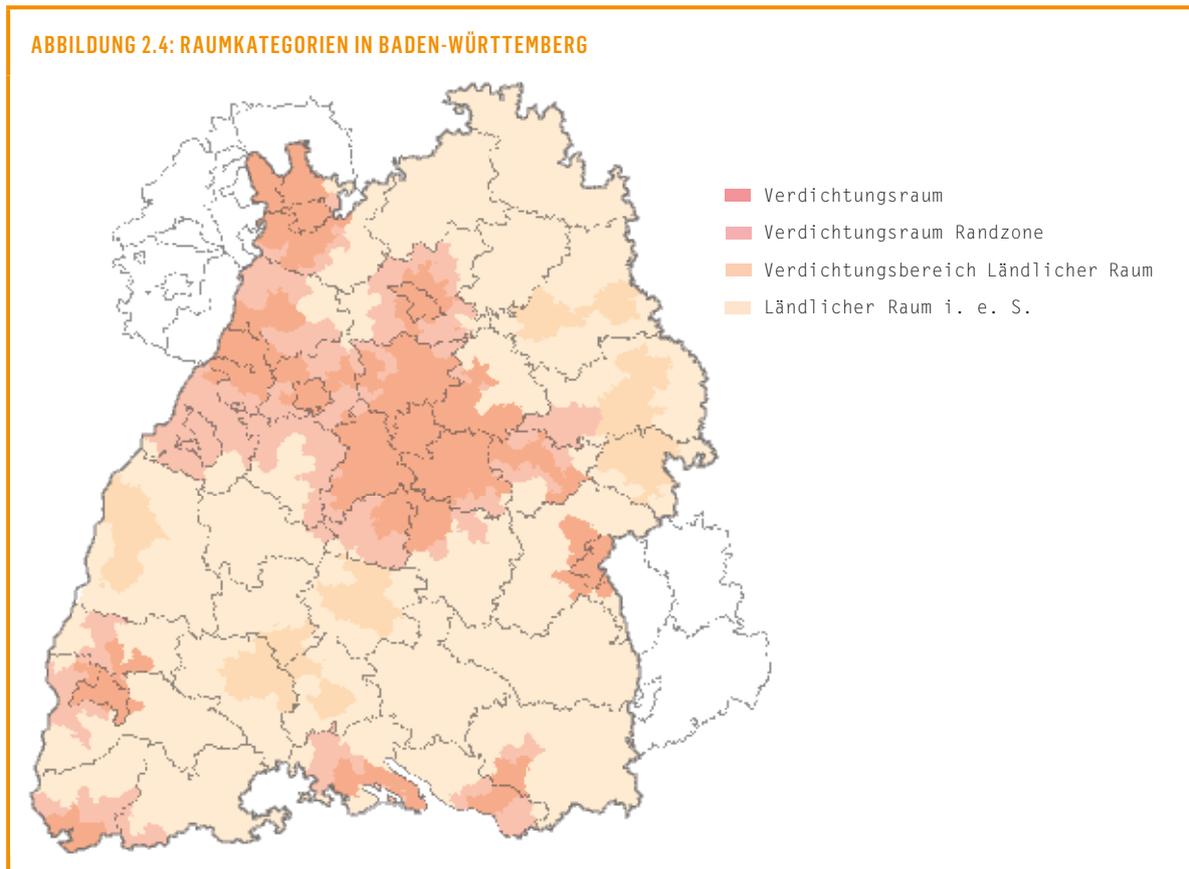
- ▶ Als *Verdichtungsräume* gelten großflächige Gebiete mit stark überdurchschnittlicher Siedlungsverdichtung und intensiver innerer Verflechtung.
- ▶ Die *Randzonen um die Verdichtungsräume* sind an die Verdichtungsräume angrenzende Gebiete mit erheblicher Siedlungsverdichtung.

Ländliche Räume sind untergliedert in

- ▶ *Verdichtungsbereiche im ländlichen Raum* als Stadt-Umland-Bereiche mit engen Verflechtungen und erheblicher Siedlungsverdichtung sowie
- ▶ *Ländlicher Raum im engeren Sinne* als großflächige Gebiete mit zumeist deutlich unterdurchschnittlicher Siedlungsverdichtung und hohem Freiraumanteil.

Die verdichteten Räume liegen nahezu diagonal vom Nordwesten der Metropolregion Rhein-Neckar über Karlsruhe, Stuttgart bis Ulm im Südosten. Es gibt wenige weitere größere Städte (Freiburg, Lörrach, Konstanz, Friedrichshafen) und einige Verdichtungsgebiete und Städte in ländlicheren Lagen (Offenburg, Tuttlingen, Schwäbisch Gmünd). Die restlichen Gebiete sind überwiegend ländlich geprägt (Alb und Allgäu, Hohenlohe, Schwarzwald). Die in den meisten Landesteilen vorherrschende polyzentrale Struktur ermöglicht eine hohe Erschließungs- und Versorgungsqualität. Es bestehen zum Teil dezentrale Arbeitsplatz- und Wirtschaftsstrukturen – und dadurch auch lokale Pendlerströme. In den drei sehr ländlich geprägten Regionen besteht die Herausforderung, Versorgungs-, Arbeits-, Mobilitätsangebote und Möglichkeiten für soziale Kontakte zu erhalten.

Es wird an dieser Stelle bereits darauf hingewiesen, dass im weiteren Vorgehen zu den Szenarioberechnungen die beiden Kategorien Verdichtungsräume und Randzonen sowie Verdichtungsgebiet im ländlichen Raum und ländlicher Räume zusammengefasst werden (vgl. Kap. 5.1).



Quellen: Geoportal Raumordnung BW; LGL, [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de)

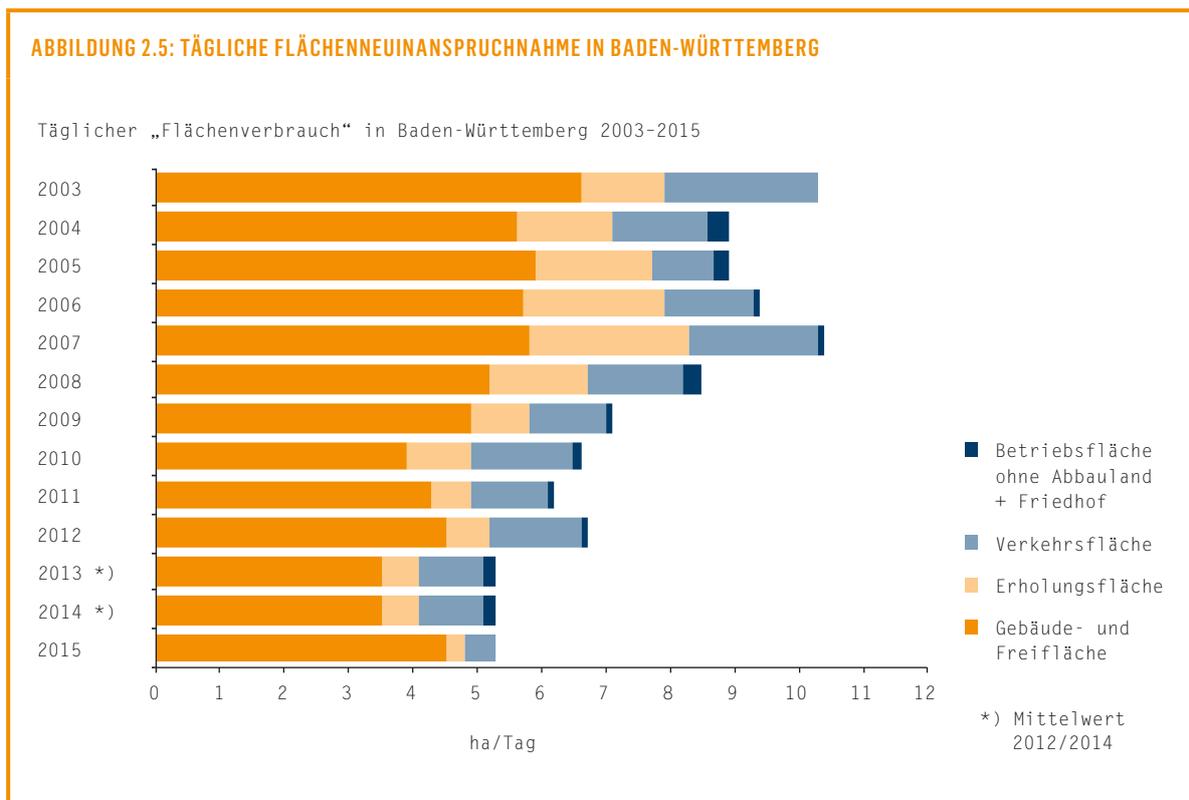
Die Flächenneuanspruchnahme („Flächenverbrauch“) ist insgesamt rückläufig, sowohl in Deutschland als auch in Baden-Württemberg (BBSR 2011). Im Jahr 2011 lag die Neuanspruchnahme bei 80 ha/Tag in Deutschland, in Baden-Württemberg bei ca. 6 ha/Tag. Die Verteilung auf unterschiedliche Flächenkategorien in Baden-Württemberg zeigt Abbildung 2.5. Dabei wird auch sichtbar, dass in den letzten Jahren neben Gebäude- und Freiflächen als zweitgrößte Flächenkategorie die Verkehrsflächen auftreten. Der Zielwert für die Flächenneuanspruchnahme liegt in Deutschland für 2020 bei 30 ha/Tag.

Die Entwicklung der Flächenanspruchnahme ist regional betrachtet in Baden-Württemberg sehr unterschiedlich. Mit 49 % fand rund die Hälfte des Zuwachses im Jahr 2014 im ländlichen Raum im engeren Sinne statt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2015). Ein weiteres Viertel entfällt auf die Verdichtungsräume, rund 18 % auf deren Randzonen und nahezu 8 % auf die Verdichtungsgebiete im ländlichen Raum. Fast 45 % der Siedlungs- und Verkehrsfläche im ländlichen Raum im engeren Sinne sind Verkehrs-

flächen (Verkehrsfläche hat höheren Flächenbedarf als in den anderen Raumkategorien). Dagegen hat die Wohnbebauung in den verdichteten Bereichen einen höheren Anteil. Dort finden sich darüber hinaus die höchsten Anteilswerte der von Gewerbe und Industrie genutzten Gebäude- und Freifläche (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2015: 3).

Insgesamt haben Dörfer und kleine Gemeinden eine überproportional hohe Flächenneuanspruchnahme (BBSR 2011: 7). Dies entsteht durch das Problem, dass Flächen- oder Nutzungsbrachen im Kern entstehen (vor allem unattraktive, schwer modernisierbare Altbauten), die Kommunen aber Flächen für Neubaugebiete am Rand ausweisen (meist Ackerland). In Bezug auf die Flächenproduktivität und Erreichbarkeit besteht der Trend, dass die bauliche Dichte der neu erschlossenen Flächen zwar hoch ist, die Erschließung der Baugebiete aber v. a. in ÖV-fernen Lagen erfolgt und ebenfalls nicht in Orten mit zentralörtlichen Funktionen (ebd.: 7). Dadurch ergibt sich eine hohe Abhängigkeit von der Pkw-Nutzung – sowohl für Wohnbau- als auch Gewerbeflächen.

**ABBILDUNG 2.5: TÄGLICHE FLÄCHENNEUINANSPRUCHNAHME IN BADEN-WÜRTTEMBERG**



Quelle: in Anlehnung an Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 22.08.2016

Die Wohnfläche pro Kopf liegt mit 46,2 m<sup>2</sup> in Baden-Württemberg im bundesdeutschen Durchschnitt (46,3 m<sup>2</sup>). Die Wohnflächen pro Kopf sind in ländlichen Gebieten im Durchschnitt deutlich höher als in verdichteten (Payk 2010: 12). Sie sind in Räumen mit Bevölkerungsdichten über 500 Einwohner pro Quadratkilometer unterdurchschnittlich (< 42 m<sup>2</sup> pro Kopf) und in Gebieten unter 100 Einwohner pro Quadratkilometer überdurchschnittlich (> 46 m<sup>2</sup> pro Kopf) (ebenda). Der Anstieg zwischen 2003 und 2008 war stärker als zwischen 1997 und 2003. Die Zunahme resultiert vor allem aus zwei Entwicklungen: Der zunehmenden Zahl an kleinen Haushalten (Ein- bis Zweipersonenhaushalte) und aus der durch steigende Ansprüche realisierten Wohnungsgröße. Der Zusammenhang zu Mobilität und Verkehr liegt vor allem in der Wohnflächenzunahme pro Kopf sowohl in Verdichtungsräumen als auch in ländlichen Räumen. Dies verstärkt insgesamt den Wohnflächenbedarf und somit den Trend der Neuausweisung von Flächen und die Zersiedelung (längere Wege, geringere Siedlungsdichte, höhere Infrastrukturkosten) – egal in welcher Gebietskategorie.

Etwa 70 % der Landesfläche zählen zur Kategorie ländlicher Raum, aber nur etwa ein Drittel der Bevölkerung lebt in den zugehörigen Gemeinden (Schwarck 2012). Die Bevölkerungsdichte insgesamt liegt in Baden-Württemberg bei etwa 301 Einwohnern je Quadratkilometer. Dies ist im Vergleich zu anderen Bundesländern hoch. Das Statistische Landesamt folgert daraus, dass die Bevölkerung im Vergleich sehr dicht und dezentraler verteilt ist als in anderen Bundesländern. Typische Merkmale von ländlichen Gemeinden und Kreisen mit geringer Siedlungsdichte sind, dass das Bauland preiswerter ist, Einfamilienhäuser als Wohngebäude vorherrschen und fast die Hälfte der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe arbeitet (Schwarck 2012: 47). Die damit einhergehenden Effekte wie geringe Kompaktheit und Nutzungsintensität von Siedlungen und weite Pendlerdistanzen Erwerbstätiger zu ihren Arbeitsplätzen zeigen, dass in ländlichen Räumen sehr verkehrsintensive Siedlungsmuster vorliegen.

Welche Trends der Siedlungsentwicklung können derzeit beschrieben werden? Hierfür wurde Fachliteratur der letzten Jahre ausgewertet, die sich zum Teil auch auf Gesamtdeutschland bezieht. Wo nötig, haben wir Schlüsse für Baden-Württemberg gezogen.

Die Suburbanisierung als intraregionale Stadt-Umland-Wanderung kommt in den letzten Jahren in Deutschland fast zum Erliegen. Nur in wachsenden Stadtregionen (z. B. Rhein-Main, Rhein-Neckar, Stuttgart, München) gibt es noch Wanderungsgewinne im Umland – aber z. B. in Stuttgart auch schon deutlich abgeschwächt (BBSR 2011; Danielzyk; Priebis 2012). Die Reurbanisierung beschreibt Wanderungsgewinne in Kernstädten durch intraregionalen und internationalen Zuzug. Dies kann als neuer Leittrend seit Mitte der 2000er-Jahre gesehen werden (Danielzyk; Priebis 2012; Brake 2012). Gründe hierfür sind Wanderungsbewegungen der Bevölkerung durch Arbeitsmärkte (wissensbasierte Ökonomie) und Bildung sowie durch die Stadtaffinität jüngerer Erwachsener. Bislang nicht messbar, aber immer wieder beschrieben wird auch der Zuzug der Generation 50plus sowie der Rückzug von Familien aus suburbanem Raum (ebd.).

Weiterhin ist eine intraregionale Zentralisierung zu beobachten – also Kernstädte in v. a. wachsenden Regionen erfahren Zuzug, aber der Zentralisierungstrend ist nicht überall gleich ausgeprägt. Es treten sogenannte Kaskadenwanderungen auf: Profiteure sind Mittel- und Kleinstädte im Umland von wachsenden Stadtregionen, diese Wanderungen sind Ausweichbewegungen aufgrund der Lage auf dem Wohnungsmarkt (ebd.; Jessen et al. 2012).

#### 2.1.4.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Die Bevölkerungsprognose bis 2030 in seiner räumlichen Differenzierung (Bertelsmann Stiftung 2011; vgl. Abbildung 2.6) zeigt, dass diejenigen ländlichen Räume, die am Rande zu Verdichtungsräumen liegen oder Verdichtungsgebiete im ländlichen Raum darstellen, besonders vom Rückgang der Bevölkerung betroffen sein werden.<sup>12</sup> Die Bevölkerung wird in Baden-Württemberg weniger als im Bundesdurchschnitt zurückgehen. Während für den Zeitraum von 2009 bis 2030 für ganz Deutschland angenommen wird, dass die Bevölkerung um 3,7% abnimmt, werden es nach diesen Berechnungen in Baden-Württemberg nur 0,6% sein – auf dann 10,67 Mio. Einwohner (ebd.). Der Rückgang wird vor allem die Landkreise betreffen, kreisfreie Städte stehen etwas besser da. Insgesamt gehen die Veränderungen in der Einwohnerzahl mit großen Verschiebungen in der Altersstruktur einher. Somit besteht insbesondere hier das Risiko des Bevölkerungsrückgangs in Verdichtungsgebieten des ländlichen Raumes und im ländlichen Raum im engeren Sinne. Dies erhöht die Gefahr der Verinselung von Infrastrukturen (Mobilität, Versorgung, aber auch Arbeitsplätze).

<sup>12</sup> Im Jahr 2014 wurde eine aktualisierte Bevölkerungsvorausrechnung bis 2035 auf Stadt- und Landkreisebene veröffentlicht, welche geringfügige Veränderungen zu der Vorausberechnung 2011 aufweist (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2014).

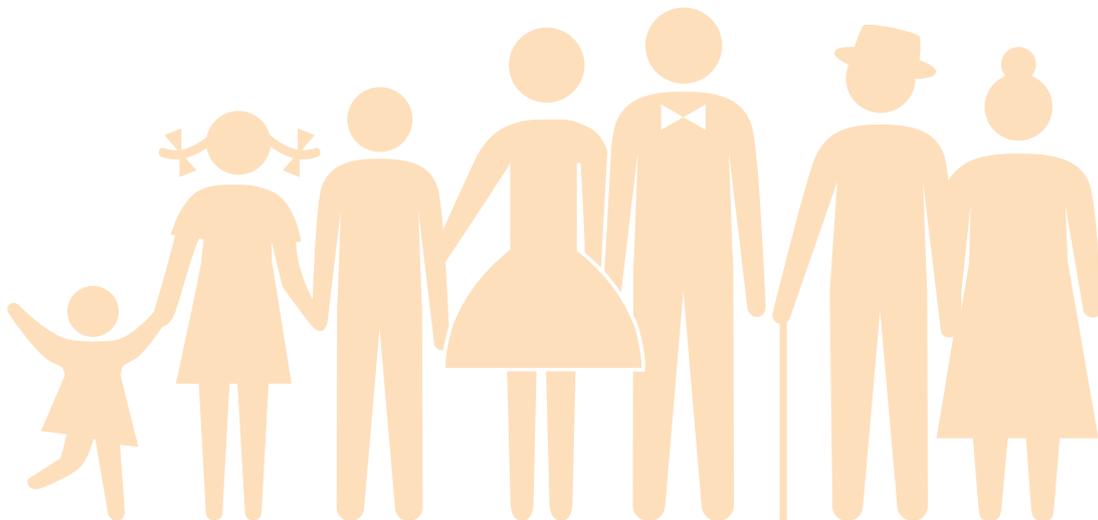
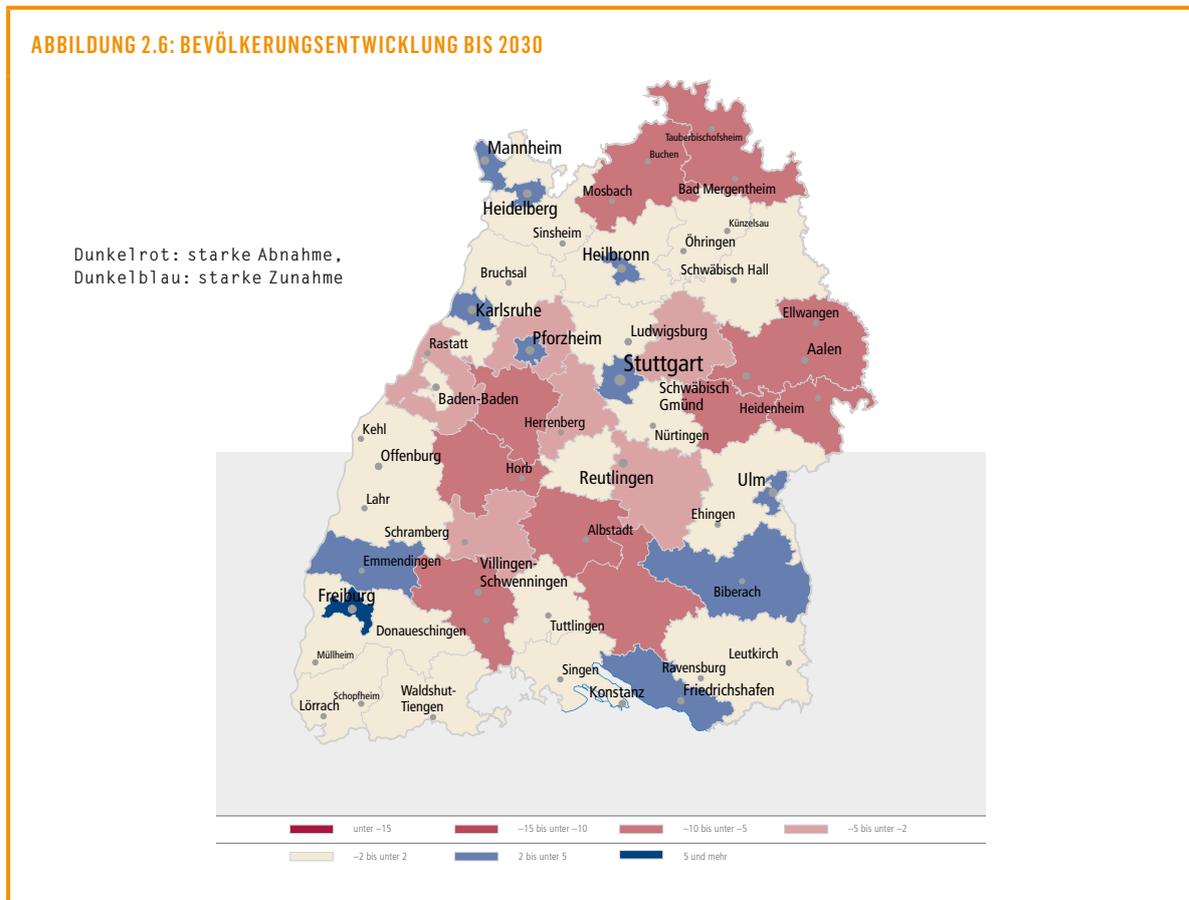


ABBILDUNG 2.6: BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG BIS 2030



Quelle: Bertelsmann Stiftung 2011

Das in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie verankerte 30-Hektar-Ziel kann nach Prognosen des BBSR bis 2020 mit den derzeitigen Entwicklungen nicht erreicht werden. In dem Modell Pantha Rhei Regio (BBSR 2011) kommt das BBSR zu dem Schluss, dass die Fortschreibung der derzeitigen Entwicklung zu etwa 50 ha/Tag führt. Nur in dem Szenario „Stagnation wirtschaftliche Entwicklung“ kann eine deutlich geringere Flächeninanspruchnahme prognostiziert werden. Dieses Resümee würde auch auf die Wertschöpfung und die Mobilitätswirtschaft Auswirkungen haben und ist in unserer Studie zu berücksichtigen.

Die Weiterentwicklung der siedlungs- und raumstrukturellen Gegebenheiten kann einerseits aus der Bevölkerungsprognose (Verkleinerung der Haushaltsgrößen, Zunahme der Einpersonenhaushalte v. a. bei über 55-Jährigen, Veränderung des Erwerbspotenzials), andererseits aus der Siedlungsflächenentwicklung abgeleitet werden. Die Raumordnungsprognose des BBSR aus dem Jahr 2012 kommt hier zu dem Ergebnis, dass bis 2030 vor allem die ländlichen Kreise die größten

Veränderungen erfahren, während ab dann auch die Wachstumszentren diesen Veränderungen unterworfen sind (Bucher; Schlömer 2013).

In Bezug auf die Urbanisierungstrends lässt sich feststellen: Baden-Württemberg hat mehrere stark wachsende Zentren (internationale/nationale Wachstumpole) (Danielzyk; Priebis 2012). Diese bestimmen die Flächenproduktivität im urbanen Bereich (hohe bauliche Dichte, Steigerung Mietpreise). Dort gibt es auch weiterhin noch Suburbanisierung, in den sonstigen Zentren kaum noch. Es tritt der Effekt der Kaskadenwanderung ein: Mittel- und Kleinstädte im Umland der wachsenden Stadtregionen profitieren (Ausweichbewegungen Wohnungsmarkt) (ebd.). Dies kann Dezentralisierung und Regionalisierung ermöglichen. Aber es wird eine zunehmende Kluft zwischen ökonomisch starken und schwachen Regionen geben. Dies hat auch Auswirkungen auf Mobilitätsangebote. Die zunehmende Wohnfläche pro Kopf ist zudem eine Gefahr für die Flächenproduktivität und steigert den Verkehrsaufwand.

Im Jahr 2012 erarbeitete die ARL im Rahmen eines Stakeholderprozesses für Baden-Württemberg „Strategien zukünftiger Raumentwicklung in Baden-Württemberg“ (Engelke; Jung 2012). Darin werden für vier Strategiefelder (ökologische Nachhaltigkeit, ökonomische Leistungsfähigkeit, Adaption der Infrastrukturen, Umgang mit Risiken und Unwägbarem) sowie übergeordnete Rahmenbedingungen Entwicklungs- und Steuerungsbedarfe für Baden-Württemberg identifiziert. Besonders relevant im Kontext einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung ist hier, dass integrative Planungskonzepte, eine Politikfolgenabschätzung und eine gesellschaftliche Diskussion über die Bedeutung und Ausstattungsniveaus ländlicher Räume notwendig sind.

Insgesamt gibt es seit Jahren eine Debatte um eine „richtige“ Bewertung der Siedlungsflächenentwicklung – auch im Hinblick auf verkehrliche Wirkungen (vgl. BBR 2007; Siedentop 2009). Diese liegt in dem Umstand begründet, dass einerseits Informationsdefizite über die qualitative Entwicklung von Flächen bestehen, andererseits aber vor allem der Indikator der Flächenneuinanspruchnahme „Hektar pro Tag in Anspruch genommene Siedlungs- und Verkehrsfläche“ als ungeeignet diskutiert wird. Die Wirkungsdimensionen der Flächennutzung sind darin nicht ansatzweise wiedergegeben. So unterscheidet Siedentop „Schlüsseleigenschaften“ der Flächennutzung:

- ▶ Bodenbedeckung – Eigenschaften der Bodenoberfläche (z. B. Versiegelungsgrad),
- ▶ Nutzungsmuster – strukturelle Anordnung bebauter Flächen (z. B. Kompaktheitsmaße),
- ▶ Nutzungsintensität: Intensität der Nutzung bebauter Flächen (z. B. Siedlungsdichte als Einwohner je Hektar).

Vor allem in den beiden letzteren Schlüsseleigenschaften wird deutlich, dass in diese Eigenschaften Subindikatoren wie Grad der Nutzungsmischung/verkehrs-sparsame Siedlungsstrukturen, Aufenthaltsqualität etc. fallen.

Ein Flächenbarometer, das solche umfangreichen Daten erfasst und bewertet, wurde vor einigen Jahren in einem Forschungsprojekt entwickelt (BBR 2007).

Es besteht aus 23 Indikatoren. Hierbei werden die Überkategorien Nutzungsmuster und Nutzungsänderungen bilanziert. Nur unzureichend ist bislang auch dort die Bewertung von z. B. Nutzungsmischung möglich. Gerade solche Indikatoren sollten in Zukunft dazu beitragen, dass Veränderungen der Siedlungsmuster und Schrumpfungsfolgen bewertbar werden.

## 2.1.5. DIGITALISIERUNG, VERNETZUNG

### 2.1.5.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Die Digitalisierung beeinflusst alle anderen technischen Entwicklungen. Digitalisierung ist nicht einfach eine neue Technik, sondern wirkt auf verschiedenen Ebenen: auf die sozialen Verhältnisse, den Konsum, die globale Kooperation, die Produktion und die Mobilität.

Die Digitalisierung von Autos und Motorrädern begann in den 1980er-Jahren (elektronische Displays, elektronisch gesteuerte ABS, Motorsteuerung, Abgasreinigung). Sie diente der Darstellung von Zeichen auf Displays, der Motoroptimierung, der Sicherheit und dem Umweltschutz, hatte aber immer auch eine symbolische Funktion der Darstellung von Modernität und der Unterstützung der Bequemlichkeit.

Aber auch die Entwicklungen außerhalb der Autos müssen beachtet werden. Mit der schnellen Verbreitung von Smartphones und Apps wurde zunächst das Auto mit seiner grundsätzlich analogen Technik überholt und überrollt. Die Digitalisierung des Alltags der Kunden versuchen die OEM (Original Equipment Manufacturer) durch eine Computerisierung der Fahrzeuge zu bewältigen: Zum einen geht es um Herstellung der Kompatibilität mit Alltagselektronik durch Schnittstellen zu Smartphones, Navigation und Unterhaltungselektronik. Die neue Technik wird an die alte Technik angedockt.

Wichtiger sind die oben angesprochenen Anwendungsfelder. Die mit dem ABS begonnenen Formen der Fahrerassistenz wurden und werden immer weiter ausgebaut. Heute ist das teilautomatisierte Fahren bereits in Serie gegangen und das hochautomatisierte Fahren steht zumindest auf Autobahnen kurz vor der Serienreife (vgl. Cacilo et al. 2015).

### 2.1.5.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Gegenwärtig erleben wir insbesondere im Bereich der Digitalisierung hastig in die Diskussion geworfene Technikvisionen in einem globalen Wettbewerb der Ideen. Man könnte sie strategische Narrative nennen: Aussagen und Geschichten, mit denen Bilder erzeugt werden sollen, die eine strategische Absicht haben – z.B. Mitbewerber beeinflussen, die Öffentlichkeit in eine Richtung lenken, soziale/mediale Konstruktionen erzeugen, die wirkmächtig werden.

Zugleich gibt es ernsthafte Untersuchungen, die belegen, dass Themen wie Cyberspace und Smart Mobility ernst genommen werden müssen (vgl. acatech 2011). Bereits an Kunden verkaufte Fahrzeuge auf der Straße – einschließlich damit verbundener schwerer Unfälle – machen deutlich, dass Teile der Industrie die neuen Entwicklungen sehr schnell in Serie bringen und viel riskieren. Die Politik reagiert mit ermöglichender und restriktiver Regulation (Ethik-Kommission in Deutschland, 15-Punkte-Plan in den USA).

An der Vernetzung von Fahrzeugen mit dem Vorteil einer vorausschauenden Unfallvermeidung wird schon lange gearbeitet. Die auf Schwarmintelligenz beruhende Navigation mit dynamischer Stauumfahrung auf der Basis von Echtzeitdaten funktioniert schon heute. Die Stichworte Smart Mobility, Öko-Systeme der Mobilität, Cyber-physische Systeme verweisen auf eine kommende Einbettung der materiellen, der Dienstleistungs- und der menschlichen Welt in eine digitale (Schäfer et al. 2015, Flügge 2016, acatech 2011, Experteninterview).

Nutzendimensionen, die genannt werden, sind Routenoptimierung, verkehrsträgerübergreifende Ticketbuchung, automatisierte Parkdienste, neue Flexibilität im öffentlichen Verkehr, intermodales Verkehrsmanagement in der Stadt und auf dem Land, automatisierte Begleitung Kranker bzw. mobilitätseingeschränkter Personen, höhere Verkehrssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit (acatech 2011, Baumann; Püschner 2016, Flügge 2016). Bei Flügge; Pfriemer (2016) werden 56 Nutzendimensionen dargestellt – dabei handelt es sich nur um einen Auszug aus dem gesamten „Dienstleistungsportfolio zur Sicherung der Mobilitätsbedarfe in einem Ökosystem“ (ebd.).

Treiber des Prozesses sind zum einen die naheliegenden Möglichkeiten der Digitalisierung. Diese entstehen zunächst nicht notwendig aus den Bedürfnissen und Wünschen von Nutzerinnen und Nutzern. Sie folgen der Logik sozio-technischer Systeme (Suche von „Lösungen nach ihrem Problem“, Mayntz; Schneider 1995). Haupttreiber ist die Hoffnung auf Geschäftsmodelle, mit denen der Nutzen vermarktet und der Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb gesichert werden kann. Eine erfolgreiche Vermarktung ist bekanntlich nur dann möglich, wenn mit dem neuen Angebot Wünsche und Bedürfnisse relevanter Käufergruppen erfüllt werden. Aber es gilt auch umgekehrt, dass Bedürfnisse und Wünsche auch dadurch entstehen, dass die neuen technischen Lösungen und Produkte auf dem Markt sind und beworben werden.

Bei Szenarien wie sich Digitalisierung und Vernetzung im Verkehr weiterentwickeln geht es immer auch um ein effizientes Verkehrsmanagement mit weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen (acatech 2011). Bei allen Prognosen, die sich auf eine bessere Auslastung der Verkehrsinfrastruktur beziehen, müssen mögliche Rebound-Effekte berücksichtigt werden.

### 2.1.6. AUTOMATISIERTES FAHREN UND AUTONOME FAHRZEUGE

#### 2.1.6.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Wir befinden uns gegenwärtig in der Phase, in der gleichzeitig assistierte, teilautomatisierte und hochautomatisierte Fahrzeuge entweder in Serie sind oder auf öffentlichen Straßen erprobt werden. Die deutsche bzw. baden-württembergische Automobilindustrie gilt in diesem Bereich als gut aufgestellt. Aus Perspektive der Standortpolitik ergeben sich neue Wertschöpfungschancen (Cacilo et al. 2015).

Ob allerdings bei Mischbetrieb von alter Infrastruktur, noch nicht ausgereifter Technik und menschlichen Fehlern der erwartete Sicherheitsgewinn tatsächlich eintritt und ob nicht neue Risiken hinzukommen, ist offen (Schlag (2015) weist auf Erfahrungen mit anderen Techniken hin).

Was die Geschäftsmodelle internationaler IT-Konzerne sind, ist nicht sicher. Es fällt auf, dass die Narrative über die Zukunft hier sehr viel gewagter ausfallen (Brauck

et al. 2016). Das könnte daran liegen, dass nicht auf ein Automobil-Kerngeschäft Rücksicht genommen werden muss. Im Gegenteil: Die IT-Konzerne nutzen die neuen Fahrzeugentwicklungen, damit die vom Lenken befreiten Insassen sich auch beim Fahren der Datenbearbeitung widmen können und so ihrem Kerngeschäft zuarbeiten.

### 2.1.6.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Der Prozess hin zum vollautomatisierten Fahren und zu autonomen Fahrzeugen erscheint in der Öffentlichkeit als notwendiger, unumgänglicher und quasi determinierter Prozess (vgl. Brauck et al. 2016). Das Voranschreiten vom assistierten hin zum vollautomatischen Fahren wird aus der evolutionären Perspektive als Stufenmodell gesehen, dessen Voranschreiten überwiegend Vorteile bringe – Sicherheit, Zeitgewinn, Effizienz, Aufwertung des Stadtraums, Umweltschutz. Hält man sich jedoch vor Augen, wie Autos üblicherweise vermarktet werden, spricht einiges dafür, dass die wichtigsten Nutzendimensionen – wie zumeist in der Vermarktungsgeschichte von neuen Features – Convenience und Spaß sind: Dimensionen, die aus Technikperspektive meist vernachlässigt werden.

Eine andere Entwicklung sieht eine Firma wie Google. Hier soll ohne den Umweg einer Teilautomatisierung direkt zum autonomen Fahren übergegangen werden (vgl. Brauck et al. 2016).

An dem Wettbewerb um Zukunftsaussagen und Planungen sind auch Akteure des ÖV beteiligt. Autonome Fahrzeuge werden einerseits als mögliche Existenzbedrohung des ÖV gesehen oder aber als Teil des ÖV (vgl. VDV 2015). Tatsächlich wird derzeit intensiv weiter an der Perfektionierung der Technik gearbeitet. Zwei baden-württembergische Städte – Bruchsal und Karlsruhe – wurden als Testgebiet für die Erprobung des autonomen Fahrens ausgesucht. Zugleich geht es darum, einen regulativen Rahmen zu entwickeln.

Von vollautomatischen Fahrzeugen wird eine Effizienzsteigerung erwartet. Die Effizienzgewinne werden sehr unterschiedlich eingeschätzt (vgl. unveröffentlichtes Arbeitspapier Stein 2016). Dabei geht es vor allem um Stauvermeidung (geschätzte Senkung der Energieintensität um 2–4% nach MacKenzie et al. 2014), um den Nutzen durch Platooning, also das Fah-

ren im elektronisch gekoppelten Konvoi (geschätzte Einsparung 10–20% nach Brown et al. 2013) und um eine höhere Kapazität der bestehenden Infrastruktur durch eine Gesamtsteuerung. Dabei muss berücksichtigt werden, dass eine Kapazitätserhöhung nicht zwingend nachhaltig ist. Es handelt sich um ein Phänomen, das Rebound-Effekte durch mehr Verkehr auslösen könnte. Diese werden bei einem hohen Automatisierungsgrad auf bis zu 156% zusätzlich generierter Nachfrage geschätzt (MacKenzie et al. 2014).

### 2.1.7. ÖPNV

#### 2.1.7.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

In den letzten Jahren ist in Deutschland ein kontinuierliches, leichtes Wachstum der ÖPNV-Nutzung zu verzeichnen; dies gilt auch für Baden-Württemberg (vgl. z. B. VVS 2015).

Die Finanzierung des ÖV ist problematisch, da immer weniger Mittel aus der Querverbundfinanzierung bereitstehen. Bei Klagen über eine mangelhafte Finanzierung stellt sich aber immer die Frage der Effizienz der ÖV-Betriebe, die stark durch politische Steuerung und die unterschiedlichen Ebenen – von Stadt zu Land zu Bund – geprägt und deshalb schwerfällig sind.

Der öffentliche Verkehr ist einerseits ein staatliches Angebot, öffentlich zugängliche und finanzierte Verkehrsmittel im Sinne der Daseinsvorsorge zur Verfügung zu stellen, um Mobilitätsbedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner zu erfüllen. Andererseits weist die Organisation des öffentlichen Verkehrs diesbezüglich zahlreiche Schwachstellen auf: z. B. die bislang existierende und teilweise technisch bedingte (Schienenverkehr-)Liniengebundenheit, die Einteilung in nachfrageschwache und -starke Zeiten, die zu extrem unterschiedlicher Angebotsqualität führt, die Orientierung am Schülerverkehr in ländlichen Räumen und geringe Tauglichkeit für viele Mobilitätsbedürfnisse von anderen Personengruppen oder auch die Kompliziertheit von Tarifsystemen und Ticketerwerb für Nutzende. Es ist klar, dass diese Schwachstellen teilweise behoben sind oder aber nicht unmittelbar verändert werden können. Dennoch steht eine Diskussion und Anpassung, was öffentlicher Verkehr in einem multioptionalen Verkehrssystem ist und leisten müsste, aus (Stichwort: Carsharing).



### 2.1.7.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Hinsichtlich der Frage, ob der ÖV weiter wachsen kann, gibt es eine Kontroverse über Kapazitätsengpässe im ÖPNV. Sie dreht sich um die These, dass ein Wachstum der ÖPNV-Beförderungszahlen an Grenzen stößt, weil Kapazitätsengpässe dies verhindern.

Die Gegenthese lautet: Wirkliche Kapazitätsengpässe seien äußerst selten; nur in bestimmten Städten, zu bestimmten Zeiten, auf bestimmten Strecken-Abschnitten, in nur einer Lastrichtung seien Engpässe vorhanden (Experteninterview). Diese könnten entzerrt werden.

Tatsächlich sei z. B. im Raum Stuttgart weiteres Potenzial vorhanden. Zum einen durch Ausbau bestehender Systeme (Verlängern von Linien, Anhängen von zusätzlichen Wagen, längere Bahnsteige, zusätzliche Röhren), zum anderen durch Ergänzung und Alternativen (Parallelverkehr auch mit dem Bus, Expressbusse, Tangentialverkehre, Verlagerung von Verkehrsströmen z. B. durch eine Art zweiten HBF am Flughafen). Das Ziel eines künftigen wegebezogenen Modal Split sei ein Drittel MIV, ein Drittel ÖV und ein Drittel für das Radfahren und das Zufußgehen zusammen.

Als Benchmark kann Wien gesehen werden: Innerhalb von 20 Jahren hat die Stadt einen ÖPNV-Anteil von 40 % erreicht – hier gibt es allerdings die Bereitschaft, restriktiv mit dem MIV umzugehen (Experteninterview). Es gibt hoch gesteckte und sehr differenzierte Ziele des MIV für den ÖV in Baden-Württemberg: Angestrebt wird eine Steigerung der Personenkilometer des ÖV um 50 % bis 2020 und um 100 % bis 2030 mit Bezug auf das Jahr 2004, in dem 7,9 Mrd. Personenkilometer zurück gelegt wurden (vgl. MVI 2015 und Glaser 2007).

Nachhaltigkeit gehört – im Unterschied zu anderen Mobilitätsplayern – „konstituierend zum Imagekern des ÖPNV“ (Experteninterview). Das bedeutet, dass der ÖPNV sich selbst als Treiber sieht und nicht – gleichsam von außen – zu etwas gebracht werden muss, was ihm eigentlich fremd ist. Mit anderen Worten: Im Unterschied zu anderen Teilen der Mobilitätsbranche hat der ÖV kein Glaubwürdigkeitsproblem, wenn es um anspruchsvolle Ziele geht. Allerdings steht der ÖV sich mit seinen Organisationsstrukturen häufig selbst im Wege. Deshalb muss Organisationsentwicklung angestrebt werden.

### 2.1.8. BATTERIEELEKTRISCHE FAHRZEUGE (BEV)

#### 2.1.8.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Zwar ist die Zulassungsquote von Elektrofahrzeugen in Deutschland immer noch gering, aber sie ist von Wachstum bestimmt. Die Bewertung der gegenwärtigen Akzeptanz von Elektroautos durch die befragten Experten war sehr unterschiedlich und reichte von großem Optimismus bis hin zu Pessimismus.

Bisher zeigt die Kaufprämie nur eine geringe Wirkung. Aber die Erfolge des umfassenderen Maßnahmenpakets wie in Norwegen machen deutlich, dass es eher um Gesamtpakete gehen muss, bei denen die potenziellen Käuferinnen und Käufer tatsächlich davon überzeugt sein müssen, Vorteile zu haben. Denn diese haben nicht nur durch den höheren Kaufpreis, sondern auch durch die geringere elektrische Reichweite und eine geringe Ladeinfrastruktur den Eindruck, sich eher Nachteile einzuhandeln. E-Mobilität steht vor der Herausforderung, mit einem auf konventionelle Pkw hin optimierten Umfeld konkurrieren zu müssen. Auf Nutzerebene gibt es bisher keinen Handlungsdruck und keine umfassenden Anreize, um auf E-Fahrzeuge umzusteigen. Die Nachfrage ist zurzeit vor allem durch Early Adopter geprägt.

Für die Hersteller gibt es kaum einen regulativen Handlungsdruck, Elektrofahrzeuge, die auch noch eine geringere Wertschöpfung haben, schnell in den Markt zu bringen. Der Druck entsteht v. a. durch die internationale Konkurrenz und durch Regulationen in neuen Märkten (China). Zwar hat der Dieselskandal bewirkt, dass sich die deutschen Hersteller auch aus Imagegründen um Innovation bemühen (vgl. SZ vom 8. Oktober 2016). Aber sie stecken weiterhin in dem Dilemma, dass mit Verbrennungsmotoren leichter Gewinne gemacht werden können.

Der gesellschaftliche Diskurs über Elektromobilität ist deshalb geprägt durch eine eigenartige Halbherzigkeit: Alle „wollen“, aber niemand geht wirklich voran. Einige der in den Experteninterviews Befragten sind der Meinung, dass der Hauptbremser das „Henne-Ei“-Problem der Ladeinfrastruktur ist. Tatsächlich handelt es sich wohl um eine ineinandergreifende Blockade der zentralen Akteure: Die Hersteller haben momentan aus betriebswirtschaftlichen Gründen kein Interesse an einer raschen Umstellung auf E-Mobilität. Die Politik traut sich nicht, die Hersteller schnell in diese

Richtung zu drängen, da viel auf dem Spiel steht (Wohlstand, soziale Integration) und ungewiss ist, wer der wirtschaftliche Profiteur von E-Mobilität ist. Und auch den Nutzerinnen und Nutzern fehlt ein überzeugendes Produktangebot aus attraktiven Fahrzeugen und ergänzenden Mobilitätsdienstleistungen.

Zwar ergibt sich in Befragungen regelmäßig ein hohes bis sehr hohes Potenzial für Elektroautos: Laut einer repräsentativen Befragung des ISOE im Jahr 2014 stimmen 29 % der Befragten der Aussage „ich finde Elektrofahrzeuge als umweltfreundliche Alternative zum herkömmlichen Auto sinnvoll“ voll und ganz zu und noch einmal 51 % stimmen dieser Aussage „eher“ zu. Versucht man umgekehrt herauszufinden, wie groß der Anteil derer ist, die im Falle eines Autokaufs kein Elektroauto kaufen würden, dann sind das zwar rund 59 %, aber es bleiben immerhin ca. 40 %, für die ein Elektroauto infrage käme (unveröffentlichtes Eigenprojekt). Andere Befragungen kommen auf noch höhere Werte. Kommt es aber zur Entscheidung, sind es immer noch wenige Trendsetter, die wirklich das Elektroauto bestellen.

Insgesamt handelt es sich bei der Langsamkeit des Wandels wohl um ein umgekehrtes sozio-technisches System. Während in einem klassischen sozio-technischen System die verschiedenen Faktoren zu einer sich selbst verstärkenden Spiraldynamik führen, scheint bei der Elektromobilität ein sich selbst blockierender Zusammenhang vorzuliegen. Einer der Akteure müsste den ersten Schritt machen, die Blockade zu durchbrechen. Geht man also davon aus, dass die Pull-Faktoren, also die Attraktivität der Angebote und der Förderung noch nicht ausreicht, erscheint es sinnvoll, auch hier auf den Push-Faktor einer klaren Regulation zu setzen. Wenn für potenzielle Käuferinnen und Käufer klar wäre, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt Autos mit Verbrennungsmotoren nicht mehr gefahren werden können, würde irrational handeln, wer noch ein solches bestellt. Die aktuell bekannt gewordene Stellungnahme des Bundesrats vom 23. September 2016 weist darauf hin, dass eine derartige Regulation in der Politik kein Tabu mehr ist (vgl. SZ-Online vom 9.10.2016).

Auch die Diskussion um disruptive Entwicklungen und um revolutionäre Einführungszenarien neuer Techniken (vgl. Beiker 2015) sowie der häufig angestellte Vergleich mit Industrien, die in Deutschland plötzlich verschwanden (Textil, Uhrenindustrie, Foto, TV) weisen darauf hin, dass eine zu späte oder zu langsame Transformation große gesellschaftliche Risiken birgt.

### 2.1.8.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Wenn es um umweltfreundlichere Antriebe geht, müssen neben BEVs auch Brennstoffzellenfahrzeuge perspektivisch berücksichtigt werden. In den Experteninterviews wird jedoch auf das Problem der deutlich geringeren Gesamteffizienz, die aufwendige H<sub>2</sub>-Versorgungsinfrastruktur und die weiterhin hohen Kosten hingewiesen. Insgesamt gelte: „Die direkte Stromnutzung, wie sie bei den batterieelektrischen Fahrzeugen praktiziert wird, ist die energieeffizienteste“ (Experteninterview). Geht es um die Konkurrenz unterschiedlicher Systeme, kommt hinzu, dass das Sinken der Batteriepreise in den letzten Jahren die Erwartungen übertroffen hat. Mittlerweile zeichnet sich ab, dass Fahrzeuge mit einer Reichweite von etwa 500 km in den nächsten fünf Jahren in größerer Stückzahl auf den Markt kommen werden. Brennstoffzellenfahrzeuge werden zurzeit und auch in der nahen Zukunft nur von einzelnen Herstellern in Kleinserien angeboten und sie müssen mit den sinkenden Batteriepreisen konkurrieren. Ob das gelingt, ist fraglich.

Kontrovers diskutiert wird auch die Kraftstoffoption Power-to-X, also die Speicherung von Stromüberschüssen in unterschiedliche Formen des Kraftstoffs. Hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit gibt es unter Experten zwar unterschiedliche Meinungen (vgl. Veranstaltung der Dena am 21.6.2016 in Berlin). Bislang aber gilt: In Kombination mit dem Verbrennungsmotor ist dies die teuerste und energieineffizienteste Option und wird voraussichtlich im Pkw-Bereich angesichts der Alternativen nicht in größerem Stil zum Einsatz kommen (Experteninterview). Deshalb kann – auch wenn momentan von bestimmten OEMs wieder das Thema Erdgas-Antrieb stark kommuniziert wird – derzeit davon ausgegangen werden, dass der batterieelektrische Antrieb bei Pkw zur dominierenden Antriebstechnologie wird.

Die Bundesregierung hat weiterhin das Ziel, bis 2020 eine Million Elektroautos in Deutschland auf der Straße zu haben. Insgesamt gibt es zwar ein Wachstum, dieses startet bezogen auf den Anteil am Gesamtmarkt auf niedrigem Niveau (0,4 %), verläuft aber immerhin exponentiell. Ob das Eine-Million-Ziel erreicht wird, ist unter Experten umstritten. Es ist Konsens, dass Elektroautos nur dann Umweltvorteile haben, wenn die Fahrzeuge mit zusätzlich erzeugten regenerativen Energien und wenn sie intelligent, d.h. abgestimmt auf die Netzauslastung und die Stromerzeugung, geladen werden. Das ist beim Durchschnittsnutzer von

BEVs nicht garantiert. Das bedeutet: Die Umweltvorteile der Elektromobilität kommen in einem Fahrbetrieb, der auf dem deutschen Strom-Mix beruht, nur bei insgesamt steigendem Einsatz regenerativer Energien im Netz zum Tragen (Hacker 2015). Das ist nach Einschätzung unserer Interviewpartner durch die Fortschritte der Energiewende gesichert.

Bei der Herstellung von Elektrofahrzeugen gibt es gegenwärtig aufgrund der Batterieherstellung im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren eher Nachteile. Diese können erst mittelfristig ausgeglichen werden (Helms et al. 2016). Bedingung ist, dass entsprechende Recyclingsysteme aufgebaut werden (vgl. dazu Buchert et al. 2011). Auch die ökonomische Abhängigkeit (Kritikalität) von bestimmten seltenen Rohstoffen (Helms et al. 2016), wie auch die potenzielle Menschenrechtsproblematik bei deren Gewinnung könnte durch eine Steigerung des Recyclinganteils zumindest angegangen werden.

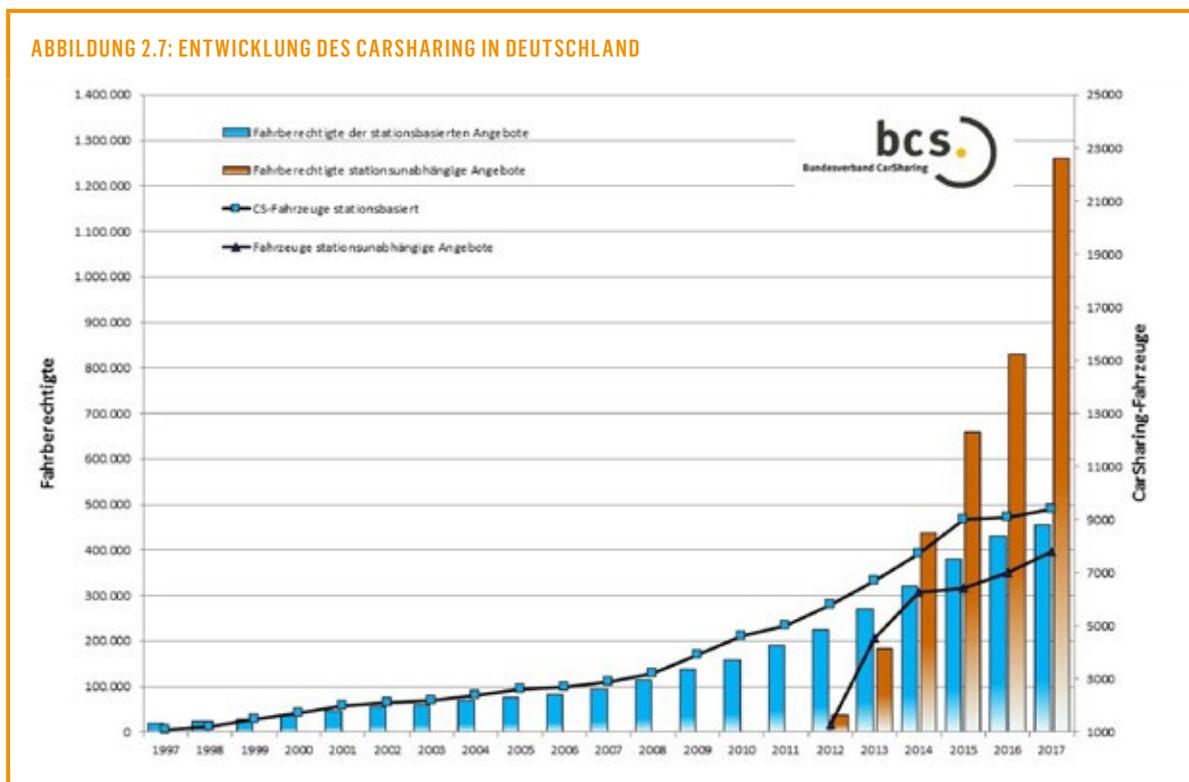
## 2.1.9. SHARING

### 2.1.9.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Seit den 1990er-Jahren gibt es ein deutliches, über weite Strecken zweistelliges Wachstum der Fahrberechtigten und der Fahrzeuge im Carsharing. Seit der Einführung der flexiblen Freefloating-Systeme gab es zunächst eine überproportionale Wachstumskurve mit einer gewissen Abflachung 2015 bei den Fahrzeugen.

Es gibt sehr viele Anbieter mit unterschiedlichen Systemen und unterschiedlichem Erfolg. Kein Autohersteller glaubt, es sich leisten zu können, bei den neuen Mobilitätsangeboten nicht dabei zu sein.

Insgesamt, bezogen auf die Gesamtfahrzeugflotte und auf die Gesamtbevölkerung, ist Carsharing ein Nischenphänomen. Es wird von einem Experten auch die Ansicht geäußert, Carsharing werde deutlich überschätzt. Laut ISOE-Studie Mobilität und IKT beträgt der Anteil der Nutzenden, bezogen auf die Gesamtbevölkerung 2,5 %, der Anteil bei den Jüngeren unter 30-Jährigen 7 %, bei den Jüngeren in der Großstadt 15 % (ISOE-Eigenprojekt Mobilität & IKT).



Quelle: Bundesverband CarSharing 2017, jeweils zum Stichtag 1. Januar

### 2.1.9.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Eine Marktberingung ist zu erwarten. Gegenwärtig kann beobachtet werden, dass sich ein großer Player wie Daimler wieder aus bestimmten Städten zurückzieht (z. B. aus Ulm und aus London). Demgegenüber ist es klassischen Anbietern wie Stadtmobil durchaus möglich, in mittleren Großstädten wie Karlsruhe, wo bezogen auf die Einwohnerzahl der höchste Carsharing-Anteil in Deutschland besteht, ein System erfolgreich zu betreiben.

Den klassischen Anbietern entsteht neuerdings Konkurrenz durch Ausweitung der Fahrzeugpalette bei BMW und Daimler (Einbeziehung größerer Fahrzeuge). Bei stationsbasierten Angeboten gilt die Umweltfreundlichkeit als bewiesen (Zimmer; Hülsmann 2013). Ob dies auch für Freefloating-Systeme gilt, ist noch nicht abschließend erforscht (mehrere laufende Projekte).

## 2.1.10. RADVERKEHR

### 2.1.10.1. STATUS-QUO-ANALYSE UND AKTUELLE TRENDS

Mit der Radstrategie Baden-Württemberg (MVI 2016) hat die Landesregierung im Februar 2016 ein umfassendes Papier vorgelegt, wie eine neue Radkultur in Baden-Württemberg entstehen soll. Dort werden neben einer Betrachtung von Trends und Potenzialen die Strategieziele in neun Handlungsfeldern ausgeführt und erste Hinweise zur Umsetzung gegeben. Die Radstrategie setzt den Prozess, den Baden-Württemberg seit ca. 2011/2012 in der Förderung des Radverkehrs beschritten hat, konsequent fort. Das zentrale Ziel ist es, den Radverkehrsanteil im Modal Split (Wege) bis 2030 auf 20 % zu erhöhen. Zum Zeitpunkt der letzten repräsentativen Verkehrserhebung, der MID im Jahr 2008, lag der Anteil in Baden-Württemberg allerdings nur bei etwa 8 % aller Wege. Die Landesregierung geht davon aus, dass der Anteil inzwischen höher ist. Schätzungen gehen von 10 % aus (vgl. Innovaplan 2015), es liegen keine aktuellen Daten vor.

Die Aktivitäten der Radverkehrsförderung in Baden-Württemberg weisen zwei Schwerpunkte auf. Zum einen wurde viel in kommunale Radverkehrsinfrastruktur investiert und die Situation vor allem in größeren Städten offensichtlich verbessert (dies spiegelt sich auch in den Radverkehrsanteilen wider, vgl. unten). Die Infrastrukturausstattung mit Radwe-

gen an Bundes-/Landes-/Kreisstraßen ist in Baden-Württemberg allerdings unterdurchschnittlich im Vergleich zu Gesamtdeutschland (BMVI 2014). Zum anderen wurde mit der Initiative RadKULTUR<sup>13</sup> ein Schwerpunkt auf kommunikative Maßnahmen gelegt. RadKULTUR Baden-Württemberg begann 2012 und wird seither jedes Jahr in zwei bis vier Städten<sup>14</sup> durchgeführt (MVI o.J.; RadKULTUR Baden-Württemberg 2016). Die Initiative zielt darauf ab, mit Events den Spaß und Nutzen des Radfahrens selbst zu erleben. Inwiefern die Aktionen in der Fläche wahrnehmbar werden und nach dem Aktionsjahr am Aktionsstandort wahrnehmbar bleiben, ist ungewiss.

Das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg hat im Jahr 2015 eine Wirkungskontrolle der Radverkehrsförderung vornehmen lassen: *„Positive Ergebnisse in den untersuchten Themenfeldern belegen, dass die seit 2009 vorgenommenen Weichenstellungen und eingeleiteten Maßnahmen Wirkung entfalten: Die Radverkehrsnutzung hat zugenommen, das Risiko für Radfahrer, in Unfälle verwickelt zu werden, hat sich verringert, bei der Wegweisung hat Baden-Württemberg einen großen Schritt voran gemacht [...]. Defizite wurden insbesondere im Bereich Finanzierung, bei der Gestaltung von Straßenkreuzungen sowie beim Fahrradparken festgestellt. Insgesamt ist festzustellen: Radverkehrsförderung benötigt Ausdauer. Die entfaltenen Aktivitäten schlagen sich oft erst nach einigen Jahren in den Kennzahlen nieder und erfordern Kontinuität“* (NVBW 2016; Experteninterview). Kritisch betrachtet lässt sich zu diesem Resümee festhalten, dass es zwar zahlreiche Aktivitäten gibt, aber sich die tatsächliche Wirkung im Verkehrsverhalten noch nicht niederschlägt.

Die Radverkehrsanteile in Baden-Württemberg sind regional sehr unterschiedlich. Während in einzelnen Mittel- und Großstädten wie Freiburg, Heidelberg, Offenburg und Karlsruhe seit vielen Jahren sehr hohe Anteile (z. T. über 30 % am Modal Split) bestehen, sind die Anteile in der Fläche, vor allem in ländlichen Gemeinden und Kleinstädten, sehr niedrig (unter 5 %). Insgesamt liegt der Anteil in Baden-Württemberg mit 8 % unter dem Bundesdurchschnitt (10 %, MID 2008). Auch der Anteil in Stuttgart mit 5 % ist unterdurch-

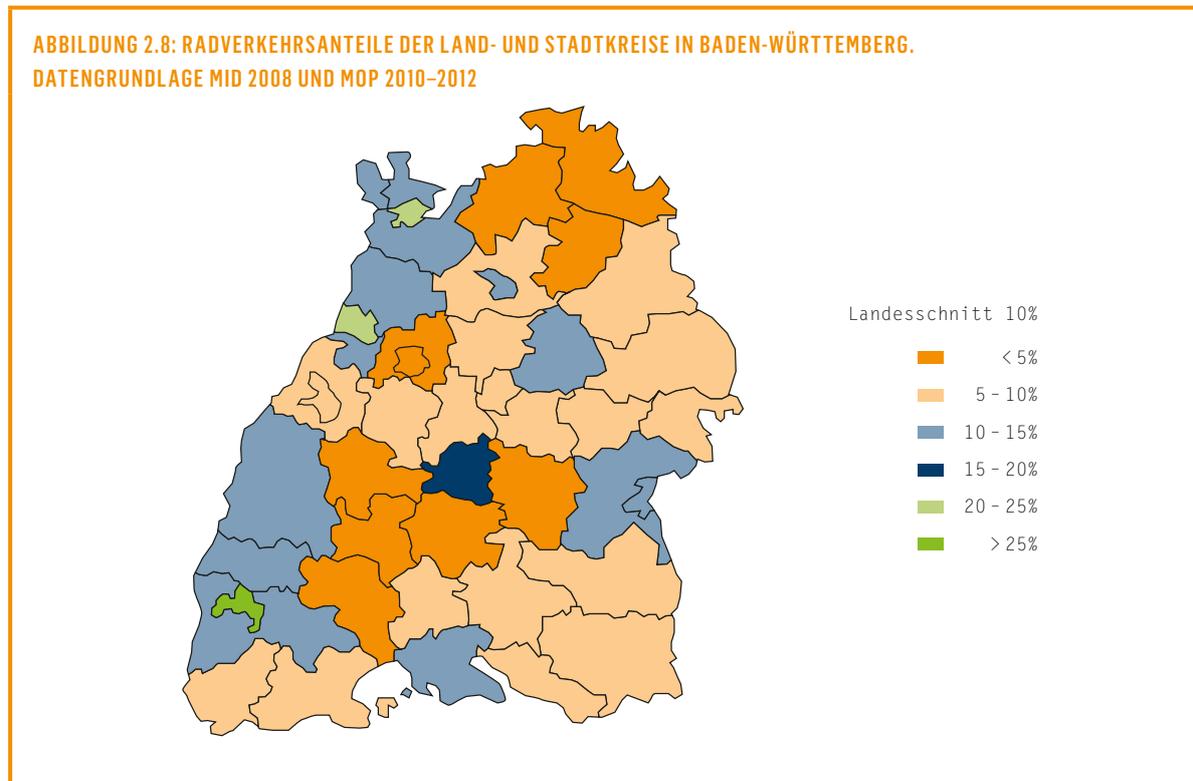
<sup>13</sup> <https://www.radkultur-bw.de/die-initiative>

<sup>14</sup> Böblingen, Filderstadt, Heidelberg, Heilbronn, Herrenberg, Kirchheim unter Teck, Lörrach, Ludwigsburg, Mannheim, Neckarsulm, Tübingen, Schwäbisch Gmünd, Singen

schnittlich für die Stadtgröße – auch wenn die Topographie ein zentrales Hemmnis ist. Die Umsetzung einer besseren Radkultur erfolgt demnach nur sehr langsam und kleinteilig, das Erreichte wird aber als gut bewertet. Dies wurde auch durch andere Expertengespräche (Experteninterview) bestätigt. Gleichmaßen werden von den interviewten Experten die vielen Bottom-up-Initiativen hervorgehoben, die sich um die Förderung des Radverkehrs bemühen. Sie haben dabei die vielfältigen ökologischen, sozialen und ökonomischen Vorteile im Blick, wie z. B. Gesundheitsförderung, soziale Integration, Lärmreduktion, Aufenthalt.

### 2.1.10.2. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND UNSICHERHEITEN

Insgesamt lässt sich in den letzten zehn Jahren in Deutschland eine steigende Radverkehrsnutzung feststellen (Bsp. Berlin, Frankfurt, Heidelberg, Offenburg). Vor allem in Großstädten scheint es einen Fahrradtrend zu geben, auch in Städten in Baden-Württemberg. In den Experteninterviews wurde hervorgehoben, dass das Verlagerungspotenzial auf den Radverkehr vor allem in Klein- und Mittelstädten noch nicht gehoben ist, da es häufig Vorbehalte bezüglich verkehrsplanerischer Verbesserungen in den Planungsverwaltungen gäbe.



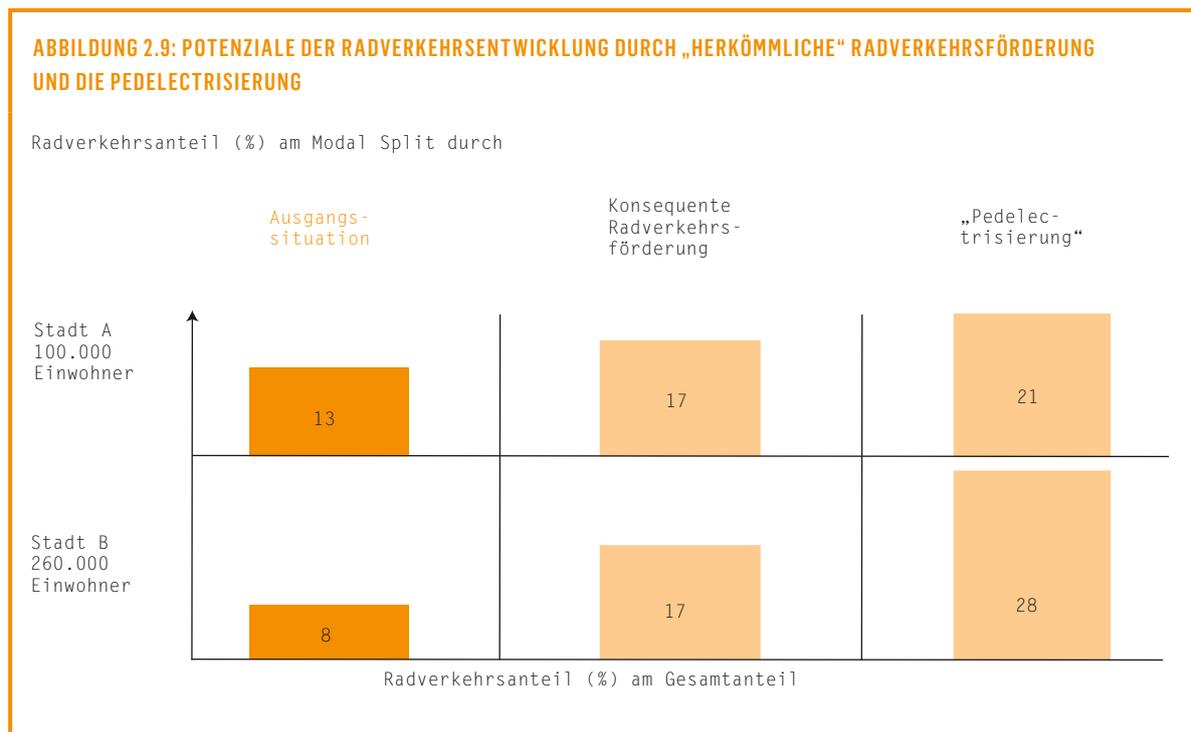
Quelle: in Anlehnung an INOVAPLAN GmbH (2015). Radverkehr in Baden-Württemberg. Bericht. Karlsruhe

In Baden-Württemberg gibt es 10 Mio. (verkehrstüchtige) Fahrräder bei 10,7 Mio. Einwohnern – die Verfügbarkeit ist demnach sehr gut (difu; BMVI 2014). Etwa ein Drittel der Bevölkerung nutzt einmal in der Woche (oder öfter) das Fahrrad (MVI 2016). Weitere Daten zur Nutzung und zum Verkehrsverhalten in regionaler Differenzierung oder in Gebietskategorien liegen leider nicht vor. Das MVI beschreibt die Datenlage selbst als schlecht. Zu weiteren Aussagen über Fahrradnutzung/Verkehrsanteile siehe 3.1.2.

Als Potenzial werden auch explizit die derzeitigen Weichenstellungen in Stuttgart erachtet. Wenngleich die Realisierung von Stuttgart 21 weiterhin umstritten ist, birgt das Vorhaben durch das Freiwerden von Bahntrassen enormes Potenzial für eine fahrradgerechte Infrastruktur (Experteninterview): Bahntrassen wie die Gäubahn durch den Stuttgarter Westen, aber auch entlang des Neckars und der Pragtunnel könnten mittelfristig in attraktive und komfortable Rad(schnell)wege umgenutzt werden und so Verbindungen mit bequemer Steigungsgestaltung in die Stadtteile und ins Umland geschaffen werden.

Das Vorhandensein eines Fahrradtrends lässt sich auch an den Verkaufszahlen von Neufahrrädern messen. Die Aussagen hierzu beziehen sich insgesamt auf Deutschland – wir gehen von derselben Entwicklung für Baden-Württemberg aus. Marktstudien und die Marktbeobachtung von Fahrradherstellern zeigen, dass die Ausgabebereitschaft für ein Neufahrrad in der Bevölkerung ansteigt (Rose Versand GmbH 2014; ZIV 2015). Vor allem aber im Bereich der E-Bikes und Pedelecs ist ein enormer Anstieg in den letzten Jahren zu beobachten. Die Steigerung bei E-Bikes beträgt derzeit ca. 4 % p.a. Dies wird zusätzlich gefördert durch die steuerrechtliche Gleichstellung von Dienstfahrrädern und Dienstwagen. Immer mehr Unternehmen stellen ihren Beschäftigten Fahrräder und E-Bikes bereit. Die E-Bike-Nutzung steigt an – nicht nur in der Freizeit, sondern auch für Arbeitswege. Die Vorstellung, dass E-Bikes vor allem von älteren Personengruppen und in der Freizeit genutzt werden, hat sich inzwischen überholt. Nutzen-

de sind auch Radler/innen als Pendler/innen sowohl in suburbanen als auch ländlichen Gegenden. Letztere haben so z. B. eine schnelle Zubringermöglichkeit zum SPNV. Eine BAST-Studie aus dem Jahr 2012 hat sich mit den Umweltentlastungspotenzialen der Pedelectrisierung (Verbreitung von elektrisch unterstützte Hybridantrieben im Fahrradbereich) beschäftigt. Dabei wird deutlich (Abbildung 2.9), dass in größeren Städten erheblich höhere Verlagerungen auf den Radverkehr möglich sind. Die Potenziale der Pedelectrisierung im Bereich der Klein-, Express- und Paketdienstleistungen (Wirtschaftsverkehr) sind erst in Ansätzen gehoben und verschiedene Studien (BentoBox Berlin 2012; Gruber 2015; IHK Region Stuttgart 2012; Experteninterview) deuten an, dass hier vor allem in Kernstädten effizientere und umweltfreundlichere Wirtschaftsverkehre möglich sind, sofern entsprechende Infrastrukturen (Umschlagpunkte) geschaffen werden.



Quelle: in Anlehnung an BAST 2013



Die voranschreitende digitale Vernetzung beeinflusst das Radfahren, v. a. im Freizeitbereich. Über mobiles Internet und GPS vernetzte Fahrräder und Radverkehrsinfrastruktur machen mobile Informationen, Wegweisung und Umleitungen v. a. im touristischen Bereich möglich (Rose Versand GmbH 2014). Dies wird weiterhin den Alltagsverkehr verändern.

Ein weiterer Trend der letzten Jahre – dessen ökonomische Tragfähigkeit zwar nicht überall gegeben ist – sind Fahrradverleihsysteme. Auch in Baden-Württemberg gibt es in zahlreichen Städten Angebote. Insbesondere an Schnittstellen zum ÖV als Zubringerfunktion haben Fahrradverleihsysteme großes Potenzial. Auch Systeme wie zuletzt die in Offenburg eingeführten Mobilitätsstationen, an denen ÖV, Carsharing, Bikesharing und Mobilitätsinfos verfügbar sind, können hier als wegweisend und für die weitere Entwicklung bestimmend gesehen werden. Sie ermöglichen es Bewohnern, Pendlern und Gästen eines Ortes, sich unkompliziert und flexibel von A nach B bewegen zu können. Eine strategische Ausweitung dieser Mobilitätsstationen in Wohngebieten und z. B. an Haltepunkten des SPNV in Ballungsräumen könnte ein neuer Weg sein. Fahrradverleihsysteme sind zudem auch in vielen Städten als Sympathieträger zu sehen und können die Radkultur stärken.

Unsicher ist, wie sich auf der Verkehrsverhaltensebene die weitere Entwicklung der Fahrradnutzung darstellt. Es stellt sich die Frage, ob der Fahrradboom doch eher ein urbanes Phänomen ist. Ebenso sind die Wechselwirkungen mit flexiblem Carsharing bzw. dem autonomen Fahren unklar.

Die bisherige Förderung konnte die leichter zugänglichen Potenziale abschöpfen. Wesentliche Steigerungen in den Radverkehrsanteilen erfordern in Zukunft größere Umgestaltungen und werden daher schwieriger zu erreichen sein. Vor allem innerorts und in Städten bedürfte dies der Umgestaltung des Straßenraums, um eine adäquate Infrastruktur zu schaffen.

Bezüglich der Umweltwirkungen sind hohe Radverkehrsanteile unumstritten (CO<sub>2</sub>, Luft- und Lärmemissionen). Trotzdem kann in den aktuellen Diskussionen immer wieder festgestellt werden, dass sowohl im Bereich des Personen- als auch im Wirtschaftsverkehr die Wirkungen auf urbane Räume bezogen werden. Betrachtet man den entfernungsbezogenen Modal Split, wird klar, dass eine Verlagerung auf das Fahrrad und

auch das Pedelec nur für kurze und mittlere Distanzen (bis 20 km) möglich ist – und dann auch z. T. besonderer Infrastruktur bedarf (Radschnellverbindungen). Erst wenn das Fahrrad als Teil eines gut vernetzten multimodalen Verkehrssystems gesehen wird – also in Verknüpfung mit einem attraktiven ÖPNV und Sharing-Angeboten, leisten hohe Radverkehrsanteile in der Fläche einen Beitrag zu den ökologischen Zielen.

Die ökonomischen Vorteile sind einmal auf der Seite der Nutzer/innen zu sehen – Rad (und Fuß-)verkehr sind für die allermeisten sozialen Gruppen zugänglich und erschwinglich. Der Radverkehr hat jedoch auch für das lokale Gewerbe (Einzelhandel, aber auch Dienstleistungen) belebende Funktion. Die Fahrradwirtschaft, Fahrradsportindustrie und der Fahrradtourismus sind in den letzten Jahren in vielen Regionen wichtige Einnahmequellen geworden (VSF 2015). Durch die Abhängigkeit der Radverkehrsattraktivität von Siedlungsdichte, Topographie und Wettereinflüssen ist es wichtig, bestimmte räumliche Differenzierungen vorzunehmen – in gebirgigen Gegenden und sehr ländlichen Gebieten (weite Strecken) muss in Baden-Württemberg das realistische Potenzial sicher geringer eingeschätzt werden als in urbanen Gebieten.

## 2.2. DIE MOBILITÄTSWIRTSCHAFT IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Teil des Projekts ist eine Bestandsaufnahme der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft insbesondere mit Blick auf ihren Beitrag zu Wertschöpfung und Beschäftigung (Arbeitspaket 2). Schwerpunkt der Betrachtung ist der Verkehr als der Aspekt der Mobilität<sup>15</sup>, der konkrete Ortsveränderungen ermöglicht bzw. die „physische Mobilität“ (vgl. Knoflacher 2013: 7) mit den dafür erforderlichen Fortbewegungsmitteln, den Fahrzeugen und der dafür erforderlichen Sachausstattung wie Verkehrsstrassen, Tankstellen, Verkehrszeichen und -steuerungsanlagen (auch als „Verkehrsinfrastruktur“ bezeichnet)<sup>16</sup>. Dabei lehnt sich die vorliegende Bestandsaufnahme soweit wie möglich an gängige Betrachtungen der Verkehrszweige bzw. der jeweiligen Verkehrsmittel an, weil auf dieser Differenzierung die in

<sup>15</sup> Die Differenzierung von Verkehr und Mobilität baut auf die Darstellung in Kapitel 2.1 auf.

<sup>16</sup> Außen vor bleibt bei der Betrachtung, inwieweit ein „fließender Verkehr“ Voraussetzung für den funktionierenden Wirtschaftsraum ist, wie es ein Experte der Antriebstechnik formulierte.

den folgenden Arbeitspaketen des Projekts erstellten Szenarien und insbesondere die Modellierung unterschiedlicher Verkehrsszenarien aufbauen. Damit erfolgt in diesem Projekt vermutlich die erste umfassende Darstellung der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft über die unterschiedlichen Verkehrsmittel hinweg<sup>17</sup>. Soweit wie möglich orientiert sich die Gliederung an den Wertschöpfungssegmenten: „Entwicklung und Herstellung der Verkehrsmittel“, „Handel und Vertrieb“ sowie die „Instandhaltung und Wartung“, „Transport- und Beförderungsdienstleistungen“, ergänzende „Finanz- und Versicherungsdienstleistungen“ sowie die Herstellung, der Bau und der Betrieb der Verkehrsinfrastruktur<sup>18</sup>. Im Projekt unterschieden werden über die häufig dargestellten Verkehrszweige (Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr) hinaus der Pkw-, der Omnibus- sowie der Nutzfahrzeugverkehr, der Schienenverkehr, der Luftverkehr, Krafträder, Fahrräder sowie der Schiffsverkehr<sup>19</sup>.

Zu den einzelnen Verkehrszweigen gibt es in der Literatur viele Darstellungen. Für den in diesem Projekt geforderten Gesamtblick bestand jedoch die Herausforderung einer systematischen Betrachtung der verschiedenen Verkehrsmittel und ihrer Wertschöpfungsketten in Baden-Württemberg. Es gibt weitere

Kategorisierungen wie beispielsweise die Unterscheidung des (motorisierten) Individualverkehrs und des öffentlichen Verkehrs oder des Nah- und Fernverkehrs. Diese sind jedoch nicht vollständig deckungsgleich mit den einzelnen Verkehrsmitteln: So gibt es Angebote des öffentlichen Verkehrs sowohl „auf der Straße“ durch Omnibusse als auch auf der Schiene (Eisenbahnen, Straßenbahnen). Oder beim Schienenverkehr werden sowohl der Fern- als auch der Nahverkehr in Eisenbahnen erbracht, während die Verkehrsleistung der Straßenbahnen vollständig zum Nahverkehr gerechnet wird. Auch die Einteilung in Personen- und Güterverkehr kann nicht auf einzelne Verkehrsmittel übertragen werden.

Im Sinne einer „nachhaltigen Mobilität“ sollten hier alle Verkehrsmittel betrachtet werden – damit Fußgänger/innen und Fahrradfahrer/innen ebenso wie die motorisierten Verkehrsmittel berücksichtigt werden. Detailliert betrachtet werden dabei vor allem die motorisierten Verkehrsmittel. Fußgängerinnen und Fußgänger bzw. die zu Fuß zurückgelegten Wege als „nicht motorisierter Individualverkehr“ sind für eine nachhaltige Mobilität von großer Bedeutung. Sie bleiben hier außen vor, weil die wirtschaftlichen Effekte des „Zufußgehens“ nicht in den üblichen statistischen Daten erfasst werden.<sup>20</sup>

**TABELLE 2.5: ÜBERSICHT MOBILITÄTSWIRTSCHAFT IM PROJEKTVERSTÄNDNIS**

| Verkehrszweige  | betrachtete Verkehrsmittel  |
|-----------------|---|
| Straßenverkehr  | Kraftfahrzeuge: Pkw, Omnibusse und Nutzfahrzeuge, Fahrräder (nicht betrachtet: Fußgänger) |
| Schienenverkehr | Eisen- und Straßenbahnen  |
| Luftfahrt       | Flugzeuge   |
| Schiffahrt      | (Binnen-)Schiffe  |

Quelle: eigene Darstellung

17 Auch für die Bundesebene wurde keine Zusammenstellung der Beschäftigten oder der Wertschöpfung für alle hier betrachteten Verkehrsmittel gefunden.

18 Die Zusammenstellung von Beschäftigung und Wertschöpfung differenziert nach Wertschöpfungsschritten bildet die Grundlage für das Arbeitspaket 4, in dem die Folgen eines „klimaneutralen Verkehrs“ für die baden-württembergische Mobilitätswirtschaft in einer Modellrechnung ermittelt werden. Außen vor bleiben Wirtschaftsbereiche, die sich kaum einzelnen Verkehrsmitteln zuordnen lassen, wie z.B. der Tourismus oder Datenverarbeitung/Datenaustausch.

19 Diese Differenzierung ist genauer als beispielsweise die des Bundesministeriums für Verkehr und Infrastruktur, die lediglich die Verkehrsträger Straße, Schiene, Wassertrassen und Luftverkehr trennt (vgl. [http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrstraeger/verkehrstraeger\\_node.html](http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrstraeger/verkehrstraeger_node.html), abgerufen am 2.8.2016). Andere Einteilungen der Verkehrszweige lehnen sich an den Modal Split an, bei dem in der Regel zwischen öffentlichem Verkehr, motorisiertem Individualverkehr, Fahrradverkehr und Fußwegen unterschieden wird.

20 Im Gesamtprojekt werden sie in den Arbeitspaketen 3 und 4 berücksichtigt und hier im Endbericht ausführlicher in den Kapiteln 2.1 sowie in den Szenarien (Kapitel 5, 6 und 7) dargestellt.

In einem umfassenden Verständnis von „Mobilität“ bzw. „Mobilitätswirtschaft“ werden damit hier alle Verkehrsmittel<sup>21</sup> betrachtet, die zur tatsächlichen Ortsveränderung eingesetzt werden.

Um einen aktuellen Blick auf die baden-württembergische Mobilitätswirtschaft werfen zu können, wurde für diese Bestandsaufnahme in aktuellen Studien, Unternehmensveröffentlichungen sowie in der Berichterstattung in Fach- und Tageszeitschriften recherchiert. Außerdem wurden in der ersten Projekthälfte leitfadengestützte Experteninterviews mit zehn Fachleuten<sup>22</sup> aus Unternehmen der jeweiligen Teilbranchen, aus Verbänden und aus der Wissenschaft geführt. Die Informationen aus diesen vertraulichen Gesprächen fließen anonymisiert, aber als Expertenaussage gekennzeichnet, in den Projektbericht ein. Stark verändert haben sich die Agenden der Unternehmen im letzten Projektjahr als Folge der öffentlich breit geführten Diskussion um den Abgas-Skandal bei mittlerweile fast allen Automobilherstellern und die damit zusammenhängende Diskussion um schärfere Abgasnormen und Fahrverbote. Das erschwert den Blick auf einzelne Segmente der Mobilitätswirtschaft.

### 2.2.1. PKW, OMNIBUSSE UND NUTZFAHRZEUGE: DIE KFZ-WIRTSCHAFT

In Baden-Württemberg steht einem großen Anteil der Pkw am Verkehr insgesamt auch eine große Bedeutung der Automobilwirtschaft an der gesamten Wirtschaft gegenüber, insbesondere bei der Produktion der Fahrzeuge. Das Bundesland gilt weltweit als eins der führenden Zentren der Automobilindustrie und als Beispiel für einen vollständigen „Automotive-Cluster“ (Dispan et al. 2015: 75), die „Wirtschaftsstruktur [...] wird [...] vom Automobilbau dominiert“ (Zanker et al. 2015: 6). Hier sind mit Daimler, Porsche und Audi (als Marken des Volkswagenkonzerns) drei weltweit erfolgreiche Premiumhersteller vertreten. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Zulieferer aus ganz unterschiedlichen Branchen: von der Elektrotechnik bis hin zu Ingenieur- und

IT-Dienstleistern. Private und öffentliche Forschungsinstitute sowie Clusterinitiativen wie zum Beispiel e-mobil BW oder die Clusterinitiative Automotive Region Stuttgart (CARS) ergänzen das Automotive-Cluster.

Hervorzuheben ist zum einen die Spezialisierung auf das Premiumsegment insbesondere bei den Automobilherstellern, die in den letzten Jahren von der wachsenden Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Fahrzeugen profitiert haben (a. a. O.: 77). Zum anderen ist das baden-württembergische Cluster stark auf den Antriebsstrang und bislang auf Verbrennungsmotoren orientiert. Bei den Zulieferern besteht hier die Tendenz, in Baden-Württemberg vor allem für den Antriebsstrang von Nutzfahrzeugen zu produzieren<sup>23</sup>. *„Die drei großen und in Baden-Württemberg vertretenen Automobilhersteller bieten mit ihren breit aufgestellten Konzernen eine große Modellpalette an: Volkswagen hat die Marken Porsche und Audi, ist außerdem ein großer Bushersteller (MAN, Scania) und produziert auch Transporter sowie kleine Liefer-Lkw. Daimler produziert neben den Pkw auch Busse in Mannheim und Neu-Ulm und ist der größte Nutzfahrzeughersteller weltweit. Außerdem sitzt die Entwicklung bei Daimler zum großen Teil auch für die Nutzfahrzeuge hier in Stuttgart. Bosch deckt als Zulieferer eine noch breitere Spanne vom Pedelec bis zum Nutzfahrzeug und zu Bussen ab und liefert weltweit Bauteile und Systemlösungen an nahezu jeden Fahrzeughersteller“* (Experte Antriebstechnik).

Die Automobilwirtschaft steht seit Jahrzehnten in einem kontinuierlichen Strukturwandel. Nach dem „Vereinigungs-Boom“ folgte Anfang der 1990er-Jahre eine Krise der baden-württembergischen (und deutschen) Automobilhersteller. Sie war durch Überproduktion und Absatzschwierigkeiten, aber auch durch (produktions-)strukturelle Schwierigkeiten der Hersteller geprägt. Mit neuen Produktionskonzepten (in Analogie zum „Toyota-Modell“) und effizienterer Logistik können jedoch gerade die baden-württembergischen Hersteller in den letzten zehn Jahren vom weltweiten Wachstum im Premiumsegment profitieren. Gleichzeitig verschiebt sich die Nachfrage seit Langem ins Ausland, derzeit insbesondere nach Asien. Damit einher geht eine Verschiebung der Produktion bei den Herstellern und ihren Zulieferern, der – möglicherweise zunehmend – auch Forschung und Entwicklung folgen.

21 Der Begriff der „Verkehrszweige“ umfasst sowohl die Verkehrsmittel, also die Fahrzeuge zum Personen- und Gütertransport, als auch die Verkehrsträger, die physikalischen Medien, auf bzw. in denen der Personen- und Gütertransport stattfindet. Hier wird auf die „Verkehrsmittel“ Bezug genommen.

22 Den Expertinnen und Experten wurde Vertraulichkeit und Anonymität zugesichert. Deshalb werden sie hier nur mit einem Stichwort zu ihren jeweiligen Arbeitsschwerpunkten unterschieden.

23 Die Produktion von Teilen und Komponenten für Pkw findet eher an Standorten in Osteuropa statt.

Neben diesem seit Jahrzehnten laufenden Strukturwandel in der Branche steht die baden-württembergische Automobilwirtschaft aktuell vor Herausforderungen durch (siehe z. B. SMS o. J.: 15):

- ▶ den absehbaren Wandel der Antriebstechnik zur Verringerung der Emissionen bis hin zu „Null-Emission“ mit elektrischen Antrieben;
- ▶ autonomes Fahren in enger Verbindung mit dem „vernetzten Fahrzeug“ und neuen Konkurrenten auf dem internationalen Markt (Google u. ähnliche IT-Konzerne) sowie
- ▶ die Entwicklung und das Angebot ergänzender Mobilitätsdienstleistungen, bei denen die baden-württembergischen Unternehmen ebenfalls auf neue Konkurrenz auf einem weltweiten Markt stoßen.

Eine besondere Herausforderung ergibt sich daraus, dass die baden-württembergische Automobilindustrie (insbesondere die Hersteller) mit einer Exportquote von mittlerweile über 70% sehr stark am Weltmarkt orientiert ist. In Verbindung mit dem hohen Anteil der Automobilindustrie trägt dieser Export wesentlich zur Wertschöpfung und Beschäftigung in der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft bei<sup>24</sup>. Für eine nachhaltige Mobilität kann darin ein Vorteil gesehen werden: *„Dieser Markt wird 2050 davon geprägt sein, dass etwa die Hälfte der bis zu 10 Mrd. Menschen in Großstädten leben wird. Dann sind Produkte gefragt, die zur Beförderung zahlreicher Menschen funktionieren und die deren Gesundheit nicht wesentlich beeinträchtigen. [...] Den Druck aus Klima- und Gesundheitsschutz in anderen Regionen der Welt, in Megacities, haben wir in Baden-Württemberg noch gar nicht. [...] In Relation zur Welt haben wir – auch durch den privaten und öffentlichen Einsatz von viel Geld – keine Verhältnisse wie in Peking, Shanghai oder Mexico City“* (Experte Antriebs-technik). Gleichzeitig müssen sich die baden-württembergischen Unternehmen in der weltweiten Konkurrenz bewähren: *„Der chinesische Markt spielt bei der Elektromobilität eine große Rolle, weil sie dort primär aus industriepolitischer Sicht gefördert wird. Es geht weniger um die Energiewende oder die Wahrung von Umweltstandards. Vielmehr wollen chinesische Unternehmen bei der Fahrzeugtechnik in einem großen Schritt an die Weltspitze“* (Experte Kfz V).

24 In den folgenden Projektschritten müssen Auslands- und Inlandsmarkt bei der Betrachtung stärker getrennt werden, weil eine Änderung der Mobilität zunächst Folgen für die vom Inlandsmarkt abhängige Wertschöpfung und Beschäftigung hat.

Über viele vorliegende Branchenbetrachtungen hinaus wird hier die Automobilwirtschaft von den produzierenden Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes (Hersteller und Kfz-Zulieferer) bis hin zu Dienstleistern wie Kfz-Handel, Instandhaltung und Reparatur, Entwicklungsdienstleister sowie Unternehmen der Transport- und Beförderungsdienstleistungen betrachtet.

Schon die Kernbranche des Fahrzeugbaus – die Wirtschaftsklasse 29 „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ – hat mit gut 210.500 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten einen Anteil von etwa 5% aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Baden-Württemberg<sup>25</sup>. Gut 30.000 Beschäftigte zählen zum Kfz-Handel und Handel mit Kfz-Teilen und deutlich über 50.000 Beschäftigte sind in Instandhaltung, Reparatur und Wartung von Kfz tätig. Weitere gut 60.000 Beschäftigte können aus den Mobilitätsdienstleistungen den Kraftfahrzeugen zugeordnet werden. Werden auch die Infrastrukturerstellung und Steuerung (knapp 15.000 Beschäftigte), die Energiebereitstellung (rund 5.600 Beschäftigte im Kraftstoffhandel) und in den Transport- und Beförderungsdienstleistungen mit dem großen Anteil von etwa 60.500 Beschäftigten dazu gerechnet, stellt die baden-württembergische Kfz-Wirtschaft mit gut 430.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten etwa ein Zehntel aller Beschäftigten<sup>26</sup> im Bundesland. Die hohe Bedeutung wird auch im Vergleich mit der Branche in ganz Deutschland sichtbar. Allein die „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ mit 206.922 Beschäftigten hat – ähnlich wie beim Umsatz – fast ein Viertel aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten dieser Branche in Deutschland (870.000) (Dispan 2015 et al.: 85). Bei einem Wandel der Antriebstechnik wird bei einer schnellen Abkehr vom Dieselantrieb gerade eine Gefährdung für die Beschäftigung in Deutschland und damit auch in Baden-Württemberg gesehen (Experte Kfz I). *„Für die Beschäftigung ist es ein wichtiges Signal, dass beispielsweise Porsche die Produktion des elektrisch angetriebenen Modells am Traditionsstandort Zuffenhausen plant und hier technologische Zukunft angesiedelt wird“* (Experte Kfz V).

25 Eine detaillierte Darstellung über die Beschäftigtenzahlen und die Zusammenfassung der gesamten Mobilitätswirtschaft leistet das Kapitel 2.2.6.

26 Weitere rund 100.000 Beschäftigte aus anderen Branchen liefern in Baden-Württemberg direkt der Automobilwirtschaft zu und werden in Darstellungen des Automobilclusters (z. B. Dispan et al. 2013: 79 ff.) zur Automobilwirtschaft dazu gerechnet.

Berücksichtigt werden muss außerdem, dass gerade in Baden-Württemberg Unternehmen aus vielen weiteren Branchen der Automobilwirtschaft zuliefern, wie beispielsweise der Maschinenbau, die Metallbearbeitung oder die Kunststoffverarbeitung, aber auch Entwicklungsdienstleister, Logistik- und Leiharbeitsunternehmen. Mit Blick auf einen Wandel der Antriebstechnik stellt hier die hohe Ausrichtung auf den Antriebsstrang ein besonderes Risiko für die baden-württembergische Industrie dar.

### KFZ-HERSTELLER UND -ZULIEFERER

Geprägt wird die baden-württembergische Automobilwirtschaft auf Hersteller/OEM-Seite<sup>27</sup> von der Daimler AG, der Porsche AG und der Audi AG mit einem Produktions- und Entwicklungsstandort in Neckarsulm. Gleichzeitig sind hier bedeutende Kfz-Zulieferer ansässig wie die Robert Bosch GmbH als weltweiter Marktführer, die Mahle GmbH, die Eberspächer GmbH & Co. KG, die Mann+Hummel GmbH oder die ZF Friedrichshafen AG. Auch große Kfz-Zulieferer mit Sitz in anderen Ländern haben in Baden-Württemberg Standorte wie BorgWarner Beru Systems GmbH, TRW Automotive GmbH oder die Valeo GmbH. Hier ansässig sind auch Ingenieursdienstleister wie die Bertrand AG, die Dekra SE und die MBtech Group GmbH & Co. KGaA. Dabei besteht eine enge Verbindung zwischen den hier ansässigen Herstellern und ihren Zulieferern: „Während die [...] Automobilhersteller [...] sehr stark auf internationale Märkte ausgerichtet sind, sind etliche Zulieferer stärker national, teilweise sogar regional orientiert. Mit Ausnahme der großen Systemlieferanten beliefern sie aus den Werken in der Region insbesondere die deutschen Produktionsstätten der Hersteller bzw. europäische Werke“ (Dispan et al. 2015: 81).

Insbesondere der Wandel der Antriebstechnik führt in Baden-Württemberg zu einem schwer einschätzbaren Strukturwandel mit Folgen für die Wertschöpfungskette und die Beschäftigung. „Eine bedeutende Frage in diesem Zusammenhang ist, ob der technologische Vorsprung, den die deutsche Automobilindustrie in konventionellen Technologiefeldern zweifellos hat, in ergänzter oder in neuer Form bei Elektroautos gehalten werden kann“ (Dispan et al. 2015: 77–78). Mit Blick auf den Technologiewandel besteht für die Automobilindustrie „eine große Herausforderung darin, diejenigen Technologien rechtzeitig zu identifizieren, die zukünftig Finanzierungsbeiträge für das gesamte Unternehmen leisten.

[...] Gewinnbringer sind heute noch die Produkte des Verbrennungsmotors, aus denen der Übergang zu neuen Produkten beziehungsweise die heutige Investitionsphase finanziert werden kann“ (Experten Antriebstechnik).

Der Umsatz der baden-württembergischen Automobilindustrie lag 2014 bei fast 97 Mrd. Euro, das ist gut ein Viertel des Umsatzes der gesamten deutschen Automobilindustrie (vgl. Dispan et al. 2015: 79–80). Er ist zwischen dem Krisenjahr 2009 und 2014 um 80 % gestiegen (in Deutschland knapp 40 %).

Das ist vor allem auf das Auslandswachstum der Premiummarken zurückzuführen. Der Auslandsumsatz hat sich in dieser Zeit mehr als verdoppelt und beträgt mittlerweile 73 %. Hier wird die starke Ausrichtung der Automobilindustrie auf den Weltmarkt deutlich. „Die Erfolge der deutschen und vor allem auch der regionalen Automobilindustrie werden in erster Linie in Asien (insbesondere in China) und in Nordamerika erzielt, während die Absatzzahlen in Europa bestenfalls stagnieren“ (ebd.).

Die hohe Exportabhängigkeit hat in den letzten Jahren einerseits zu einem starken Wachstum der Automobilindustrie geführt, bringt aber andererseits auch die hohe Abhängigkeit vom Weltmarkt mit sich. Gerade das starke Umsatzwachstum in den letzten Jahren festigt die Stellung der Automobilindustrie in der baden-württembergischen Industrie, fast ein Drittel des gesamten Industrieumsatzes wurde im Fahrzeugbau erreicht<sup>28</sup>. Neben dem Maschinenbau ist die „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ die zweitwichtigste Branche im Verarbeitenden Gewerbe Baden-Württembergs. Gerade in der Region Stuttgart hat ihre Bedeutung in den letzten 20 Jahren kontinuierlich zugenommen: Während noch Anfang der 1990er-Jahre im Fahrzeugbau knapp ein Drittel des regionalen Industrieumsatzes erwirtschaftet wurde, übersprang er 1999 die 40 %-Marke und im Jahr 2006 sogar die 50 %-Marke (Dispan et al. 2015: 81).

Bei der Wertschöpfung erbrachte allein der Fahrzeugbau 2013 mit knapp 34,3 Mrd. Euro einen Anteil von 9 % der Wertschöpfung in Baden-Württemberg, 2008 waren das noch 7,5 %. Für ganz Deutschland liegt der Anteil des Fahrzeugbaus bei 4,4 % der Bruttowertschöpfung.

<sup>28</sup> Durch die wirtschaftlichen Verflechtungen mit anderen Branchen können sogar etwa zwei Drittel des Industrieumsatzes auf das „Automotive-Cluster“ in der Region zurückgeführt werden.

<sup>27</sup> OEM – Original Equipment Manufacturer bzw. Erstausrüster

### HANDEL, INSTANDHALTUNG UND REPARATUR

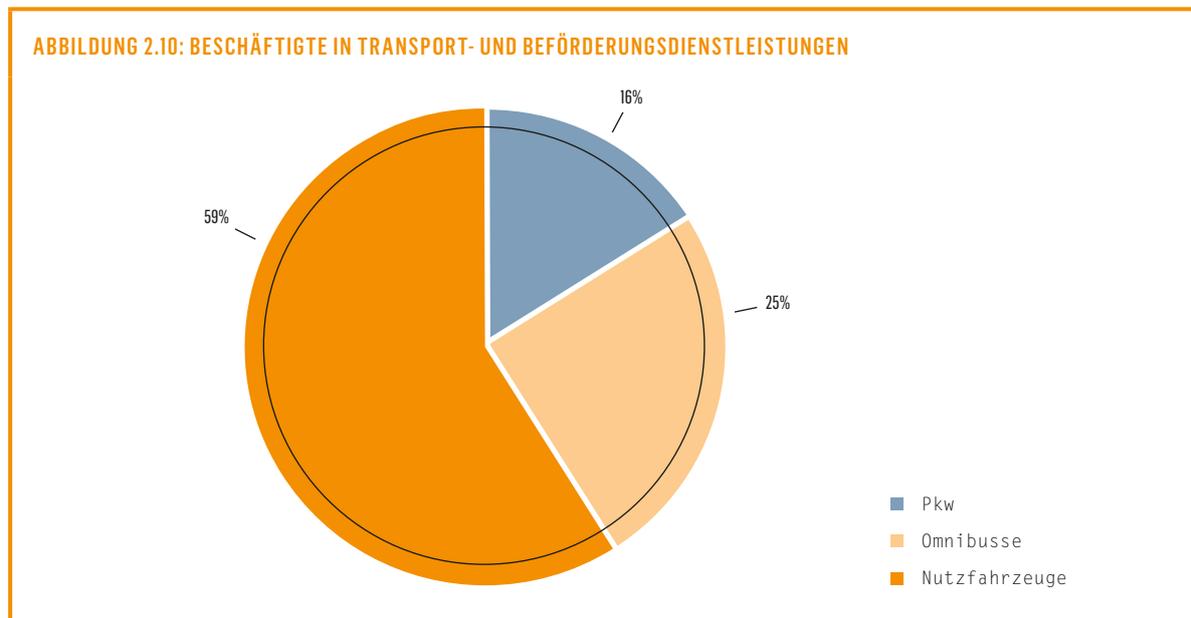
Neben der Herstellung von Kraftfahrzeugen gehören Dienstleistungsbranchen wie der Handel sowie die Instandhaltung und Reparatur zur Kfz-Wirtschaft. In Baden-Württemberg zählen etwa 14.600 Unternehmen dazu<sup>29</sup> (Hin 2015: 24). Gut die Hälfte dieser Unternehmen handelt vorwiegend mit Kraftwagen bzw. Kraftwagenteilen und -zubehör, etwas weniger als die Hälfte bietet vor allem Instandhaltungs- und Reparaturdienstleistungen an. Diese Branche erwirtschaftet einen Umsatz von rund 30 Mrd. Euro im Jahr (ebd.).

Nach der Beschäftigtenstatistik sind in Baden-Württemberg rund 85.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Handel, der Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen tätig. Sie verteilen sich zu etwa 42 % auf den Handel mit Kraftwagen, zu 20 % auf den Handel mit Kraftwagenteilen, zu 35 % auf die Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen und zu etwa 2 % auf den Handel, die Instandhaltung und Reparatur von Krafträdern (Hin 2015: 24). Das Kfz-Gewerbe ist von Kleinunternehmen geprägt, mehr als vier Fünftel beschäftigen weniger als 10 Personen (Hin 2015: 25–26), weniger als 1 % hat 100 oder mehr Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Die Unternehmen mit Kfz-Handel sind mit durchschnittlich 10 Beschäftigten etwas größer als diejenigen Unternehmen, die vor allem Instandhaltung und Reparaturen anbieten (6,2 Beschäftigte je Unternehmen) (ebd.). Die „Handelsunternehmen“ sind in dieser Branche auch am umsatzstärksten (im Durchschnitt gut 3,5 Mio. Euro Jahresumsatz je Unternehmen), leicht darunter liegt der Handel mit Kraftfahrzeugteilen und Zubehör (knapp 3 Mio. Euro), deutlich niedriger die Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen (knapp 0,7 Mio. Euro) sowie der Handel, die Instandhaltung und Reparatur von Krafträdern (0,5 Mio. Euro) (Hin 2015: 26). Damit erwirtschaften die Handelsunternehmen fast den fünffachen Umsatz der Reparaturbetriebe (ebd.).

### MOBILITÄTSDIENSTLEISTUNGEN

Mit Pkw, Omnibussen und Nutzfahrzeugen erbringen etwas über 60.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte Transport- und Beförderungsdienstleistungen, davon der größte Teil (fast 36.000) in der Güterbeförderung im Straßenverkehr.



Quelle: Daten der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

<sup>29</sup> In der Wirtschaftsstatistik werden auch die über 700 Unternehmen dazu gezählt, die mit Krafträdern handeln oder für diese Instandhaltungs- und Reparaturdienstleistungen anbieten (Hin 2015: 24).

Aufgeteilt nach Verkehrsmitteln können etwa 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte den Transport- und Beförderungsdienstleistungen mit Pkw zugerechnet werden. Darunter fällt beispielsweise der Betrieb von Taxis mit etwa 60 % dieser Beschäftigten, aber auch die Vermietung von Kraftwagen einschließlich der Carsharing-Anbieter.

In der Personenbeförderung in Omnibussen sind knapp 16.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte tätig, davon über zwei Drittel im Nahverkehr.

Die Nutzfahrzeuge dienen dem Gütertransport, neben der schon angeführten Güterbeförderung im Straßenverkehr werden in diesem Projekt auch die Umzugstransporte mit knapp 1.000 Beschäftigten gezählt.

*„Gemessen am Transportaufkommen wird die Güterbeförderung im Straßenverkehr noch immer von inländischen Anbietern dominiert. Ihr Marktanteil liegt bei knapp 90 %. Grenzüberschreitende Transporte werden hingegen nahezu ausschließlich von ausländischen Unternehmen durchgeführt“* (bvr 2016). Bei weiterer Globalisierung und Minimierung der Lagerhaltung in der Industrie rechnet die Branche mit einem weiteren Bedarf an Transportdienstleistungen (bvr 2016). Da jedoch weitere Marktanteile an ausländische Anbieter gehen werden, dürfte das Transportaufkommen der inländischen Unternehmer eher stagnieren (ebd.).

Die Transport- und Beförderungsdienstleistungen werden etwa seit 2005 durch ein neues Angebot der Automobilhersteller ergänzt (Kalmbach et al. 2005: 137 f.): Die als rechtlich eigenständig organisierten „Autobanken“ bieten vor allem die Finanzierung und das Leasing von Fahrzeugen an. Neue Mobilitätsdienstleistungen haben an diesem Dienstleistungsangebot sowohl von den Umsätzen als auch von der Beschäftigung her derzeit erst einen sehr kleinen Anteil (Experte Autobank). Gleichwohl bauen alle Hersteller und auch einige der großen Zulieferer eigene Mobilitätsdienstleistungen und -plattformen auf und kooperieren dazu mit anderen Anbietern.

Diese Veränderungen – wenn auch mit unterschiedlichen Ausprägungen – finden weltweit statt und sind eng mit neuen Fahrzeug- und Antriebskonzepten verbunden, sei es als

- ▶ elektrisch angetriebene Kleinwagen, die als MCV (Megacity Vehicle) speziell für Ballungsräume konzipiert werden (Audi AG 2011: 22);
- ▶ Fahrzeugflotten, die flexibel als Sharing-Modell genutzt werden können (Carsharing und neue Anbieter wie car2go);
- ▶ Zugänge zu einer besseren Vernetzung der unterschiedlichen Verkehrsmittel und einer vereinfachten Abrechnung über Apps wie moovel oder „Mobilitätskarten“ wie die Polygo-Card des Verkehrsverbunds Stuttgart.

Neben einem möglichst komfortablen Zugang zu einer breiten Spanne von Verkehrsmitteln soll über die Wahl des jeweils wirtschaftlichsten bzw. ökologisch günstigsten Fahrzeugs auch eine höhere Nachhaltigkeit des Verkehrs erreicht werden (vgl. Kollosche; Schwedes 2016: 16). *„Die Verkehrsleistung bezieht sich auf die Anzahl der Fahrgäste (bzw. die Menge der Güter), die zurückgelegte Strecke und die Ausdehnung der Verkehrsfläche. Ein breites Spektrum an Verkehrsmitteln und ein kluger Einsatz der Maschinen ist aus Ingenieursicht die beste Option. Mit der höchstmöglichen Dichte gehen dann auch die niedrigsten ökologischen Implikationen einher. Damit wird die ganze Palette von Verkehrsmitteln benötigt“* (Experten Antriebstechnik). Gerade im ÖPNV hängt die Nachhaltigkeit weniger vom Antrieb als von der Auslastung der Fahrzeuge ab, „volle Busse sind klimafreundlich, leere nicht“ (Experte Verkehrsplanung).

Gerade bei den neuen Mobilitätsdienstleistungen treten die klassischen Fahrzeughersteller und die großen Kfz-Zulieferer mit Unternehmen aus den Informations- und Kommunikationstechnologien in Konkurrenz. *„Google, Amazon und Tesla haben in sehr kurzer Zeit das nötige Know-how entwickelt und drängen mit neuartigen Mobilitätsangeboten in Verkehrsmärkte“* (Kollosche; Schwedes 2016: 8). So will sich VW *„unter dem Begriff ‚New Volkswagen‘ [...] vom reinen Autobauer zum ‚Mobilitätsanbieter‘ entwickeln“* (Handelsblatt vom 25.1.2016<sup>30</sup>).

30 <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/vw-betriebsrat-osterloh-kritisiert-wolfsburger-sparkurs/12873886.html>; Stand 28.1.2016

„Die drei großen Unternehmen aus Baden-Württemberg (Daimler, Volkswagen mit Porsche und Audi sowie Bosch) decken die breite Produktpalette ab und setzen zudem auf die Intermodalität“ (Experten Antriebstechnik). So ist die Daimler AG neben moovel beispielsweise auch an der Smartphone-App „My Taxi“ beteiligt, die von einigen Gerichten (z. B. in Frankfurt oder Köln) verboten und von anderen zugelassen wurde (Hamburg und Stuttgart). Die Daimler-Tochter car2go bezeichnet sich selbst als „weltweit größten Anbieter stationsunabhängigen Carsharings“ mit knapp 50.000 Fahrzeugen und weltweit 1,2 Mio. Kunden. Auf Wunsch der Kunden wird das Geschäftsmodell derzeit mit größerer Modellvielfalt (zum Smart auch A- und B-Klasse sowie GLA und CLA) für unterschiedliche Mobilitätsanlässe erweitert und mit zusätzlichen Wagen vergrößert<sup>31</sup>. Allerdings werden auch noch im Geschäftsbericht 2015 Verluste für Deutschland, die USA, Kanada und Italien in Höhe von 64 Mio. Euro ausgewiesen, die auch mit den Kosten für den Geschäftsausbau begründet werden. Es gibt noch keine Aussagen darüber, wann car2go flächendeckend wirtschaftlich erfolgreich arbeiten könnte<sup>32</sup>. Nach eigenen Angaben sind bei der Daimler AG 800 Mitarbeiter an der Forschung zu neuen Mobilitätskonzepten und neuen Antrieben beschäftigt (Stuttgarter Zeitung 01.06.2016: 11). Zudem hat die Mercedes-Benz-Bank eine Vorreiterrolle beim vollständig digitalen Fahrzeugkauf übernommen (Automobilwoche 17/18, 22.8.2016: 2) „Wer als Hersteller nur auf den Verkauf von Fahrzeugen, auf die Hardware setzt, und seine Fahrzeuge nicht über eine begleitende Mobilitätsplattform anbietet, der gefährdet das Unternehmen mit seiner Verdrängung aus dem Gesamtsystem“ (Experte Kfz III). Die auch von vielen Start-up-Unternehmen entwickelten Apps reichen vom Parkplatz-Mieten (z. B. das Kölner Unternehmen ampido) bis hin zur Paketzulieferung in den privaten Pkw (Pilotprojekt von DHL und Smart).

Auch öffentliche Verkehrsunternehmen sehen sich als Anbieter neuer Mobilitätsdienstleistungen. Mit dem Ausbau der Informationstechnik sind in immer größerem Umfang anbieterübergreifend Informationen zu durchgehenden Reiseketten oder zur Verfügbarkeit von Verbindungen nutzbar. Denkbar werden hier neue Optionen als Ergänzung des „Taktfahrplans“, bei denen

stärker nach Bedarf gefahren wird, und neue Abrechnungslösungen. Allerdings entsteht zusätzlicher Aufwand für die technischen Lösungen zum Datenaustausch und für die regelmäßige Informationspflege. Wesentlich aus Kundensicht ist dabei eine einfache Bedienbarkeit bzw. Nutzung dieser Mobilitätsdienstleistungen. „Die zukünftige Wahl des Verkehrsmittels hängt vom Komfort, der Attraktivität und Unterhaltsamkeit des Verkehrsmittels sowie vom Preis und vom Zeitaufwand für die zurückgelegte Strecke ab. Es wird eine, individuelle' Transportleistung eingekauft, nicht das Verkehrsmittel an sich. Eine Änderung des Verkehrsverhaltens kann erreicht werden, wenn mit anderen Verkehrsmitteln und ergänzenden Dienstleistungen (Abrechnung, Wegeinformationen) der eigene Aufwand geringer, die eigene Bequemlichkeit höher erscheint als mit dem privaten Pkw. Das ist wirkungsvoller als Regularien. Auch ein niedriger Preis ist sehr handlungsleitend bzw. ein einfaches Tarifsysteem oder eine einfache Abrechnung“ (Experten Antriebstechnik). Erprobt wird dies beispielsweise in Helsinki, wo eine Mobilitäts-App sowohl die Planung als auch die Zahlung über alle Verkehrsformen hinweg ermöglicht (VDV 2015: 9).

Inwieweit öffentliche Verkehrsunternehmen einen damit möglicherweise verbundenen Trend zu weiterer Flexibilisierung und Individualisierung bedienen können, ist offen. „Eine Flexibilisierung der Fahrzeuge ist schwierig, denn den größten Kostenanteil bei öffentlichen Verkehrsunternehmen machen die Personalkosten mit etwa 60 % aus. Einer Ausweitung des Angebots müssen entsprechend höhere Einnahmen folgen. Auch die höheren Kosten für den Fahrzeugpark machen flexiblere Angebote noch unwirtschaftlicher“ (Experte Verkehrsplanung).

<sup>31</sup> Die Preise bei car2go werden nach Minuten abgerechnet und liegen zwischen 24 ct je Minute (Smart) bis 34 ct, mit unterschiedlichen Fahrzeugmodellen wird das Angebot mit dem BMW-Modell „Drive now“ vergleichbar.

<sup>32</sup> Auch Uber weist für die erste Jahreshälfte 2016 noch einen Verlust von mindestens 1,27 Mrd. Dollar aus.

## TRENDS IN DER FAHRZEUGWIRTSCHAFT UND IHRE BEDEUTUNG FÜR EINEN NACHHALTIGEN VERKEHR

Immer schärfere Abgasnormen weltweit zwingen insbesondere die Kraftfahrzeugindustrie als Teil der Mobilitätswirtschaft zu technologischen Veränderungen. Vor allem drei Trends werden eng mit den Emissionen in Verbindung gebracht:

- ▶ der Wandel der Antriebstechnik von der Optimierung der bisher vorherrschenden Verbrennungsmotoren bis hin zu den elektrischen Null- bzw. „Zero-Emission“-Antrieben,
- ▶ das autonome Fahren mit seinen Potenzialen eines effektiveren – und damit möglicherweise klimaschonenderen – Verkehrs sowie
- ▶ die aktuell aufkommenden neuen Mobilitätsdienstleistungen mit neuen Geschäftsmodellen und den „neuen Konkurrenten aus dem Silicon Valley“ (Spiegel 26/2016: 62).

Hier im Vordergrund steht der Wandel der Antriebstechnik hin zur Elektromobilität. Ein stärkerer Wandel wird jedoch durch das autonome und vernetzte Fahren erwartet: *„Maßgeblichen Einfluss auf das Verkehrsverhalten wird die Digitalisierung haben und wahrscheinlich mit den größten gesellschaftlichen Veränderungen einhergehen. Sie treibt gleichermaßen die Intermodalität mit Carsharing, aber auch das autonome Fahren und die Fahrzeugvernetzung an“* (Experten Antrieb). *„Alle Automobilhersteller stehen vor diesen Herausforderungen und sind auf diesen Themenfeldern unterwegs, wenn auch unterschiedlich ausgeprägt. Wirtschaftlich bedeutsam wird diese Verknüpfung durch die Frage, ob die Automobilhersteller mit ihren technischen Kompetenzen bei der Fahrzeugproduktion in der zukünftigen Mobilität weiterhin das Geld verdienen. Oder stellen sie lediglich die Hardware zur Verfügung? Das vernetzte Fahrzeug in einer vernetzten Verkehrsinfrastruktur, auf Zeit geliehen statt gekauft und abgerechnet nach Kilometern – das ist ein anderes Geschäftsmodell als Autos zu produzieren. Deshalb werden diejenigen Unternehmen im Wettbewerb gewinnen, die diese Trends am schlauesten miteinander verknüpfen. Baden-Württemberg kann hierzu mit seiner langen Automobilproduktion viel beisteuern“* (Experte Kfz V).

Die Folgen des Wandels der Antriebstechnik und des autonomen Fahrens werden mit ihren möglichen Folgen für Beschäftigung und Umsatz in der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft ausführlicher bei den Ergebnissen der Szenarien dargestellt (Kap. 5.8.3 und 5.8.4).

### 2.2.2. SCHIENENVERKEHR

Anders als bei den Kraftfahrzeugen ist der Schienenverkehr eine etablierte Form der Elektromobilität (Experten Antriebstechnik, Experte Verkehrsplanung). Die Bahnindustrie und die Schienenverkehrsunternehmen können als strategische Schlüsselindustrie gesehen werden, ohne die es keine nachhaltige Verkehrswende geben wird (Experte Bahn). Gerade im Vergleich mit den anderen Verkehrsmitteln *„weist die Schiene sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen [...] auf und hat zudem seit der Jahrtausendwende ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß stark reduziert. Gleiches gilt für den Energieverbrauch sowie die Lärmemissionen“* (Neumann; Krippendorf 2016: 20).

Bezogen auf ganz Deutschland<sup>33</sup> kann bei der Bahnindustrie von einer umfassenden Wertschöpfungskette mit industrieller Produktion, Dienstleistungen und Wissenschaft, nachfragenden Verkehrsunternehmen sowie einer starken öffentlichen Regulierung und Finanzierung gesprochen werden (Neumann; Krippendorf 2016: 15). Räumliche Schwerpunkte liegen in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Berlin und Brandenburg; Baden-Württemberg folgt als Standort der Bahnindustrie an vierter Stelle (a. a. O.: 16). Die Bahnindustrie ist mit einer Exportquote von etwa 50% ähnlich wie die Automobilindustrie stark auf den Weltmarkt ausgerichtet (Neumann; Krippendorf 2016: 18).

Bei den Branchenbetrachtungen werden der Industriemarkt mit der Herstellung der Fahrzeuge, der Infrastruktur und der Systemtechnik sowie der Transportmarkt unterschieden:

<sup>33</sup> Für die Bahnindustrie liegen keine auf einzelne Bundesländer bzw. auf Baden-Württemberg bezogenen Branchenstudien vor.

**TABELLE 2.6: SEGMENTE DES BAHNMARKTS**

| Segment                             | Produkte und Dienstleistungen   |
|-------------------------------------|---|
| Industriemarkt                      | Fahrzeuge:<br>Elektro- und Dieselloks, Elektro-/Dieseltriebwagen, Reisezugwagen, Güterwagen<br>U-Bahn-/Metro-Wagen<br>Stadtbahn-/Straßenbahnfahrzeuge |
|                                     | Systemtechnik:<br>Leit- und Sicherungstechnik<br>Fahrgastbezogene Informationstechnik   |
|                                     | Infrastruktur:<br>Fahrwege<br>Elektrifizierung  |
| Transportmarkt<br>(Verkehrsdienste) | Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)  |
|                                     | Schienenpersonennahverkehr (SPNV)   |
|                                     | Stadtverkehr auf Schienen<br>(U-Bahnen, Stadtbahn, Straßenbahn)   |
|                                     | Schienengüterverkehr (SGV)  |

Quelle: SCI Verkehr o. J.: 2

Im Schienenverkehr liegt der Umsatz der Transport- und Beförderungsdienstleistungen über dem des Industriemarkts:

- ▶ Im Industriemarkt mit bundesweit einem Marktvolumen von etwa 10 Mrd. Euro haben die Fahrzeuge mit etwa 57 % den größten Anteil, es folgt die Infrastruktur mit rund 26 % und die Systemtechnik mit 17 %.
- ▶ Der Transportmarkt liegt bundesweit mit seinem Umsatz über 20 Mrd. Euro im Jahr. Hier hat der Personenverkehr mit etwa 80 % den größten Anteil am Marktvolumen (Schienenpersonenfernverkehr: 18 % am Marktvolumen, Schienenpersonennahverkehr 44 %, Stadtverkehr auf Schienen 17 % und Schienengüterverkehr 21 %).

Trotz Öffnung des Marktes erbringt die Deutsche Bahn AG mit 86 % der Verkehrsleistung den größten Anteil; vor allem das lukrative Transportsegment S-Bahn liegt zu 94 % bei ihr (SCI Verkehr o. J.: 7). Im Regionalverkehr geht der Anteil der Deutschen Bahn zurück, die Verkehrsleistung sank auf 70,8 % im Jahr 2015. Noch stärker zurück ging ihr Anteil im Schienengüterverkehr, der Anteil sank auf 60,9 %. Lediglich im Personenfernverkehr konnte die Bahn mit ICE- und Intercityzügen ihre Verkehrsleistung erhöhen (Stuttgarter Zeitung 12.7.2016: 14). Auch in Baden-Württemberg sind in den

letzten Jahren bei einigen Ausschreibungen andere Anbieter als die Deutsche Bahn beauftragt worden.

Im Personenverkehr gilt der Schienenpersonennahverkehr als bedeutungsvollstes Segment – hier besteht der größte Markt. Gleichzeitig sind hier nach der Regionalisierung 27 durch Landesrecht geregelte und regional organisierte Aufgabenträger tätig (SCI Verkehr o. J.: 4). In Baden-Württemberg sind hier als Aufgabenträger neben der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg beispielsweise auch der Verband Region Stuttgart tätig.

„In Baden-Württemberg hat die Bahnindustrie zwar quantitativ nicht die Bedeutung der Autoindustrie, aber insgesamt ist die Branche deutschlandweit auch deutlich kleiner. Und mit Bombardier und Thales sind zwei systemrelevante Unternehmen vorhanden“ (Experte Bahn). Gerade diese beiden Unternehmen sind – typisch für Unternehmen der Bahnindustrie – stark in internationale Konzerne eingebunden und haben eine hohe Exportabhängigkeit. Aus der Beschäftigtenstatistik können in Baden-Württemberg knapp etwa 14.200 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte dem Schienenverkehr zugeordnet werden. In der Bahnindustrie mit der Herstellung von Lokomotiven und Schienenfahrzeugen sind es etwa 3.000 Beschäftigte (geschätzt, die Zahl wird aus Geheimhaltungsgründen nicht ausgewiesen). Weitere 400 können der Instandhaltung,

Reparatur und Wartung von Schienenfahrzeugen zugeordnet werden. Etwa 3.500 Beschäftigte werden für die Herstellung von Eisenbahninfrastruktur, den Bau von Bahnverkehrsstrecken sowie den Betrieb der Schienen und der Güterinfrastruktur angegeben. Mit rund 7.400 Beschäftigten haben die Transport- und Beförderungsdienstleistungen den größten Anteil am Schienenverkehr<sup>34</sup>. Diese Zahl scheint niedrig. Ein Großteil der Beförderungsleistung im Schienenfern- und -nahverkehr wird durch die DB bzw. deren Tochtergesellschaften erbracht, die ihren Unternehmenssitz in Hessen hat, und deren Beschäftigte daher nicht für Baden-Württemberg ausgewiesen werden (vgl. Glaser 2012: 4–5).

Wichtigstes produzierendes Unternehmen in Baden-Württemberg ist der Bombardier Produktions- und Entwicklungsstandort für Antriebs- und Steuerungstechnik in Mannheim mit gut 1.000 Beschäftigten (früher ABB bzw. Adtranz, seit 2001 durch Bombardier Transportation übernommen)<sup>35</sup>. Laut Bombardier steckt „10 % Mannheim in jeder Lok“. Dort werden seit gut 100 Jahren Einrichtungen, Ausrüstungen und Komponenten für Schienenfahrzeuge hergestellt, heute vor allem Antriebs- und Steuerungstechnik für Lokomotiven, Triebzüge und Straßenbahnen. Außerdem ist der Standort konzernweites Kompetenz-Zentrum für PRIMOVE, einer elektronischen Antriebs-technik einschließlich induktiver Schnellladesysteme, Batterien und Elektromotoren für Fahrzeuge von Pkw über Lkw und Busse bis hin zu Straßenbahnen (<http://primove.bombardier.com>, letzter Abruf 01.09.2016). Bombardier ist weltweit der drittgrößte Hersteller von Eisenbahnpersonenfahrzeugen (Neumann; Krippendorf 2016: 28). Noch befinden sich in Mannheim die Entwicklung und die Produktion von Stromrichtern für Lokomotiven und Straßenbahnen, allerdings gab es im Sommer 2015 bereits einen Versuch der Unternehmensleitung, die Produktion in einem Umfang von bis zu 200 Arbeitsplätzen an einen Standort in Spanien zu verlagern (Mannheimer Morgen, 10.7.2015). Erhalten bleiben sollte ein Entwicklungsstandort mit 800 Be-

schäftigten (Rhein-Neckar-Zeitung 10.7.2015). Mittlerweile konnten Betriebsrat und IG Metall in Standortverhandlungen den geplanten Stellenabbau auf etwa 50 Arbeitsplätze reduzieren.

Weitere – deutlich kleinere – produzierende Unternehmen sind zum Beispiel ZAGRO in Bad Rappenau, die auf die Ausrüstung von Straßenfahrzeugen (z. B. Unimogs oder Sprinter) mit Schienenführungen zum Rangieren auf Schienen spezialisiert sind (<http://zagro.de>, letzter Abruf 1.9.2016). Mit zur ZAGRO Group gehört mittlerweile auch Gmeinder Lokomotiven in Mosbach mit etwa 50 Beschäftigten, die kundenspezifische Lokomotiven als Einzelstücke oder in Kleinserien entwickeln, herstellen und warten (<http://www.gmeinder-lokomotiven.de>; letzter Abruf 22.6.2016). Voith Turbo in Heidenheim ist zudem ein bedeutender Zulieferer im Schienenfahrzeugbau. Ergänzend gibt es mit Thales<sup>36</sup> weltweit anbietende Unternehmen, die der Bahnindustrie beispielsweise die Steuerungstechnik zuliefern. *„Zwar gibt es bei den Schienenfahrzeugherstellern nur eine geringe Beschäftigtenzahl in Baden-Württemberg, aber die hier stark vertretenen IT-Dienstleister liefern weltweit dem Schienenverkehr zu, beispielsweise bei der Steuerungstechnik“* (Experten Antriebstechnik).

Eine große Bedeutung im Schienenverkehr hat das Schienennetz, das als „Infrastrukturengpass“ gilt. Ein weiterer Ausbau des Schienennetzes wird beispielsweise vom baden-württembergischen Verkehrsministerium für Strecken zwischen mittleren Städten gefordert, die als vernachlässigt gelten (Stuttgarter Zeitung 27.7.2016: 3). Ebenfalls eine Herausforderung im Land ist die Elektrifizierung weiterer Strecken oder der Einsatz emissionsfreier Antriebe, von den rund 4.100 km Schienenstrecken in Baden-Württemberg sind etwa 40 % nicht elektrifiziert. Einer steigenden Nachfrage nach schienengebundenen Verkehrsleistungen steht eine Mittelknappheit für Investitionen entgegen: *„Die langfristige Verkehrsprognose, die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung in Auftrag gegeben wurde, geht bis 2025 von deutlichen Verkehrszuwächsen im Schienenverkehr aus. Angesichts der eingeschränkten Möglichkeiten, den prognostizierten Verkehrszuwächsen mit umfassenden Neu- und Ausbaumaßnahmen zu begegnen, wird die Anzahl der über-*

34 In ähnlicher Größenordnung gibt das Statistische Landesamt die Zahl der baden-württembergischen Beschäftigten im öffentlichen Schienenpersonenverkehr an (ca. 3.900 Beschäftigte bei anteiliger Berücksichtigung des technischen Dienstes und der Verwaltung, Glaser 2012: 3). Aktuellere Daten aus der letzten Vollerhebung 2014 sind noch nicht veröffentlicht.

35 [http://de.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardier-com/Sites/supporting-documents/Bombardier-Transportation-SiteFactSheet-Mannheim-Germany-2011-01\\_EN.pdf](http://de.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardier-com/Sites/supporting-documents/Bombardier-Transportation-SiteFactSheet-Mannheim-Germany-2011-01_EN.pdf), letzter Abruf 30.8.2016.

36 Der größte Standort von Thales Deutschland liegt in Ditzingen, Baden-Württemberg. Insgesamt arbeiten in den acht deutschen Standorten etwa 4.500 Beschäftigte.

lasteten Streckenabschnitte aller Voraussicht nach weiter zunehmen“ (Baumgarten 2014: 53). Zudem sind Projekte zum Ausbau der Schieneninfrastruktur umstritten, das gilt in Baden-Württemberg für den Umbau des Stuttgarter Hauptbahnhofs, aber auch beispielsweise für den viergleisigen Ausbau der Rheintalbahn. Letzterer ist aktuell „offiziell“ mit einem Umfang von 7 Mrd. Euro das größte Projekt in Baden-Württemberg und soll die Lücke zum Ausbau der Alpenquerung in der Schweiz schließen. Auf Grundzüge der Trassenführung und der Finanzierung haben sich Bund und das Land Baden-Württemberg bereits vor 20 Jahren geeinigt, aber noch jetzt besteht in einzelnen Gemeinden Widerstand und die für 2020 geplante Fertigstellung des Projekts könnte sich bis 2040 verschieben (Staatsanzeiger Baden-Württemberg 3.7.2016: 9).

Transport- und Beförderungsdienstleistungen<sup>37</sup> im Schienenverkehr bieten

- ▶ immerhin acht Verkehrsunternehmen zusätzlich zur DB Personennahverkehr mit Eisenbahnen an: die Bodensee-Oberschwaben-Bahn GmbH & Co. KG (BOB) in Friedrichshafen, die Hohenzollerische Landesbahn AG (HhL) in Hechingen, die Albtal Verkehrs Gesellschaft mbH (AVG) in Karlsruhe, die Breisgau-S-Bahn GmbH und die Südwestdeutsche Verkehrs-Aktiengesellschaft (SWEG) in Lahr, die Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (RNV) in Mannheim und der Zweckverband ÖPNV im Ammertal (ZÖA) in Tübingen.
- ▶ Zusätzlich zu RNV und der AVG bzw. den VBK betreiben weitere sechs Verkehrsunternehmen in Baden-Württemberg Straßenbahnen, Stadt- und U-Bahnen<sup>38</sup>: Die Freiburger Verkehrs AG (VAG) in Freiburg, die Verkehrsbetriebe der Stadtwerke Heilbronn (SWH), die Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) und die Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH. In den jeweiligen Städten sind die Stadt- und Straßenbahnen ein wichtiges Verkehrsmittel.

Die Bahnindustrie mit ihren Zulieferern ist in Baden-Württemberg zwar sehr viel kleiner als die Kraftfahrzeugwirtschaft. Aber Lokomotiven, Triebzüge, Nahverkehrseinrichtungen sind ein wesentliches Element einer nachhaltigen Mobilität. Daher müssen sowohl die Produkte der Bahnindustrie als auch die Transport- und Beförderungsdienstleistungen hochleistungsfähig und innovativ sein, und das möglichst auf Basis einer Produktion in Baden-Württemberg bzw. Deutschland. Galt vor etwa zehn Jahren die Automobilindustrie als deutlich innovativer und der Bahn um etwa zehn Jahre voraus, hat die Bahnindustrie aktuell diesen Vorsprung fast eingeholt (Experte Bahn). Allerdings erschwert die Vielfalt der geforderten Ausrüstungs- und Ausstattungsvarianten gerade den Unternehmen der Bahnindustrie die Wettbewerbssituation (SCI Verkehr o.J.: 8). Und weltweit gibt es bei Schienenfahrzeugen Absatzschwierigkeiten (Experte Antriebstechnik). So ist beispielsweise in Deutschland gerade im wichtigen Segment des Schienenpersonennahverkehrs eine im europäischen Vergleich recht neue Fahrzeugflotte vorhanden, so dass die verfügbaren Fahrzeuglösungen für etwa die nächsten drei Jahrzehnte festgelegt sind und wenig Spielraum für innovative Fahrzeuglösungen zu erwarten ist (SCI Verkehr o.J.: 7).

Anfang der 1990er-Jahre wurde in der Region Karlsruhe erstmals eine Zweisystem-Stadtbahn eingeführt, die als „Karlsruher Modell“ breiter bekannt wurde. Die AVG betreibt seitdem Züge, die sowohl unter Bedingungen der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) als auch der Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab) fahren können. Neben der Voraussetzung einer gleichen Spurweite bestanden in Karlsruhe die technischen Herausforderungen bei der Integration von zwei unterschiedlichen Stromversorgungen bzw. Oberleitungsspannungen, aber auch bei unterschiedlichen Anforderungen an Beleuchtung oder Warnsignale. Außerdem muss das Fahrpersonal nach beiden Bau- und Betriebsordnungen ausgebildet sein. Mittlerweile sind durch die Karlsruher Zweisystembahnen zahlreiche Städte in der Region wie Baden-Baden und Rastatt, aber auch Bruchsal, Heilbronn und Pforzheim direkt mit dem Stadtzentrum Karlsruhe verbunden.

37 Die Angaben stützten sich auf die Veröffentlichung des VDV (VDV 2016). Zu seinen 75 baden-württembergischen Mitgliedsunternehmen gehören vor allem Verkehrsverbände und kommunale Verkehrsunternehmen, seltener private Verkehrsunternehmen.

38 Der VDV weist in seiner Statistik auch die Baden-Baden-Linie (BBL) als Unternehmen aus, die jedoch praktisch keine eigene Strecke betreibt.

Aktuell wird stärker die weitere Elektrifizierung der Strecken in Regionalnetzen diskutiert (SCI Verkehr o. J.: 4). Bei den Schienenfahrzeugen könnten Brennstoffzellen die Diesellok ablösen, das wird von der Landesagentur e-mobil BW gemeinsam mit einem Schienenfahrzeughersteller in einem Projekt bearbeitet (Experte Antriebstechnik). In aktuellen Ausschreibungen werden „*lokal emissionsfreie Antriebstechnologien wie Brennstoffzellen- oder Batterieantriebe*“ erwartet, so das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg in einer Pressemitteilung (18.11.2016). Zudem wird induktives Laden oder die Stromführung in einer Mittelschiene erprobt, um auf Oberleitungen verzichten zu können (VDB 2010: 6). Größere Fahrzeuggrößen („Gefäßgrößen“, Experte Verkehrsunternehmen) werden als eine Möglichkeit gesehen, die teilweise bestehenden Kapazitätsengpässe zum Beispiel im Berufsverkehr abzubauen.

Gerade die sich neu formierende Konkurrenz bei Mobilitätsdienstleistungen führt zu ähnlichen Überlegungen bei Trägern und Unternehmen des Schienenverkehrs. „*Die Vielzahl neuer Mobilitätsangebote, wie Auto-, Motorrad- und Fahrrad-Miet-Lösungen in den großen Ballungszentren wird den etablierten öffentlichen Nahverkehr vor zunehmende Herausforderungen stellen*“ (Neumann; Krippendorf 2016: 24). Mit der „Polygo-Card“ haben der Verkehrsverbund Stuttgart und 23 Kooperationspartner eine regionale „Mobilitätsmarke“ eingeführt. Mit dieser Karte können die Kundinnen und Kunden zusätzlich zu ihrem ÖPNV-Abonnement auch die Carsharing-Flotten von car2go, Stadtmobil und Flinkster nutzen sowie Fahrräder von Call-a-Bike und Nexter. Die Karte kann auch für weitere Funktionen genutzt werden wie bargeldloses Zahlen, die Verwendung als Ausweis der Stuttgarter Stadtbibliothek oder als Dauerparkausweis. Eine weitere Entwicklung im Schienenverkehr sind die Überlegungen bei einigen Aufgabenträgern, mit eigenen Fahrzeugpools gegenüber den Fahrzeugbetreibern als Leasinggeber aufzutreten (SCI Verkehr o. J.: 8). Zudem bestehen im Schienenpersonennahverkehr 27 nach Landesrecht bestellte SPNV-Aufgabenträger (in Baden-Württemberg ist das die Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg), was Innovationen in der Branche erschwert.

Im Schienengüterverkehr müssten die Kapazitäten auch im Sinne einer ökologisch nachhaltigeren Güterbeförderung ausgebaut werden, stattdessen plant die Bahn einen Abbau bei ihrer Tochter DB Cargo (Stuttgarter Zeitung 12.7.2016: 15). Der deutsche Güterverkehr gilt als Nadelöhr für den europäischen Schienengüterverkehr, in den europäischen Nachbarländern sind zur Kapazitätserweiterung längere Güterzüge geplant<sup>39</sup> (ebd.).

39 In Deutschland sind Güterzüge bis 740 Meter zulässig, in Frankreich sollen ab 2018 bis zu 1.000 Meter lange Züge im Regelverkehr fahren (Stuttgarter Zeitung 12.7.2016: 15).

### 2.2.3. LUFTFAHRT

In Baden-Württemberg gibt es vier Flughäfen. Mit Abstand der größte ist der Flughafen Stuttgart, auf den über 80 % der Fluggäste und sogar über 90 % des Frachtverkehrs und der Luftpost entfallen. Daneben gibt es den Flughafen Karlsruhe/Baden-Baden, der Mitte der 1990er-Jahre vom ehemaligen Militärflughafen zum zivilen Flughafen umgewidmet wurde, und den Flughafen Friedrichshafen. Noch einmal deutlich kleiner (und in der Statistik nicht erfasst) ist der City-Airport Mannheim.

Der Flughafen Karlsruhe/Baden-Baden läuft mittlerweile profitabel, er wird derzeit von der Flughafen Stuttgart GmbH betrieben<sup>44</sup>. Der Gewinn basiert jedoch zum großen Teil auf denen der Fluggesellschaft Ryanair, von der der Flughafen wirtschaftlich abhängt. Anders ist es in Friedrichshafen, wo der Betreiber nach der Insolvenz der Fluggesellschaft Ryanair Zuschüsse vom Land in Höhe von 12 Mio. Euro jährlich erhält. Der Flughafen in Mannheim wird von SAP und Heidelberg-Cement finanziert<sup>45</sup>. Gerade die Regionalflughäfen gelten aus Sicht der Wirtschaftsförderung als wichtige Verkehrsanbindung für international tätige Konzerne.

**TABELLE 2.7: FLUGHÄFEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG (2014)** <sup>40</sup>

| Flughafen             | Fluggäste  | davon im Linienverkehr [in %] | Veränderung seit 2004 |
|-----------------------|------------|-------------------------------|-----------------------|
| Stuttgart             | 9.691.000  | 96 %                          | + 92 %                |
| Karlsruhe/Baden-Baden | 947.000    | 91 %                          | + 52 % <sup>41</sup>  |
| Friedrichshafen       | 550.000    | 87 %                          | + 9,3 %               |
| Summe                 | 11.188.000 | 95 %                          |                       |

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg<sup>42</sup>, eigene Darstellung

Luftfracht und Postverkehr am Flughafen Stuttgart umfasste 2012 33.017 t, davon 96 % im Linienverkehr. Sowohl insgesamt als auch im Linienverkehr überstieg der Abgang von Luftfracht und Postverkehr ganz leicht die Ankunft (rund 2%). Seit 1995 hat das beförderte Gewicht um gut 7 % zugenommen<sup>43</sup>.

Knapp 14.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte lassen sich der Luft- und Raumfahrt in Baden-Württemberg zuordnen: rund 7.600 der Herstellung von Luft-/Raumfahrzeugen bzw. der Herstellung von Teilen, knapp 100 der Reparatur und Instandhaltung, gut 1.800 der Personenbeförderung in der Luftfahrt. Für den Betrieb von Flughäfen werden knapp 1.700 Beschäftigte angegeben und bei der Logistik weitere 2.700 Beschäftigte.

Neue Trends sind elektrisch angetriebene Passagierflugzeuge, für die es allerdings erst wenige Konzeptstudien gibt: beispielsweise der zweimotorige E-Fan von Airbus und das „X-57 Maxwell“, das die US-amerikanische NASA entwickeln will (ct 15/2016: 44). Erheblich stärker diskutiert wird der Einsatz von „Drohnen“ (unbemannte, kleine Fluggeräte). Diese sollen unter anderem für den Gütertransport bei kleinen Lieferungen eingesetzt werden. Erste Tests laufen, DHL setzt Drohnen seit 2014 für Eillieferungen zur Nordseeinsel Juist ein<sup>46</sup>. Mit der Welzheimer Firma GerMAP ist ein weltweit tätiger Hersteller von Drohnen in Baden-Württemberg ansässig (ebd.).

<sup>40</sup> Statistisch erfasst wird nur der gewerbliche Luftverkehr, nicht die Privatflieger; dabei wird zwischen Linienverkehr und Gelegenheitsverkehr unterschieden.

<sup>41</sup> Das bislang höchste Passagieraufkommen hatte der Flughafen Karlsruhe/Baden-Baden im Jahr 2012 mit 1.277.000 Fluggästen (das war gegenüber 2004 eine Steigerung um 100 %), seitdem geht die Zahl wieder deutlich zurück.

<sup>42</sup> [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/Pers-Gueterverk/v5bo6\\_lv.jspl](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/Pers-Gueterverk/v5bo6_lv.jspl) letzter Abruf am 8.9.2016

<sup>43</sup> [https://www.region-stuttgart.de/fileadmin/user\\_upload/region-stuttgart/179/PDFs/Standortmagazin\\_179\\_Ausgabe\\_2014\\_4.pdf](https://www.region-stuttgart.de/fileadmin/user_upload/region-stuttgart/179/PDFs/Standortmagazin_179_Ausgabe_2014_4.pdf), letzter Abruf 12.9.2017

<sup>44</sup> [http://www.swr.de/landesschau-aktuell/bw/regional-flughaefen-in-baden-wuerttemberg\\_regional\\_denken\\_global-fliegen.html](http://www.swr.de/landesschau-aktuell/bw/regional-flughaefen-in-baden-wuerttemberg_regional_denken_global-fliegen.html), letzter Abruf 22.9.2016

<sup>45</sup> [http://www.swr.de/landesschau-aktuell/bw/regional-flughaefen-in-baden-wuerttemberg\\_regional\\_denken\\_global-fliegen.html](http://www.swr.de/landesschau-aktuell/bw/regional-flughaefen-in-baden-wuerttemberg_regional_denken_global-fliegen.html), letzter Abruf 22.9.2016

<sup>46</sup> <http://www.region-stuttgart.de/das-magazin-179/179-das-online-magazin.html>, Stand 8.9.2016

## 2.2.4. SCHIFFFAHRT

Die Binnenschifffahrt in Baden-Württemberg gliedert sich grob in den Gütertransport auf den Flüssen Rhein, Neckar und Main sowie in die Personenschifffahrt auf dem Bodensee. Nur in geringem Umfang vertreten ist der Schiffsbau – es gibt neben der Bodenseewerft in Konstanz und Mattmüller in Weil am Rhein (Motoren) noch kleinere Yachtbauer wie das Yachtzentrum in Überlingen und in Wasserburg. Bundesweit werden hier nach Nordrhein-Westfalen in der Binnenschifffahrt mit gut 30 Mio. Tonnen die meisten Güter auf dem Wasser befördert<sup>47</sup>. Als Wasserstraßen werden der Rhein auf einer Länge von 284 km, der Neckar mit 203 km und der Main mit 38 km Strecke genutzt. Der staatliche Rhein-Neckar-Hafen in Mannheim ist der größte Hafen Baden-Württembergs mit dem höchsten Umschlag<sup>48</sup>. Zusammen mit den Häfen in Karlsruhe und Heilbronn gehört er zu den größten Binnenhäfen Deutschlands. Weitere Häfen sind Stuttgart mit dem Neckarhafen, Breisach, Plochingen (südlichster Hafen für Güterschiffe am Neckar), Weil am Rhein und Wertheim als einziger Hafen am Main. Trotz der vielen Häfen erfolgt der Güterumschlag allerdings häufig im Schienen- und Straßenverkehr, so wurde 2015 mehr als ein Drittel des Güterumschlags im Stuttgarter Hafen auf der Schiene an- bzw. abgefahren (Biekert 2016: 195). Große Gütergruppen sind Baustoffe, Eisen, Stahl und Schrott, Getreideerzeugnisse, Futtermittel und Ölsaaten sowie „Kohlen“ (Stein- und Braunkohle, Koks) (ebd.). Auf dem Bodensee werden vor allem Personen und Fahrzeuge transportiert: jährlich rund 5,3 Mio. Menschen, 1,6 Mio. Pkw; 79.000 Nutzfahrzeuge und Fahrräder verkürzen mit den Fähren ihre Fahrtstrecken erheblich<sup>49</sup>.

Um 1.300 Beschäftigte können aus der Beschäftigtenstatistik der Schifffahrt zugeordnet werden: knapp 500 (geschätzt) im Schiffsbau bzw. Boots- und Yachtbau, gut weitere 100 Beschäftigte der Reparatur und Instandhaltung von Schiffen, Booten und Yachten und knapp 700 in der Personen- und Güterbeförderung. Nicht ganz 100 Beschäftigte werden für den Betrieb von Wasserstraßen und Häfen verzeichnet.

47 [http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr\\_schiff.html](http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr_schiff.html); letzter Abruf 22.9.2016

48 <http://www.binnenhafen-bw.de/admin/index.php>; letzter Abruf 22.9.2016

49 [http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr\\_schiff.html](http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr_schiff.html); letzter Abruf 22.9.2016

Der Gütertransport auf Schiffen gilt als umweltfreundlicher als der Transport auf der Straße. Außerdem ergänzt die Binnenschifffahrt bei einem steigenden Transportaufkommen den Straßenverkehr. Hier werden weitere Wachstumskapazitäten gesehen. So haben sich die Häfen am Oberrhein seit 2012 zu einer Allianz zusammengeschlossen und wollen mit einem gemeinsamen Informationssystem zur Be- und Entladung, einer Plattform zur Optimierung der Logistikabläufe, ihren Güterumschlag erhöhen. Zurzeit werden dort 50 Mio. t im Jahr verladen<sup>50</sup>, bis 2035 wird ein Wachstum um 30% erwartet (Staatsanzeiger Baden-Württemberg vom 20.5.2016: 13). Daneben sollen längere Transporteinheiten die Kapazitäten der Binnenschifffahrt erhöhen und erleichtern damit den steigenden Transport von Containern (Biekert 2016: 195). Auf dem Neckar werden sie noch durch 110 Meter lange Schleusen begrenzt, die für moderne Schiffe bis zu einer Länge von bis zu 135 Metern nicht befahrbar sind (Biekert 2016: 195 und <sup>51</sup>). Der Ausbau der Neckarschleusen bis Heilbronn ist bereits beschlossen, über die weiteren 16 Schleusenkammern bis Stuttgart wird im Bundesverkehrswegeplan 2030 entschieden.

## 2.2.5. FAHRRADWIRTSCHAFT

Das Fahrrad ist vom Bestand her das am weitesten verbreitete Fahrzeug. Auf über 10 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner in Baden-Württemberg kommen 10 Mio. Fahrräder (etwa 94 Fahrräder auf 100 Einwohner, vgl. Bracher; Hertel 2014: 7). Damit gehört es allerdings zu den Bundesländern mit einem bezogen auf die Einwohnerzahl eher niedrigeren Fahrradbestand. Es bietet vor allem im Nahbereich häufig einen Zeitvorteil gegenüber den anderen Verkehrsmitteln. „Das Beispiel Kopenhagen mit dem hohen Fahrradanteil funktioniert, weil das Rad hier das schnellste Verkehrsmittel ist“ (Experten Antriebstechnik). Baden-Württemberg sieht sich mit der vor 200 Jahren entwickelten „Draisine“ durch Karl Drais als „Geburtsland des Fahrrads“ (Expertin Fahrradwirtschaft)<sup>52</sup>. Bereits kurz danach wurde es in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts das

50 Zu dieser Allianz gehören neben den deutschen Häfen Kehl, Karlsruhe, Mannheim und Ludwigshafen auch die französischen Häfen Colmar und Straßburg sowie der länderübergreifende Rhein Port Basel-Mulhouse-Weil.

51 [http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr\\_schiff.html](http://www.landeskunde-baden-wuerttemberg.de/verkehr_schiff.html); letzter Abruf 22.9.2016

52 Die heute bekannte Form des Fahrrads wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt.

erste weit verbreitete und wichtigste Individualverkehrsmittel. Durch die zunehmende Nutzung von zunächst Motorrädern und dann Pkw nahm die Bedeutung des Fahrrads in Deutschland seit den 1950er-Jahren ab. Heute ist das Fahrrad im Personenverkehr eher von nachrangiger Bedeutung und wird bzw. wurde 2008 mit einem Modal-Split-Anteil von 7,7% in Baden-Württemberg (deutschlandweit 10%) am seltensten genutzt (VSF 2015: 5).

Eine deutliche Veränderung bei den Fahrrädern hat sich in den letzten zehn Jahren durch die Entwicklung von Elektroantrieben ergeben. Die ursprünglich mit Muskelkraft betriebenen Räder gibt es jetzt zunehmend mit unterstützendem Elektromotor (Pedelecs mit einem Marktanteil von etwa 95%, ZIV 2016b) beziehungsweise als rein elektrisch angetriebene E-Bikes. Den Einbau unterstützender Antriebe gab es immer wieder, jedoch kann erst in den letzten Jahren von einem „Markterfolg von E-Bikes und Pedelecs“ gesprochen werden (VSF 2015: 5). „Gerade Pedelecs ergänzen die Palette der Verkehrsmittel, weil Fahrräder damit in einem sehr viel breiteren Feld zu Verkehrsmitteln werden“ (Experten Antriebstechnik).

(vor allem aus Kambodscha und Polen), in Deutschland wurden bei großer Konkurrenz und hohem Preisdruck knapp 2,2 Mio. Räder produziert (Stuttgarter Zeitung 9.3.2016 „Elektro-Fahrräder kurbeln das Geschäft an“). Stark wächst der Export von E-Bikes in andere europäische Länder (ZIV 2016b).

Der Umsatz im Fahrradmarkt beträgt in Deutschland rund 5 Mrd. Euro, fast die Hälfte davon entfällt auf Fahrräder und E-Bikes (2,42 Mrd. Euro) (ZIV 2016a). Der Durchschnittspreis eines Fahrrades lag 2015 bei fast 560 Euro, er steigt kontinuierlich durch den zunehmenden Anteil von E-Bikes bzw. Pedelecs und zunehmend hochwertigeren Ausstattungen. Der Umsatz der Fahrradwirtschaft in Baden-Württemberg liegt bei rund 1 Mrd. Euro, davon entfallen etwa zwei Drittel auf den Fahrrad Einzelhandel und ein Drittel auf Fahrradhersteller, den Fahrradgroßhandel sowie die Importeure (VSF 2015: 15). Etwa eine weitere Milliarde wird durch den Fahrradtourismus erwirtschaftet.

In Baden-Württemberg können mehr als 850 Unternehmen der Fahrradwirtschaft<sup>53</sup> zugerechnet werden, davon der Großteil allerdings dem Einzelhandel



Quelle: in Anlehnung an Difu - Deutsches Institut für Urbanistik; Bracher; Hertel 2014: 15

2015 wurden in Deutschland 4,35 Mio. Fahrräder ausgeliefert, der Anteil der Pedelecs und E-Bikes betrug daran gut 12% (0,535 Mio.) (ZIV 2016a), beim umsatzstärksten deutschen Hersteller liegt ihr Anteil bei etwa 20% (Schnell 2016: 26). Der Anteil von Pedelecs und E-Bikes betrug im Jahr 2008 erst 2,5%. Trotz dieser deutlichen Steigerung in den letzten Jahren machen sie erst etwa 3,5% des gesamten Fahrradbestands aus (ZIV 2016a). Rund 3,3 Mio. Fahrräder wurden importiert

(etwa 80%) (VSF 2015: 8). Etwa 15% der deutschen Fahrradhersteller sitzen in Baden-Württemberg, dabei

<sup>53</sup> „Zur Fahrradwirtschaft gehören alle Unternehmen, Verbände, Institutionen und Personen, die sich überwiegend mit der Entwicklung, Herstellung, Vermarktung und Instandhaltung von Fahrrädern, Fahrradkomponenten, -bekleidung und -zubehör sowie fahrradbezogenen Dienstleistungen sowie fahrradtouristischen Produkten beschäftigen bzw. deren Umsätze in direktem Zusammenhang mit der Radverkehrsinfrastruktur stehen“ (VSF 2015: 3).

handelt es sich jedoch vor allem um mittlere und kleinere Hersteller eher hochwertigerer Fahrräder (VSF 2015: 8, 16–17)<sup>54</sup>. Vor allem die Rahmen werden fast vollständig im Ausland (Asien, Osteuropa) produziert und von den deutschen Herstellern zugekauft. Anders ist es bei den Herstellern für Fahrradkomponenten wie Bremsanlagen, Schaltungen, Tretlager und in den letzten Jahren eben den Elektromotoren. Hier sind weltweit vertriebene Marken bzw. Unternehmen in Baden-Württemberg ansässig, beispielsweise Magura, Lightweight oder Pinion und insbesondere die Robert Bosch GmbH, die den Motor für E-Bikes und Akkus weltweit an über 50 Fahrradhersteller liefert. Allerdings machen diese Unternehmen ähnlich wie die Fahrradhersteller mit etwa 4 % (gut 30 Unternehmen) nur einen kleinen Teil der baden-württembergischen Fahrradwirtschaft aus. Etwas mehr Unternehmen (4,5 %) gehören zu den Herstellern von Fahrradzubehör, am bekanntesten ist hier der Ulmer Hersteller von Kindersitzen, Britax Römer. Den Hauptanteil der baden-württembergischen Fahrradwirtschaft macht mit über 700 Unternehmen der Fahrradhandel aus, hierzu werden der Großhandel, Importeure und vor allem der Einzelhandel gezählt. Außerdem findet jährlich mit der „Eurobike“ in Friedrichshafen eine der größten Fahrradmessens europaweit in Baden-Württemberg statt.

Wichtige Unternehmen der Fahrradwirtschaft in Baden-Württemberg sind (ohne Verfasser 2016: 10 ff.):

- ▶ der Fahrradartikel-Großhändler Paul Lange & Co. OHG mit 480 Mitarbeitern, der 41 Fahrradhersteller in acht europäischen Ländern beliefert;
- ▶ die Internetstores GmbH mit fahrrad.de und Brügelmann, der weltweit größte Onlinehändler mit Komplettfahrrädern (mit 400 Mitarbeitern, Verkauf von 126.000 Fahrrädern im Jahr und 2015 ein Umsatz von 140 Mio. Euro);
- ▶ die Robert Bosch GmbH, die 2011 mit einem Lithiumionenakku für Elektrofahrräder auf den Markt kam;
- ▶ das Institut für Fahrradtechnik und -sicherheit in Ludwigsburg mit 21 Mitarbeitern;

- ▶ der Premiumhersteller Centurion in Magstadt mit 130 Mitarbeitern in Vertrieb und Marketing<sup>55</sup>;
- ▶ die Entwicklungszentrale für die Rennradmarke Focus in Stuttgart, die unter anderem exklusive Fahrradmodelle für die Daimler AG und Porsche entwickelt;
- ▶ die „Fahrrad-Manufakturen“ Remsdale (Schorndorf), Velotraum (Weil der Stadt), Elmoto (Stuttgart) und Quantor (Denkendorf) sowie als Zulieferer die Acros Sport GmbH in Renningen (Radnarben, Tretlager und Steuersätze in Leichtbauweise, 14 Mitarbeiter);
- ▶ ergänzend innovative Start-ups wie die Pinion GmbH (Tretlagerschaltung für Fahrräder),
- ▶ Forschungseinrichtungen wie das Institut für Mess-, Regel- und Mikrotechnik an der Universität Ulm, das einen Elektro-Allradantrieb speziell für Zweiräder entwickelt (vgl. Staatsanzeiger Baden-Württemberg 12.8.2016: 14).

Vor allem E-Bikes tragen durch einen überproportionalen Zuwachs zum Fahrradmarkt bei, davon profitiert Bosch als einer der führenden Hersteller der Elektroantriebe. Auch in den nächsten Jahren geht beispielsweise der Zweirad-Industrie-Verband e. V. (ZIV) von einem weiter steigenden Marktanteil der E-Bikes aus, der von derzeit 15 % langfristig auf bis zu 30 % wachsen kann (ZIV 2017). Auf Pedelecs setzt auch die Radstrategie des Landes, nach der Baden-Württemberg zu einer Pionierregion für Pedelecs innerhalb der EU ausgebaut werden soll (MVI BW 2016: 96) und dabei vor allem auf die Arbeitswege abzielt. Außerdem werden für E-Bikes hohe Exportmöglichkeiten gesehen. Ein weiterer Trend sind Apps zur Navigation oder zur Aufzeichnung von Trainingsdaten, die jedoch in Bezug auf Komfort und Aktualität noch nicht auf dem Stand wie ähnliche Dienste für Kfz sind.

54 Zur Größeneinschätzung kann die Produktionszahl der Merida Centurion mit etwa 30.000 Fahrrädern und 4.000 E-Bikes/Pedelecs im Jahr 2014 dienen, das mit 70 Beschäftigten einer der größten Fahrradhersteller in Baden-Württemberg ist. Die Fahrradproduktion in Deutschland betrug 2014 insgesamt über 2 Mio. Fahrräder (VSF 2015: 16–17).

55 Allerdings erfolgt die Herstellung bzw. Aufmontage der E-Bikes und der hochpreisigen Räder im thüringischen Hildburghausen (ohne Verfasser/innen 2016: 11).

## 2.2.6. DIE BESCHÄFTIGUNG IN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERGS

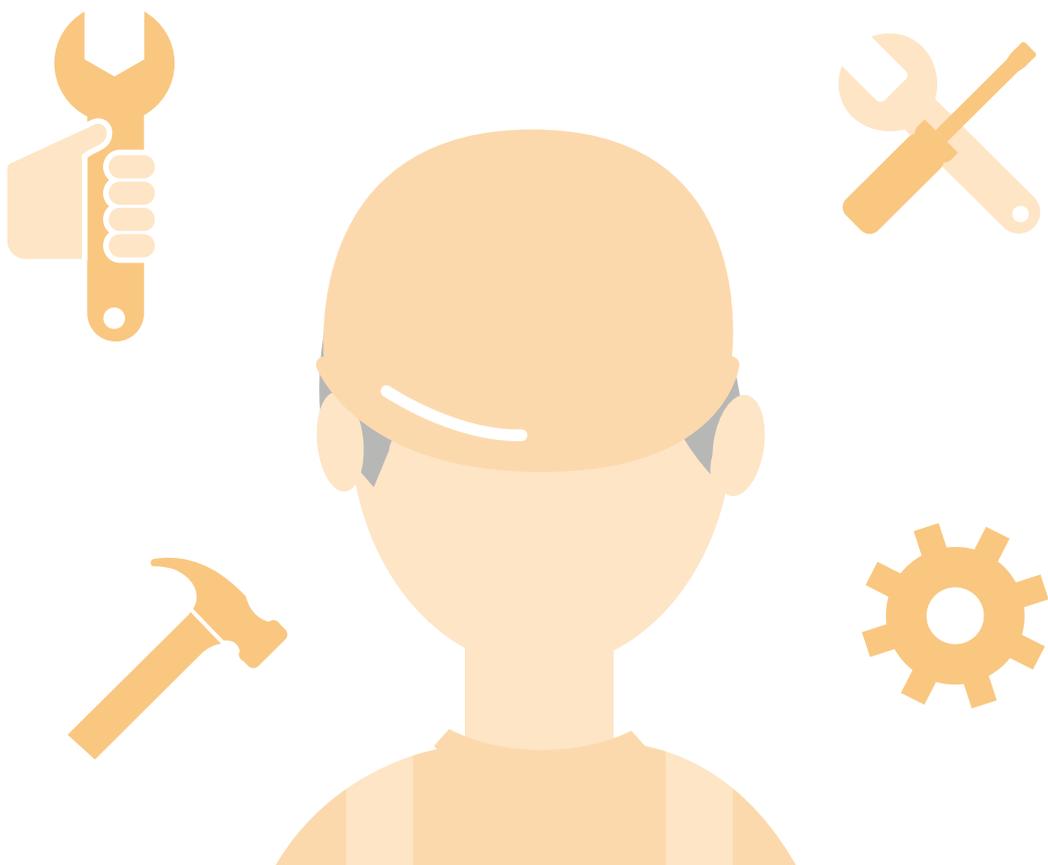
Die Auswertung der Beschäftigtenstatistik des Statistischen Bundesamts und der Bundesagentur für Arbeit zum Stichtag 30.6.2014<sup>56</sup> ist die Grundlage für die Darstellung der Beschäftigung sowie Grundlage für die Modellierung der Beschäftigtenzahlen 2030 in den Szenarien (s. Kapitel 5.8). Die Zahlen zu den „sozialversicherungspflichtig Beschäftigten“<sup>57</sup> decken etwa 75 % aller Erwerbstätigen ab, sie sind über längere Zeiträume hinweg und differenziert bis hin zu Unterklassen der Wirtschaftsstatistik (den sogenannten 5-Stellern) verfügbar. In der aktuellen Gliederung der Wirtschaftsstatistik, der WZ 2008, werden die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten auf der detailliertesten Gliederungsebene zumindest teilweise nach einzelnen Verkehrsmitteln differenziert. Dies gilt vor allem im Verarbeitenden Gewerbe. In den Dienstleistungsbranchen wird die Gliederung nach Verkehrsmitteln nicht vollständig eingehalten.

Um dennoch auf dieser Datengrundlage eine systematische Darstellung der gesamten Mobilitätswirtschaft zu erreichen, werden einige statistische Unschärfen durch plausible Schätzungen ergänzt. Die Beschäftigtenstatistik baut auf der Systematik der Wirtschaftszweige auf. So können Beschäftigte über die 839 „Wirtschaftsunterklassen“<sup>58</sup> einzelnen Verkehrszweigen bzw. Verkehrsmitteln zugeordnet werden und bilden – entsprechend dem Aufbau der Wirtschaftsstatistik – auch grob die Gliederung der Wertschöpfungskette von der Herstellung der Fahrzeuge über Handel/Reparatur, Beförderungsdienstleistungen bis hin zu Verkehrsdienstleistungen im weiteren Sinne wie Lagerei, Betrieb von Verkehrswegen oder der Fahrzeugvermietung ab.

56 Grundlage der Beschäftigtenstatistik ist das Meldeverfahren zur Sozialversicherung, an dem alle Arbeitgeber teilnehmen müssen.

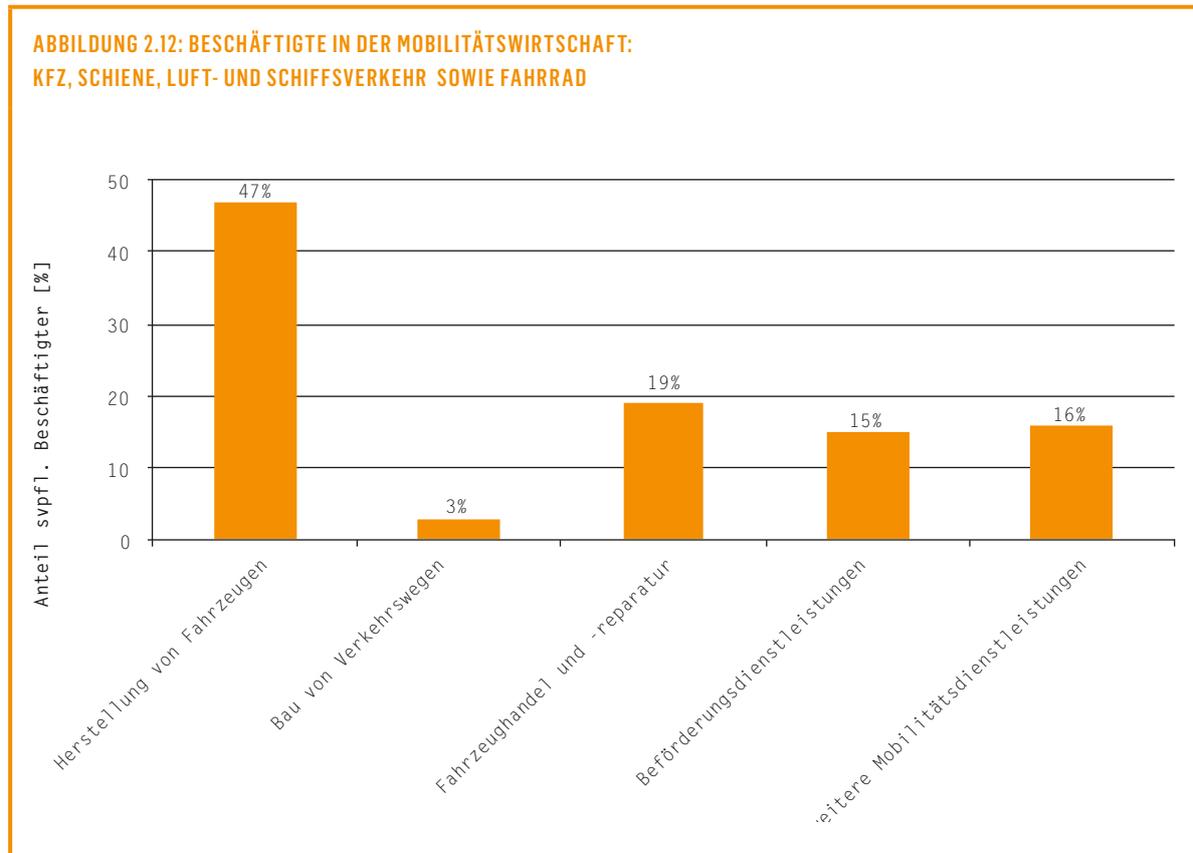
57 Die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten decken etwa 75% aller Erwerbstätigen ab, dazu gehören alle Arbeitnehmer, die Beiträge zu den Sozialversicherungen leisten. Nicht dazu gehören Beamte, Selbstständige und mithelfende Familienangehörige.

58 Die Beschäftigtenstatistik ist nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) gegliedert in 21 Abschnitte, 88 Abteilungen, 272 Gruppen, 615 Klassen und 839 Unterklassen, die als detaillierteste Gliederungsebene die Unterscheidung der Verkehrszweige zumindest für einige Bereiche der Wertschöpfung zulässt.



Bei dieser Betrachtung über die verschiedenen Verkehrsmittel hinweg gehören etwa 480.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte zur baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft, das sind etwa 11% aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Als Vergleich: Im Groß- und Einzelhandel sind rund 500.000 Beschäftigte tätig, in den Finanz- und Versicherungsdienstleistungen rund 130.000 Beschäftigte.

Der Großteil davon zählt zur Automobilwirtschaft. Enger gefasste Betrachtungen allein des Automotive-Clusters kommen für den Clusterkern mit den Herstellern und den direkten Kfz-Zulieferern, das Produktionscluster mit den Zulieferern aus anderen Branchen, die Ingenieurdienstleister und das Kfz-Handwerk auf fast 440.000 Beschäftigte.



Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

Im Einzelnen sind hier zusammengefasst:

**TABELLE 2.8: BESCHÄFTIGTE DER BADEN-WÜRTTEMBERGISCHEN MOBILITÄTSWIRTSCHAFT: HERSTELLUNG VON FAHRZEUGEN**

| Unterklasse der Wirtschaftsstatistik (WZ 2008)   | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte                               |
|--|---|
| Herstellung von Personenkraftwagen und Personenkraftwagenmotoren (29101), Herstellung von Nutzkraftwagen und Nutzkraftwagenmotoren (29102), Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern (29200), Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungsgegenstände für Kraftwagen (29310), Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen (29320) | ca. 210.500 Beschäftigte  |
| Boots- und Yachtbau (30120)  | ca. 500 Beschäftigte  |
| Herstellung von Lokomotiven und anderen Schienenfahrzeugen (30201)   | etwa 3.000 Beschäftigte (geschätzt, nicht in der Statistik ausgewiesen) |
| Luft- und Raumfahrzeugbau (30300)  | etwa 7.600 Beschäftigte   |
| Herstellung von Krafträdern (30910)  | unter 100 Beschäftigte  |
| Herstellung von Fahrrädern sowie von Behindertenfahrzeugen (30920)   | etwa 1.200 Beschäftigte   |
| Herstellung von sonstigen Fahrzeugen (30990)   | knapp 1.000 Beschäftigte  |
| <b>Summe Herstellung von Fahrzeugen</b>  | <b>223.900 Beschäftigte</b>   |

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

**TABELLE 2.9: BESCHÄFTIGTE DER BADEN-WÜRTTEMBERGISCHEN MOBILITÄTSWIRTSCHAFT: BAU VON VERKEHRSINFRASTRUKTUR**

| Unterklasse der Wirtschaftsstatistik (WZ 2008)                                       | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte |
|--|---|
| Herstellung von Eisenbahninfrastruktur (30202), Bau von Bahnverkehrsstrecken (42120) | rund 650 Beschäftigte                     |
| Bau von Straßen (42110), Brücken und Tunnelbau (42130)                               | rund 13.800 Beschäftigte                  |
| <b>Summe Bau von Verkehrswegen</b>   | <b>14.450 Beschäftigte</b>                |

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

**TABELLE 2.10: BESCHÄFTIGTE DER BADEN-WÜRTTEMBERGISCHEN MOBILITÄTSWIRTSCHAFT:  
FAHRZEUGREPARATUR, INSTANDHALTUNG UND HANDEL**

| <b>Unterklasse der Wirtschaftsstatistik (WZ 2008)</b>  | <b>sozialversicherungspflichtig Beschäftigte</b> |
|--|--|
| Reparatur und Instandhaltung von Schiffen, Booten und Yachten (33150)  | rund 100 Beschäftigte                            |
| Reparatur und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrzeugen (33160)  | rund 100 Beschäftigte                            |
| Reparatur und Instandhaltung von Fahrzeugen anders nicht genannt (33170) u. a. Schienenfahrzeuge   | rund 400 Beschäftigte                            |
| Handel mit Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von 3,5 t o. weniger (45110), Handel mit Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht v. m. als 3,5 t (45190), Lackieren von Kraftwagen (45201), Autowaschanlagen (45202), Instandhaltung u. Reparatur von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von 3,5 t o. weniger (45203), Instandhaltung u. Reparatur von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht v. m. als 3,5 t (45204), Großhandel mit Kraftwagenteilen u. -zubehör (45310), Einzelhandel mit Kraftwagenteilen u. -zubehör (45320) | rund 85.000 Beschäftigte                         |
| Handel mit Krafträdern, Kraftradteilen und -zubehör, Instandhaltung und Reparatur von Krafträdern (45400)  | rund 1.700 Beschäftigte                          |
| Handelsvermittlung von Wasser- und Luftfahrzeugen (46142)  | unter 50 Beschäftigte                            |
| Großhandel mit Fahrrädern, Fahrradteilen u. -zubehör, Sport- u. Campingartikeln (46492), Einzelhandel mit Fahrrädern, Fahrradteilen u. -zubehör (47641)  | rund 3.000 Beschäftigte                          |
| Einzelhandel in fremdem Namen mit Motorkraftstoffen (Agenturtankstellen) (47301), Einzelhandel in eigenem Namen mit Motorkraftstoffen (freie Tankstellen) (47302)  | rund 5.600 Beschäftigte                          |
| <b>Summe Fahrzeuginstandhaltung, -reparatur und -handel</b>  | <b>95.450 Beschäftigte</b>                       |

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

**TABELLE 2.11: BESCHÄFTIGTE DER BADEN-WÜRTTEMBERGISCHEN MOBILITÄTSWIRTSCHAFT: TRANSPORT- UND BEFÖRDERUNGSDIENSTLEISTUNGEN**

| Unterklasse der Wirtschaftsstatistik (WZ 2008)   | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte |
|--|---|
| Personenbeförderung im Eisenbahnfernverkehr (49100), Güterbeförderung im Eisenbahnverkehr (49200), Personenbeförderung im Nahverkehr zu Lande (49310), Anteil Schiene  | rund 7.400 Beschäftigte                   |
| Personenbeförderung im Nahverkehr zu Lande (49310), Betrieb von Taxis (49320), Personenbeförderung im Omnibus-Linienverkehr (39391), Personenbeförderung im Omnibus-Gelegenheitsverkehr (49392), Personenbeförderung im Landverkehr anders nicht genannt (49399) Personenbeförderung im Nahverkehr zu Lande (49310), Anteil Kraftwagen | rund 23.900 Beschäftigte                  |
| Güterbeförderung im Straßenverkehr (39410), Umzugstransporte (49420)   | rund 36.700 Beschäftigte                  |
| Personenbeförderung in der Binnenschifffahrt (50300), Güterbeförderung in der Binnenschifffahrt (50400)  | rund 600 Beschäftigte                     |
| Personenbeförderung in der Luftfahrt (51100), Güterbeförderung in der Luftfahrt (51210)  | rund 1.800 Beschäftigte                   |
| <b>Summe Beförderungs- und Transportdienstleistungen</b>   | <b>70.400 Beschäftigte</b>                |

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

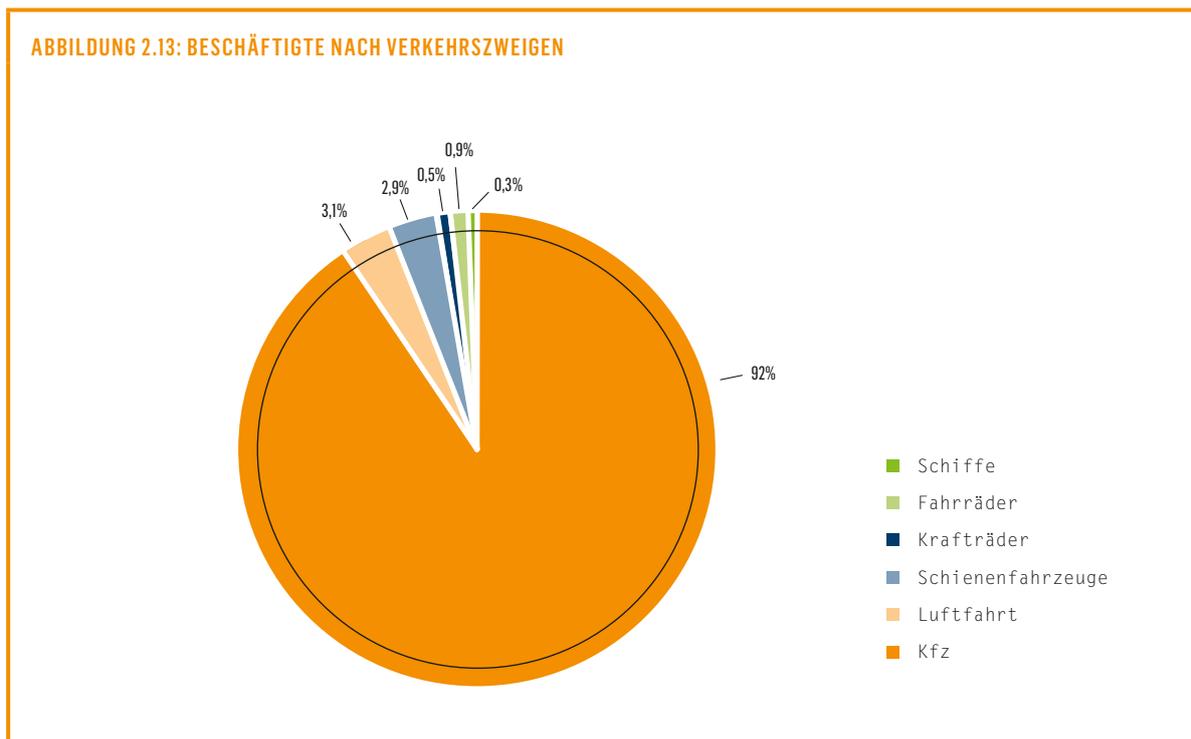
**TABELLE 2.12: BESCHÄFTIGTE DER BADEN-WÜRTTEMBERGISCHEN MOBILITÄTSWIRTSCHAFT: WEITERE MOBILITÄTSDIENSTLEISTUNGEN**

| Unterklasse der Wirtschaftsstatistik (WZ 2008)   | sozialversicherungspflichtig Beschäftigte |
|--|---|
| Lagererei (52100), Betrieb von Parkhäusern und Parkplätzen (52211), Betrieb von Verkehrswegen für Straßenfahrzeuge (52212), Betrieb von Verkehrswegen für Schienenfahrzeuge (52213), Betrieb von Bahnhöfen für den Personenverkehr einschließlich Omnibusbahnhöfe (52214), Betrieb von Güterabfertigungsanlagen für Schienen- und Straßenfahrzeuge (52215) | rund 19.405 Beschäftigte                  |
| Betrieb von Verkehrswegen für Schienenfahrzeuge (52213), Betrieb von Güterabfertigungseinrichtungen für Schienen- und Straßenfahrzeuge (ohne Frachtumschlag) (52215)   | rund 2.800 Beschäftigte                   |
| Betrieb von Wasserstraßen (52221), Betrieb von Häfen (52222), Schiffsmaklerbüros und -agenturen (52292), Vermietung von Wasserfahrzeugen   | rund 150 Beschäftigte                     |
| Betrieb von Flughäfen und Landeplätzen für Luftfahrzeuge (52231), Erbringung von Dienstleistungen für den Verkehr a. n. g. (52299), darunter Tätigkeiten von Luftfrachtagenturen, Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für die Luftfahrt anders nicht genannt (52239), Vermietung von Luftfahrzeugen (77350)  | rund 4.350 Beschäftigte                   |
| Frachtumschlag (52240), Spedition (52291)  | rund 49.500 Beschäftigte                  |
| Vermietung von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von 3,5 t oder weniger (77110), Vermietung von Kraftwagen mit einem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 t (77120)   | knapp 2.000 Beschäftigte                  |
| <b>Summe weitere Dienstleistungen</b>  | <b>rund 78.250 Beschäftigte</b>           |

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

Deutlich wird der mit 47% hohe Anteil von Beschäftigten in der Produktion von Fahrzeugen. Für Baden-Württemberg wird der enge Verbund von Produktion und Dienstleistungen gerade auch mit den Premiumherstellern in der Fahrzeugwirtschaft heute und zukünftig als Basis einer hohen Wertschöpfung gesehen (vgl. Zika et al. 2015: 4). Allein der Fahrzeugbau (die Wirtschaftsabteilungen 29 und 30) haben einen Anteil von 9% an der baden-württembergischen Bruttowertschöpfung. Sie haben in den letzten Jahren überproportional zu deren Wachstum beigetragen: Zwischen 2008 und 2013 ist die Bruttowertschöpfung im Fahrzeugbau um 32,7% gewachsen, die baden-württembergische Bruttowertschöpfung dagegen um 10,9% (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

Im zweiten Schritt werden die Beschäftigtenzahlen – soweit möglich – den einzelnen Verkehrszweigen zugeordnet<sup>59</sup>. Dabei zeigt sich die große Dominanz des Kfz in der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft:



Quelle: Daten der Bundesagentur für Arbeit, eigene Darstellung

<sup>59</sup> Einige Wirtschaftsbereiche bzw. Wertschöpfungsschritte werden in der Statistik nicht dargestellt, weil in der jeweiligen Wirtschaftsuntergruppe weniger als 3 Unternehmen in Baden-Württemberg vertreten sind und statistische Angaben dann geheim gehalten werden. Dazu gehört bei der Mobilitätswirtschaft beispielsweise die Herstellung von Lokomotiven und anderen Schienenfahrzeugen bzw. die Herstellung von Schieneninfrastruktur. Die Abweichung beträgt jedoch nur rund 0,5%, so dass hier nicht mit größeren Beschäftigtenzahlen gerechnet werden kann.

Die engen Verflechtungen der Mobilitätswirtschaft mit anderen Wirtschaftszweigen führen dazu, dass weitere Beschäftigungswirkungen in andere Branchen ausgehen. Insbesondere in der Automobilbranche dürfen diese Effekte nicht vernachlässigt werden. Die Automobilzulieferindustrie hat inzwischen bereits mehr als 80 % der Wertschöpfung in der Branche übernommen (Blöcker 2015: 536). Dabei gibt es vielfältige Zulieferbeziehungen aus Unternehmen, die nicht alle in der Wirtschaftsklasse 29 „Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen“ melden. So können z. B. aus der Herstellung von Gummierzeugnissen erhebliche Umsatzanteile und damit auch Beschäftigung durch die Zulieferung von Reifen in die Automobilbranche entstehen. Von den in der Wirtschaftsklasse 29 für Baden-Württemberg gemeldeten 210.500 Beschäftigten entfallen 101.000 auf die Automobilzulieferer (WK 293).

Außerdem sind andere Branchen wie der Werkzeug- und Anlagenbau Baden-Württembergs eng mit dem Fahrzeugbau verknüpft, beispielsweise sind die Heller AG, die Schuler AG oder die Dürr AG und die Eisenmann AG auf den Fahrzeugbau spezialisiert (Dispan et al. 2013: 81). Die Größenordnung der in Baden-Württemberg indirekt vom Automobilbau abhängig Beschäftigten hat Münzenmeier für Anfang der 1980er-Jahre bereits auf etwas über 80.000 Beschäftigte (Münzenmeier 1988: 518) geschätzt. Da die Bedeutung der Kfz-Industrie seitdem weiter gestiegen ist und der Anteil der Automobilzulieferindustrie an der Wertschöpfung der Branche ebenfalls stark gewachsen ist, ist zu vermuten, dass diese indirekten Beschäftigungseffekte ebenfalls stark gestiegen sind. Abschätzungen des IMU Instituts zum regionalen Branchencluster in Baden-Württemberg gehen zurzeit von ca. 100.000–120.000 zusätzlichen Beschäftigten in der Automobilzulieferindustrie aus. Auf der Grundlage von Input-Output-Analysen kommen andere Autoren (Jürgens; Meisner 2005, Kinkel; Zanker 2007, Bratzel et al. 2015) zu deutlich höheren Beschäftigtenzahlen. Sie gehen für gesamt Deutschland davon aus, dass die tatsächliche Beschäftigtenzahl der Automobilzulieferindustrie um mindestens den Faktor 3 höher liegt als in der Wirtschaftsklasse 293 ausgewiesen.

Das würde für Baden-Württemberg zusätzlich 160.000 Beschäftigte bedeuten. Wir gehen deshalb von ca. 120.000 Beschäftigten aus, die über die in der Statistik ausgewiesene Beschäftigtenzahl hinaus in der Automobilwirtschaft tätig sind (vgl. Dispan et al. 2017 sowie Schwarz-Kocher 2017). Fast zwei Drittel der Automobilzulieferer haben sich auf den Antriebsstrang spezialisiert und sind durch einen Wandel der Antriebstechnik besonders betroffen.

Damit ergeben sich für die Automobilwirtschaft Baden-Württembergs insgesamt ca. 340.000 Beschäftigte, wovon ca. 130.500 bei den Endherstellern (OEM) und ca. 240.000 bei den Zulieferern arbeiten.

Auch übertragen auf die gesamte Mobilitätswirtschaft ergibt sich aus der Abschätzung über eine Input-Output-Tabelle eine induzierte Beschäftigung. Daraus resultiert auch insgesamt eine höhere Beschäftigungswirkung als aus der Beschäftigtenstatistik: Rund 650.000 Arbeitsplätze hängen von ihr ab, das sind rund 15 % der baden-württembergischen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Besonders hohe Verflechtungen bestehen zum Beispiel bei der Herstellung von Mineralölerzeugnissen, bei der Herstellung von Gummierzeugnissen bzw. von Metallerzeugnissen oder dem Maschinenbau, sowie bei den Dienstleistungen zu den Post-, Kurier- und Expressdienstleistungen, den Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen sowie zur Arbeitnehmerüberlassung.

Für die Bruttowertschöpfung liegen die Daten weniger detailliert vor als für die sozialversicherungspflichtige Beschäftigungswirkung in anderen Branchen. Aber allein der Fahrzeugbau und der Handel, die Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen erwirtschaften etwa ein Fünftel der baden-württembergischen Bruttowertschöpfung.

**TABELLE 2.13: WERTSCHÖPFUNG NACH WIRTSCHAFTSBEREICHEN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT**

| Wirtschaftsbereiche nach der WZ 2008 (Abteilungen)   | Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen 2013 [in 1.000 Euro] | Anteil an der baden-württembergischen Bruttowertschöpfung | Veränderung 2008 – 2013 |
|--|--|---|-------------------------|
| Fahrzeugbau (29 + 30)  | 34.278.096   | 9,0%  | + 32,7%                 |
| Baugewerbe (41 bis 43) fließt anteilig in die Mobilitätswirtschaft ein   | 16.383.442   | 4,3%  | + 20,6%                 |
| Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftwagen (45 bis 47)  | 33.868.195   | 8,9%  | + 10,2%                 |
| Verkehr und Lagerei (49 bis 53)  | 12.866.818   | 3,4%  | + 10,4%                 |
| Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleister (69 bis 71) fließt anteilig in die Mobilitätswirtschaft ein | 23.453.639   | 6,2%  | - 0,2%                  |
| sonstige Unternehmensdienstleister (77 bis 82)   | 13.630.665   | 3,6%  | + 13,9%                 |
| alle Wirtschaftsbereiche   | 380.813.775  |   | + 10,9%                 |

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, eigene Darstellung

Eine Beschleunigung des Strukturwandels und ein damit verbundener Verlust von Arbeitsplätzen hätten über die Zahl der betroffenen Beschäftigten hinaus auch Einfluss auf die Wertschöpfung. Gerade im Verarbeitenden Gewerbe und damit auch der Automobilindustrie liegt sie deutlich über anderen Branchen und insbesondere über Dienstleistungsbranchen. So weist der Arbeitskreis volkswirtschaftliche Gesamtrechnung für das Verarbeitende Gewerbe in Baden-Württemberg eine Pro-Kopf-Bruttowertschöpfung von knapp 78.900 Euro aus, bei den Finanz- und Ver-

sicherungsdienstleistern sind es rund 75.400 Euro, während es beispielsweise beim Handel, der Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen nur gut 38.600 Euro und bei Verkehr und Lagerei knapp 42.700 Euro sind (AK VwGdL 2014). Analog dazu liegt auch das Lohnniveau in Industriebranchen in der Regel über dem vieler Dienstleistungsbranchen.

### 2.3. ZUSAMMENFASSUNG: BESTANDSAUFNAHME MOBILITÄT, VERKEHR UND MOBILITÄTSWIRTSCHAFT

Beim Verkehrsverhalten bestehen Trends, die bezogen auf die Zielsetzung einer nachhaltigeren Entwicklung des Verkehrs gegenläufig sind. Während bei den Jüngeren Schritte hin zu einer umweltverträglicheren Mobilität in den letzten Jahren stattgefunden haben, gab es bei den Älteren eine gegenläufige Entwicklung. Aus der Diskussion zur zukünftigen Entwicklung geht hervor, dass für eine Verstetigung des Prozesses bei den Jüngeren und für eine zumindest langsame Ausdehnung dieses Trends auf die älteren Gruppen gute Voraussetzungen bestehen. Zentrale Einflussfaktoren dürften dabei Neuerungen im IKT-Bereich und damit einhergehende Veränderungen der Mobilitätsorientierungen sein.

Die Entwicklungen im Bereich Carsharing, Elektromobilität, Zweirad und ÖPNV sind relativ klar absehbar. Die entsprechenden Angebote und Produkte sind heute schon erhältlich und befinden sich in einem ständigen Verbesserungsprozess. Wenn also die entsprechenden Angebote, Produkte und Infrastrukturen noch Mängel aufweisen, so ist doch in den meisten Fällen klar absehbar, welches die nächsten Entwicklungsschritte in Richtung Nachhaltigkeit sein müssen. Hier sind somit einigermaßen solide Prognosen möglich.

Ganz anders dagegen der Megatrend Digitalisierung. Seine Auswirkungen sind schwer abschätzbar und die Richtung ist ungewiss. Bestimmte Entwicklungen haben jetzt schon Wirkungen entgegen der sozialen Nachhaltigkeit: Ein System wie Uber, das mit einem bewusst aggressiven Wettbewerbsmodell versucht, soziale Standards zu unterlaufen, ist zwar vorerst in Deutschland gescheitert, es ist aber mit Neuanläufen zu rechnen.

Andere Entwicklungen der Digitalisierung können dagegen Wirkungen in Richtung Nachhaltigkeit entwickeln: Wenn Elektromobilität, Sharing-Modelle und automatisiertes Fahren zusammen gedacht werden, können soziale und ökologische Modelle eines ÖV on demand z. B. im ländlichen Raum durchaus Attraktivität entfalten (vgl. Wachenfeld et al. 2015).

Die Bestandsaufnahme der Mobilitätswirtschaft zeigt, dass sowohl Produktion als auch ergänzende Dienstleistungen für alle betrachteten Verkehrsmittel in Baden-Württemberg vorhanden sind. Gleichzeitig wird jedoch auch die große Bedeutung der Kfz-Wirtschaft deutlich, die sogar die Bedeutung des Pkw als Verkehrsmittel im Land übertrifft. Baden-Württemberg gilt weltweit als ein nahezu exemplarisches „Automobil-Cluster“, in dem weltweit erfolgreiche Unternehmen vertreten sind. Auf diese führende Position könnte bei einer Elektrifizierung der Antriebstechnik aufgebaut werden, allerdings bringt die starke Ausrichtung auf den Antriebsstrang und konventionelle Verbrennungsmotoren auch deutliche Risiken mit sich.

Andere Verkehrsmittel wie die Bahnindustrie stehen von ihrem Umfang bei Beschäftigung und Wertschöpfung deutlich hinter der Automobilindustrie zurück. Gleichzeitig sind hier baden-württembergische Unternehmen breit aufgestellt – das beginnt mit der Entwicklung von Fahrzeugen und der Systemtechnik über die produzierenden Unternehmen bis hin zu den Anbietern von Beförderungsdienstleistungen. Einige innovative Ansätze wurden und werden hier in Baden-Württemberg entwickelt. Darauf kann im Sinne einer nachhaltigen Mobilität aufgebaut werden.

Die in diesem Kapitel aufbereiteten Informationen zu Status quo und Trends hinsichtlich Verkehrsverhalten, Mobilitätsorientierungen, Raum und Technik sowie hinsichtlich der Mobilitätswirtschaft dienen im Rahmen des Projektes als Grundlage für die Szenario-Ausgestaltung (Kapitel 4) sowie als Datenbasis für die Quantifizierung einzelner Nachhaltigkeitsindikatoren (Kapitel 5).

# 3. ZIELE UND INDIKATOREN EINER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG



Im Projekt „Mobiles Baden-Württemberg“ bestand eine wesentliche Aufgabe darin, Ziele für eine nachhaltige Mobilität in Baden-Württemberg zu definieren und ein angemessenes Indikatorensystem zu entwickeln. Die Identifikation aussagekräftiger Indikatoren und die Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Nachhaltigkeitszielen bilden die Basis für die Bewertung der Szenarien. Die jeweiligen Indikatoren ermöglichen es, den Status quo im jeweiligen Handlungsfeld zu bestimmen und mögliche Entwicklungen sowie die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen für die Erreichung eines nachhaltigen Zustands zu beurteilen.

Ausgangspunkt für die Entwicklung eines geeigneten Indikatorensystems und für die Festlegung von Nachhaltigkeitszielen ist der Vergleich bestehender Nachhaltigkeitsstrategien auf unterschiedlichen Ebenen

(siehe Abschnitt 3.1). Anschließend werden Gütekriterien für die Auswahl geeigneter Indikatoren diskutiert (siehe Abschnitt 3.2.1). Darauf aufbauend werden mögliche Indikatoren für die drei Dimensionen von Nachhaltigkeit anhand der entwickelten Kriterien bewertet. Auf dieser Basis wird ein Indikatorensystem sowie damit verbundene Zielwerte erstellt, welches für die Bewertung der Szenarien herangezogen wird.

Die Auswahl der betrachteten Indikatoren berücksichtigt die Fokussierung des Projekts auf den Mobilitätsbereich. Bei der Auswahl geeigneter Indikatoren und Ziele muss deren Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung und die technische Abbildbarkeit im Rahmen der Szenarioanalysen berücksichtigt werden. Einige Indikatoren können daher nur qualitativ betrachtet werden.

### 3.1. BESTEHENDE NACHHALTIGKEITSZIELE UND -INDIKATOREN AUF UNTERSCHIEDLICHEN EBENEN

Nachdem das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung in den Jahren nach 1987 mit der Veröffentlichung des Berichts der Brundtland-Kommission immer mehr Anerkennung fand, hat sich auch die internationale Staatengemeinschaft bei der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Jahr 1992 in Rio zu diesem Leitbild bekannt. Die Unterzeichnerstaaten wurden in diesem Kontext zur Entwicklung von entsprechenden Strategien für eine ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltige Entwicklung aufgefordert.

In der Folgezeit sind auf unterschiedlichen Ebenen (global, supranational, national, regional, lokal) Nachhaltigkeitsstrategien entwickelt und Nachhaltigkeitsziele formuliert worden. Auf globaler Ebene sind die Millenniums-Ziele bzw. aktuell die Agenda 2030 mit den Sustainable Development Goals (SDGs) zu nennen.

Die im Pariser Abkommen (UNFCCC 2015) im Dezember 2015 von fast 200 Ländern beschlossenen globalen Klimaschutzziele verstärken die Anforderungen an nationale Klimaschutzmaßnahmen und senden ein Signal an alle betroffenen Sektoren. Ziel ist es, den Anstieg des globalen Temperaturanstiegs auf deutlich unter 2 Grad Celsius (1,5) zu begrenzen, das Maximum der globalen Treibhausgasemissionen sobald wie möglich zu erreichen und diese dann schnellstmöglich abzusenken. Der Formulierung von Klimaschutzzusagen der Länder (national determined contributions – NDCs) kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Auf EU-Ebene wurde im Jahr 2001 die erste EU-Nachhaltigkeitsstrategie verabschiedet. Der Nachhaltigkeitsdiskurs auf nationaler Ebene wurde entscheidend durch die vom Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) und Misereor beim Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie in Auftrag gegebene, 1996 erschienene Studie „Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung“ (BUND et al. 1996) geprägt. Im Jahr 2001 wurde der Rat für Nachhaltige Entwicklung durch die Bundesregierung berufen und im Jahr 2002 die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie unter dem Titel „Perspektiven für Deutschland“ veröffentlicht (BReg 2002). Die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg wurde schließlich im Jahr 2007 verabschiedet. Im Jahr 2008 erschien die Nachfolgestudie „Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt: Ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte“ (BUND et al. 2008), welche u. a. die erhebliche Diskrepanz zwischen den formulierten Nachhaltigkeitszielen und der tatsächlichen Entwicklung thematisiert.

### ABBILDUNG 3.1: NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN UND IHR DIREKTER BEZUG ZU MOBILITÄT AUF UNTERSCHIEDLICHEN EBENEN



Quelle: eigene Darstellung

Die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstrategien beruhte auf der Erkenntnis, dass nicht-nachhaltige Entwicklungen, wie u. a. die zunehmende Zersiedelung, die Landschafts- und Ressourcennutzung, die Gefährdung der biologischen Vielfalt und der Klimawandel, durch etablierte Entwicklungsindikatoren (z. B. das Bruttoinlandsprodukt/BIP) nicht erfasst werden. Ziel von Nachhaltigkeitsstrategien ist es, einen konsistenten und handhabbaren Satz an Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung des Gesamtsystems zu entwickeln und für diese Indikatoren jeweils konkrete Zielwerte zu formulieren. Entsprechend orientiert sich das Indikatorensystem meist an den Zielzuständen einer nachhaltigen Entwicklung (z. B. Artenschutz) oder der kumulierten Wirkung aller Sektoren (z. B. Primärenergieverbrauch) (UBA 2015). Teilweise werden diese durch sektorale Indikatoren ergänzt. Dies ermöglicht einerseits, die Aufmerksamkeit auf besondere

Problemfelder zu lenken, ist aber gleichzeitig auch mit Risiken verbunden. So können beispielsweise bestimmte Sektorkopplungen (Mobilität und Energie) nur sektorübergreifend bewertet werden und es besteht die Gefahr der Informationsdopplung durch sektorale Indikatoren. Vor diesem Hintergrund kommt der geeigneten Indikatorauswahl im Kontext der jeweiligen Fragestellung eine zentrale Bedeutung zu (siehe Abschnitt 3.2).

Nachhaltigkeitsstrategien auf unterschiedlichen Ebenen benennen Leitwerte und Managementregeln für eine nachhaltige Entwicklung. Nachhaltigkeitsindikatoren sind in diesem Kontext ein zentrales Element für die Fortschritts- bzw. Erfolgskontrolle und sollen im Kontext der formulierten Ziele den gesellschaftlichen bzw. politischen Handlungsbedarf aufzeigen und beeinflussen.

### 3.1.1. NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE BADEN-WÜRTTEMBERG

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg (UM BW 2014a) wurde zunächst ein mehrstufiger Zielprozess angestoßen. In diesem Prozess wurden Herausforderungen und Leitsätze einer nachhaltigen Entwicklung erarbeitet. Sie bilden nun den Rahmen für die Ziele der Ministerien für mehr Nachhaltigkeit in Baden-Württemberg. Um überprüfen zu können, ob diese Ziele erreicht werden bzw. wie der Stand der Dinge bei der nachhaltigen Entwicklung im Land ist, wurden konkrete und überprüfbare Nachhaltigkeitsindikatoren festgelegt. Alle zwei Jahre soll ein Indikatorenbericht erstellt werden, der dann eine Aussage über den Stand und den Fortschritt der nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg ermöglicht (UM BW 2014). Im Sommer 2013 trat das Klimaschutzgesetz in Baden-Württemberg in Kraft. Dieses bildet die Grundlage für das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) des Landes und formuliert konkrete, sektorspezifische Klimaziele (UM BW 2014b).

Die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg bildet für zentrale Indikatoren (Treibhausgasemissionen, Endenergiebedarf) im Projektkontext die Grundlage für die Definition von Nachhaltigkeitszielen.

### 3.1.2. DEUTSCHE NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE UND KLIMASCHUTZPLAN

Auch die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie formuliert Ziele anhand von Schlüsselindikatoren. Sie wurde vollständig überarbeitet und die neue Version im Januar 2017 von der Bundesregierung beschlossen. Bei der Überarbeitung sind folgende relevante Indikatoren für den Verkehrsbereich weggefallen:

- ▶ Transportintensität im Güterverkehr (Ziel für das Jahr 2020 war eine Reduktion um 5 %),
- ▶ Personentransportintensität (Ziel bis 2020 war eine Reduktion um 20 %),
- ▶ Ziele hinsichtlich Anteile von Schiene (25 % in 2015) und Binnenschiff (14 % in 2015) im Güterverkehr.

Mit konkreten Zielen in die neue Nachhaltigkeitsstrategie wurden dafür die Endenergieverbräuche für den Personen- und für den Güterverkehr pro Pkm bzw. tkm

aufgenommen. Sie sind damit unabhängig vom Verkehrswachstum. Als weiterer Indikator wird die bevölkerungsgewichtete ÖV-Reisezeit von jeder Haltestelle bis zum nächsten Ober-/Mittelzentrum ausgewiesen, jedoch wurde für diesen kein konkretes Ziel formuliert.

Auch wurde das Ziel geändert, die Flächeninanspruchnahme zusätzlicher Fläche für Siedlungs- und Verkehrsfläche bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar pro Tag zu begrenzen. Das neue Ziel lautet jetzt unter 30 Hektar pro Tag bis 2030.

Im November 2016 hat das Bundeskabinett den Klimaschutzplan 2050 beschlossen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2016b). Dieser sieht eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs bis 2030 um 40–42 % gegenüber 1990 vor.

### 3.1.3. EU-NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE UND WEISSBUCH VERKEHR

Im Jahr 2006 wurde eine erneuerte Fassung der EU-Nachhaltigkeitsstrategie beschlossen. Diese identifizierte sieben Problemfelder, zu denen sie Zielsetzungen und Maßnahmen formuliert. Eines hiervon ist der nachhaltige Verkehr. Thematisiert werden u. a. die Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der Verkehrsnachfrage, das Ziel einer Verlagerung von Verkehr auf umweltfreundliche Verkehrsträger, die Steuerung der Verkehrsnachfrage über die Kosten des Verkehrs einschließlich einer Internalisierung externer Kosten, die Verminderung der Lärm-, CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen des Verkehrs sowie Maßnahmen zur Verringerung der Umweltauswirkungen des wachsenden Flug- und Schiffsverkehrs und einer Reduktion der Verkehrstoten. Die Ziele werden jedoch eher allgemein beschrieben und nicht über Indikatoren konkretisiert. Für den Verkehr werden diese beispielsweise im Weißbuch Verkehr (KOM 2011) anhand von Indikatoren genauer spezifiziert.

### 3.1.4. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)

Auch auf globaler Ebene wurden Nachhaltigkeitsstrategien formuliert. Die Sustainable Development Goals von den Vereinten Nationen sind am 1.1.2016 mit einer Laufzeit von 15 Jahren (bis 2030) in Kraft getreten und bauen auf den Millennium Development Goals

(MDGs) auf, die Ende 2015 ausgelaufen sind. Die Notwendigkeit der Formulierung der SDGs wurde auf der Rio+20 Konferenz 2012 beschlossen, von den Mitgliedsstaaten und Stakeholdern der Zivilgesellschaft („civil society stakeholders“) erarbeitet und am 25.9.2015 verabschiedet. Sie haben zum Ziel, die Menschenrechte sowie Geschlechtergerechtigkeit und Selbstbestimmung für alle Frauen und Mädchen zu verwirklichen und eine nachhaltige Entwicklung auf ökonomischer, sozialer und ökologischer Ebene zu sichern. Sie gelten im Gegensatz zu den MDGs nicht nur für Entwicklungsländer, sondern für alle Staaten (Vereinte Nationen, Sustainable Development Knowledge Platform (a)). Die SDGs bestehen aus 17 Zielen mit 169 Unterzielen, wovon sich allerdings keines explizit an den Verkehrssektor richtet (Vereinte Nationen, Sustainable Development Knowledge Platform (b)). U. a. wird jedoch ein sicheres, bezahlbares, für alle zugängliches, nachhaltiges Verkehrssystem als wichtiges Unterziel bis 2030 genannt und ein besonderer Fokus auf den Ausbau des öffentlichen Verkehrs gelegt. Im Kontext des Ziels 12 zu nachhaltigen Produktions- und Konsummustern werden u. a. ein effizienterer Ressourceneinsatz und der Abbau von Subventionen für fossile Energieträger als Unterziele benannt. Eine Kritik an den 17 übergeordneten Zielen ist, dass die wechselseitigen Beziehungen der Ziele nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dies führt einerseits zu Informationsdopplung, hat andererseits aber auch zur Folge, dass einzelne Ziele potenziell miteinander im Konflikt stehen könnten. Des Weiteren sind die Ziele bisher nur vage formuliert und enthalten noch keine quantitativen, messbaren Ziele<sup>60</sup>.

## 3.2. AUSWAHL GEEIGNETER INDIKATOREN

### 3.2.1. GÜTEKRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL VON INDIKATOREN

Welche Indikatoren die „richtigen“ sind, hängt von der konkreten Fragestellung bzw. dem Anwendungsfall ab. Es ist jedoch wichtig, dass die Auswahl von Indikatoren anhand nachvollziehbarer Gütekriterien erfolgt.

Im Rahmen des Projektes „Indicators of Environmental Sustainability in Transport“ (Joumard; Gudmundsson 2010) wurde eine ausführliche Analyse und Klassifizierung üblicher Bewertungskriterien vorgenommen und darauf aufbauend eine Short List von zehn Bewertungskriterien erstellt. Daran orientieren sich auch das UBA (2015) und verdichten diese zu vier Kriterien: Wissenschaftliche Fundierung, Verständlichkeit, Datenverfügbarkeit, politische Relevanz. Im Folgenden werden diese Kriterien sowie das ergänzende Kriterium der „Szenariofähigkeit“ näher erläutert.

#### WISSENSCHAFTLICHE FUNDIERUNG

Ein Indikator sollte valide sein, d. h. er sollte eine Aussage über das Handlungsfeld treffen, das damit tatsächlich bewertet werden soll. Es muss also einen wissenschaftlich anerkannten Zusammenhang zwischen dem Indikator und der Größe geben, über den der Indikator eine Aussage treffen soll (z. B. Treibhausgasemissionen des Verkehrs als Indikator für den Beitrag zur Erderwärmung). Er sollte zudem verlässlich sein, d. h. zwei unabhängige Messungen des Indikators sollten zu möglichst identischen Aussagen kommen.

#### VERSTÄNDLICHKEIT

Ein Indikator sollte insgesamt nicht zu komplex und daher nicht zu schwer interpretierbar sein. Es sollten vorzugsweise nur Größen verknüpft werden, welche üblicherweise verknüpft werden (Benzinverbrauch je Kilometer, aber nicht Verkehrsleistung pro BIP). Es sollte zudem klar nachvollziehbar sein, ob sich der dahinterliegende Sachverhalt – mit Bezug auf das übergeordnete Nachhaltigkeitsziel – positiv oder negativ entwickelt. Bei einigen im Verkehrssektor öfter verwendeten Indikatoren wie z. B. dem Modal Split ist dies nicht immer der Fall: Auch wenn der Anteil des motorisierten Individualverkehrs am Verkehrsaufkommen sinkt, kann der MIV doch insgesamt steigen und damit zu höheren Umweltbelastungen führen.

#### DATENVERFÜGBARKEIT

Eine möglichst einfache und günstige Verfügbarkeit von Daten ist ein relevantes Kriterium für die operative Nutzbarkeit eines Indikators. Ebenfalls wichtig ist die zeitliche Auflösung bzw. Regelmäßigkeit der Datenverfügbarkeit. Werden diese beispielsweise nur alle fünf oder gar zehn Jahre erhoben, so lässt sich der Indikator nur schwer zur kurz- bis mittelfristigen Steuerung nutzen.

60 International Council for Science: <http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/review-of-targets-for-the-sustainable-development-goals-the-science-perspective-2015>

#### **POLITISCHE RELEVANZ**

Ein Indikator sollte möglichst durch politisches Handeln – bzw. durch das Handeln verantwortlicher Akteure – beeinflussbar sein, wenn er zur Entscheidungsunterstützung dienen soll. Als politisch relevant kann ein Indikator auch dann angesehen werden, wenn es bereits eine politische Zielgröße für den Indikator gibt (z. B. Reduktion des Endenergiebedarfs des Verkehrs in Deutschland um 40 % bis 2050 gegenüber 2005).

Aufgrund der Situation Baden-Württembergs als Teil eines komplexen politischen Mehr-Ebenen-Systems scheint es sinnvoll, das Kriterium der politischen Relevanz jeweils in Bezug auf die unterschiedlichen politischen Ebenen zu analysieren.

#### **SZENARIOFÄHIGKEIT**

Ebenfalls für das Projekt von Bedeutung ist die Frage, inwiefern der Indikator „szenariofähig“ ist, d. h. ob der Indikator bei der Erstellung von Szenarien im Rahmen des Projektes angemessen abgebildet werden kann, weshalb das Kriterium der „Szenariofähigkeit“ in die Bewertung mit aufgenommen wird. Hierbei handelt es sich um ein operatives Kriterium, welches keine Aussage über die generelle Güte des Indikators darstellt. Betrachtet wird lediglich, ob es mit den zur Verfügung stehenden Modellen möglich ist, valide Aussagen über die mögliche zukünftige Entwicklung des Indikators zu treffen.

### **3.2.2. ÜBERSICHT VON INDIKATOREN FÜR EINE NACHHALTIGE MOBILITÄT IN BADEN-WÜRTTEMBERG**

Nachhaltigkeit umfasst gleichermaßen die ökologische, soziale und ökonomische Dimension, die jeweils verschiedene Handlungsfelder enthalten. Diese Handlungsfelder wiederum können – mehr oder weniger gut – über Indikatoren beschrieben werden.

Im Folgenden wird der Versuch unternommen, entsprechende Indikatoren für die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit entlang der zuvor beschriebenen Kriterien zu bewerten. Die Indikatoren bilden unterschiedliche Handlungsfelder ab wie Klimaschutz, Ressourcenschutz, Gesundheit, nachhaltiger Verkehr, Wirtschaft, soziale Gerechtigkeit und Zugang zu Mobilität bzw. soziale Ungleichheit. Ziel dieser Auswahl an Indikatoren ist es, die zentralen Nachhaltigkeitsthemen im Kontext von Mobilität und damit im Rahmen dieser Studie abzubilden. Dennoch ist an dieser Stelle anzumerken, dass ein begrenztes Indikatoren-system keine vollständige Abbildung aller relevanten Wirkungen ermöglicht.

Durch die geeignete Auswahl aussagekräftiger Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung sollen zentrale Wirkungen erfasst und für diese konkreten Ziele formuliert werden (Tabelle 3.1). Die dargestellten Indikatoren weisen in diesem Kontext unterschiedlich starke bzw. direkte Verbindungen mit den zuvor diskutierten Nachhaltigkeitszielen auf.

**TABELLE 3.1: ÜBERSICHT VON INDIKATOREN FÜR EINE NACHHALTIGE MOBILITÄT IN BADEN-WÜRTTEMBERG**

|            | Indikator                             | Wiss. Fundierung | Verständlichkeit | Politische Relevanz | Datenverfügbarkeit | Szenariofähigkeit |
|------------|---------------------------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| ökologisch | direkte THG-Emissionen                | ++               | ++               | ++                  | ++                 | ++                |
|            | indirekte THG-Emissionen              | +                | +                | ++                  | +                  | +                 |
|            | Endenergieverbrauch                   | ++               | ++               | ++                  | ++                 | ++                |
|            | Anteil erneuerbarer Energien          | +                | +                | ++                  | +                  | +                 |
|            | Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe | +                | +                | +                   | +                  | +                 |
|            | Flächeninanspruchnahme                | +                | +                | +                   | +                  | --                |
|            | Luftschadstoffemissionen              | +                | +                | ++                  | +                  | -                 |
|            | Lärmemissionen                        | +                | +                | +                   | +                  | --                |
|            | Verkehrsleistung und Modal Split      | +                | +                | ++                  | ++                 | ++                |
| ökonomisch | Beschäftigung                         | +                | ++               | ++                  | -                  | +                 |
|            | Bruttowertschöpfung                   | +                | ++               | ++                  | -                  | +                 |
|            | Mobilitätskosten                      | +/-              | ++               | +                   | +                  | ++                |
| sozial     | Bewegung/aktive Mobilität             | ++               | +                | +                   | +                  | +                 |
|            | Verkehrstote/-verletzte               | +                | +                | +                   | +                  | --                |
|            | Nutzungsmischung                      | +                | +                | +                   | -                  | -                 |
|            | Erreichbarkeit                        | +                | +                | +                   | -                  | -                 |
|            | Aufenthaltsqualität öffentl. Raum     | -                | +                | ++                  | --                 | --                |

Einschätzungen zu den Gütekriterien: ++ sehr gut / + gut / - weniger gut / -- schlecht

Quelle: eigene Darstellung

### 3.2.3. WEITERE INDIKATOREN MIT UNTERSCHIEDLICH STARKEM BEZUG ZUR MOBILITÄT

Während des Projektbearbeitungsprozesses wurden die möglichen Indikatoren „gefiltert“ und konkretisiert. Einige sowohl sozio-ökonomische als auch ökologische Indikatoren werden aus unterschiedlichen Gründen in den Szenarioanalysen nicht zu den primären Indikatoren gezählt. Dies bedeutet nicht, dass die hinter den Indikatoren liegenden Fragestellungen (z. B.: Wie wirkt sich die Entwicklung in der Mobilitätswirt-

schaft auf die Einkommensverteilung aus, wie verändern sich die Anteile von OEMs und Zulieferern an der Wertschöpfung bzw. welchen Einfluss hat der Verkehr auf die Biodiversität?) nicht behandelt werden. Die Neuordnung ist vielmehr eine methodisch bedingte Änderung der Anordnung innerhalb der Projektstruktur. Die thematische Breite des Projekts führt zu einer hohen Komplexität, die in besonderem Maße eine Unterscheidung zwischen quantitativen Kennzahlen und dem Szenariotransfer bzw. der Ergebnisinterpretation der Indikatoren erfordert.

### 3.2.3.1. SOZIO-ÖKONOMISCHE INDIKATOREN

Folgende sozio-ökonomische Indikatoren zählen nun nicht mehr zu den primären Indikatoren des Projekts: Pro-Kopf-Einkommen, Einkommens- und Vermögensverteilung, Gini-Koeffizient<sup>61</sup>, Wertschöpfungsstrukturen, global ausgerichtete Wertschöpfungskette, Exportquote.

Die Indikatoren „Verteilungseffekte auf Haushalte“, „Pro-Kopf-Einkommen“ sowie die sozialen Indikatoren („Einkommens- und Vermögensverteilung“ sowie „Gini-Koeffizient“) beziehen sich auf die volkswirtschaftliche Makroebene und weisen nur einen indirekten Zusammenhang zu den Szenarien bzw. zum Themenfeld der Mobilitätswirtschaft auf. Sie können daher nicht in einem quantitativen Modell oder in Szenarien der Mobilitätswirtschaft abgebildet werden. Sie bleiben jedoch Kriterien im Szenariotransfer und der Interpretation der Indikatoren.

Die im Angebot als qualitativ benannten Indikatoren „Wertschöpfungsstrukturen“ bzw. „Verteilungseffekte auf Wertschöpfungsstrukturen“ und „global ausgerichtete Wertschöpfungskette“ sind Inputgrößen der Wertschöpfungs- und Beschäftigungsmodellierung, indem beispielsweise (bei gegebener Datenverfügbarkeit) zwischen OEM und Zulieferanteilen an der Wertschöpfung unterschieden wird oder die globale Entwicklungs- und Produktionsnetzwerkstruktur der Unternehmen berücksichtigt wird. Sollten sie nicht als quantitative Parameter in die Modellierung einfließen, besteht die Möglichkeit, die Szenarien im Szenariotransfer auf Implikationen hinsichtlich der globalen Wertschöpfungsstruktur zu prüfen und diese Indikatoren so qualitativ aufzunehmen.

Der Indikator „Exportquote“ kann szenariospezifisch hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung verschiedene Wirkrichtungen haben. Zudem ist er implizit in den Indikatoren „Umsatz“ und „Wertschöpfung“ enthalten, sodass eine eigene Hervorhebung als Kennzahl nicht sinnvoll erscheint.

### 3.2.3.2. ÖKOLOGISCHE BZW. ENERGIE-/VERKEHRSWIRTSCHAFTLICHE INDIKATOREN

Folgende ökologische bzw. energie-/verkehrswirtschaftliche Indikatoren zählen aus den unten näher erläuterten Gründen nicht zu den primären Indikatoren des Projekts: Transportintensität, Energieproduktivität, Primärenergieverbrauch und Biodiversität.

Die „Transportintensität“ setzt die Verkehrsleistung in Bezug zur Wirtschaftsentwicklung (BIP). Der Indikator liefert somit nur eine Aussage über eine mögliche Entkopplung von Verkehrsleistung und Wirtschaftsentwicklung, ohne eine Aussage zur tatsächlichen Entwicklung der Verkehrsleistung und damit zu deren Nachhaltigkeit zu liefern. Die Transportintensitätsindikatoren können eine positive Entwicklung (also eine Effizienzverbesserung) anzeigen, auch wenn die insgesamt resultierenden Umweltbelastungen steigen. Aus Nachhaltigkeitssicht führen die Indikatoren also ggf. zu Fehlsteuerungen (UBA 2015). Auch kann der weiterhin zunehmende internationale Handel zu einer zusätzlichen Verzerrung der Indikatorwerte führen, da die Transportwege außerhalb Deutschlands beim Inlandsprinzip nicht erfasst werden, gleichzeitig aber gegebenenfalls das BIP steigt.

Im Indikator „Energieproduktivität“ wird auf ähnliche Art und Weise wie bei der Transportintensität die energetische Effizienz des Wirtschaftssystems abgebildet. Sie setzt den Energieverbrauch in Bezug zu der Wirtschaftsleistung. Die Energieproduktivität ist somit ebenfalls kein absoluter Indikator zur Abbildung des Primärenergieverbrauchs; die fehlende Richtungssicherheit für die Wirkung sowie die Problematik bei einer Verlagerung von Verkehr bzw. wirtschaftlichen Aktivitäten auf Räume außerhalb des Bilanzrahmens (Inlandsprinzip) sind wie bei der Transportintensität ebenfalls gegeben, sodass auf eine Angabe dieses Indikators nicht eingegangen wird.

Über den Indikator „Primärenergieverbrauch“ können Aussagen zur Rohstoffsicherheit und zum Klimaschutz getroffen werden. In Bezug auf den Klimaschutz sind die direkten und indirekten THG-Emissionen die direkten Indikatoren. Diese werden als übergeordnete Nachhaltigkeitsziele in dem Vorhaben bewertet. Die Rohstoffsicherheit bezieht sich im Verkehrssektor vor allem auf den Einsatz von Mineralöl-basierten Kraftstoffen und die beschränkte Ressource Biomasse.

<sup>61</sup> Der Gini-Koeffizient wird insbesondere in der Wohlfahrtsökonomie verwendet, um beispielsweise das Maß der Gleichheit oder Ungleichheit der Verteilung von Vermögen oder Einkommen zu beschreiben.

Deutliche Effizienzgewinne in Raffinerieprozessen sind in Zukunft nicht zu erwarten, sodass die Entwicklung des Primärenergiebedarfs durch die Abbildung des Endenergieverbrauchs ausreichend abgebildet ist. Bei der Verwendung biogener Endenergieträger (Biogas, flüssige Biokraftstoffe) wird von der AG Energiebilanzen bisher eine ungeeignete Methode zur Abbildung der Nutzung des Primärenergieträgers Biomasse verwendet. Biogene Energieträger werden dabei erst bei der ersten energetischen Anwendung bilanziert, d. h. nach der Umwandlung in Biogas oder Biokraftstoff. Die Aussage über die Umwandlungsverluste ist bei dieser Methodik also nicht gegeben. Über den Endenergieverbrauch wird allerdings indirekt auch die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs von Biomasse mit abgebildet, auch wenn in Zukunft Verbesserungen der Wirkungsgrade im Umwandlungsschritt denkbar sind. Die Richtungssicherheit der Entwicklung beim Biomassebedarf ist allerdings gegeben. Es wird also auf die explizite Abbildung des Primärenergieverbrauchs verzichtet. Bei der Interpretation und der Bewertung der Szenarien wird die Rohstoffsicherheit jedoch mit einbezogen, auch wenn der Indikator nicht explizit abgebildet wird.

Die „Biodiversität“ bzw. die Verringerung der Biodiversität ist die Folge verschiedener Änderungen mit Einfluss auf das jeweilige Ökosystem. Die Umwandlung und die Zerschneidung von Flächen, wie auch Lärm- und Schadstoffemissionen sind dabei zentrale Einflussfaktoren. Wie bei einigen makro-ökonomischen Größen ist der Verkehr jedoch einer von mehreren Einflussfaktoren auf die Biodiversität. Im Vorhaben kann die Wirkung des Verkehrs auf die Biodiversität nicht explizit über einen Indikator abgebildet werden. Jedoch können auf Grundlage der Entwicklung der genannten Flächen- und Emissionsindikatoren qualitative Aussagen zu den Auswirkungen auf die Einflüsse des Verkehrs auf die Biodiversität getroffen werden.

### 3.3. INDIKATOREN FÜR ÖKOLOGISCHE NACHHALTIGKEIT

Im Folgenden werden die für diese Studie ausgewählten Indikatoren in Bezug auf Hintergrund, Status quo und bestehende Ziele beschrieben. Die dargestellten Indikatoren bilden die Grundlage zur Bewertung der Szenarien hinsichtlich deren Nachhaltigkeit (Kapitel 6).

#### 3.3.1. ENDENERGIEBEDARF UND STROMBEDARF

Unter der Annahme einer begrenzten Verfügbarkeit sowie technischer Restriktionen für den Einsatz erneuerbarer Energien im Verkehrssektor (insbesondere aufgrund der Speicherproblematik), kommt der Minderung des Endenergiebedarfs des Verkehrs im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung eine besondere Bedeutung zu. Bei unverändertem Primärenergieträgereinsatz ist ein Rückgang des Endenergieverbrauchs mit einer entsprechend starken Minderung der THG-Emissionen verbunden.

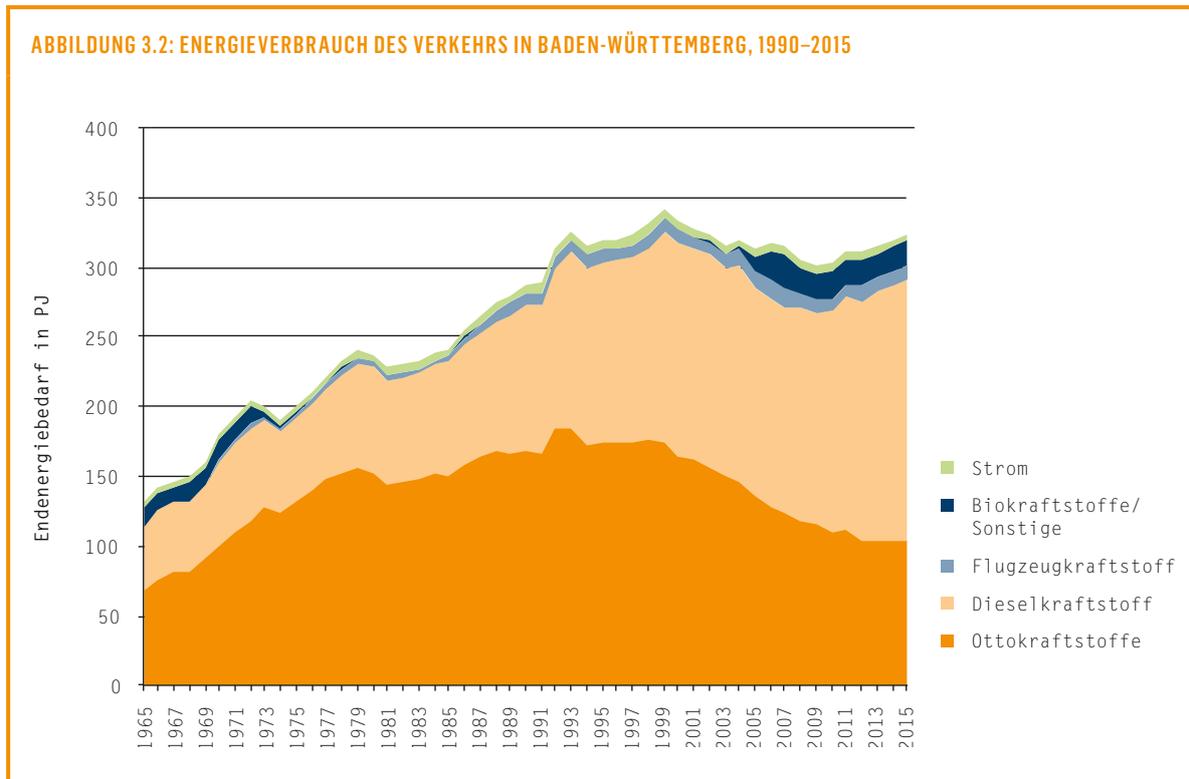
Perspektivisch können Klimaschutzbestrebungen im Verkehrssektor zu einem zunehmenden Einsatz von erneuerbarem Strom führen: Entweder durch den direkten Einsatz von Strom oder aber durch die Herstellung von strombasierten flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen. Da hiermit relevanter zusätzlicher Strombedarf einhergeht, ist der Strombedarf des Verkehrssektors ebenfalls relevant.

#### ZIELE

Auf Landesebene ist für den Verkehr das Ziel einer Minderung des Energiebedarfs um 10 % bis 2020 und um 40 % bis 2050 gegenüber dem Bezugsjahr 2005 formuliert. Diese Zielwerte sollen für die Szenarien als Richtwerte berücksichtigt werden. Je nach Szenario ist es jedoch auch möglich, dass zur Erreichung der THG-Ziele auch eine höhere Minderung des Endenergiebedarfs notwendig ist (z. B. wenn erneuerbare Energien für den Verkehr nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen). Aktuelle Klimaschutzenszenarien auf nationaler Ebene zeigen beispielsweise, dass eine Minderung des Endenergiebedarfs von 60 % für das Erreichen des 95 %-Klimaschutzziels notwendig ist.

#### STATUS QUO

Der Endenergiebedarf des Verkehrssektors lag nach Energiebilanz des Statistischen Landesamtes (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017) im Jahr 2015 bei 323 PJ und damit 3 % über dem Niveau von 2005 und 12 % höher als 1990 (Abbildung 3.2). Im letzten Jahrzehnt hat insbesondere der Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff zugenommen und macht nun (2015) einen Anteil von 58 % am Energieverbrauch aus. Der inländische Benzinverbrauch ging dagegen zurück. Sichtbar wird (ab 2005) der Biokraftstoffeinsatz im Verkehr.



Quelle: Energiebilanz Baden-Württemberg (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017b), eigene Darstellung

### 3.3.2. TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Eine drastische, sektorübergreifende Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2050 ist ein Kernziel der Umweltpolitik und steht in enger Verbindung zur Minderung des Endenergiebedarfs und der Nutzung erneuerbarer Energien. Die direkten Emissionen des Verkehrs (also die direkt während der Nutzungsphase entstehenden Emissionen) sind in diesem Kontext von besonderer Bedeutung, da z. B. die Klimaschutzberichterstattung und konkrete Ziele für den Verkehrssektor jeweils hinsichtlich der direkten Emissionen abgegrenzt und definiert werden.

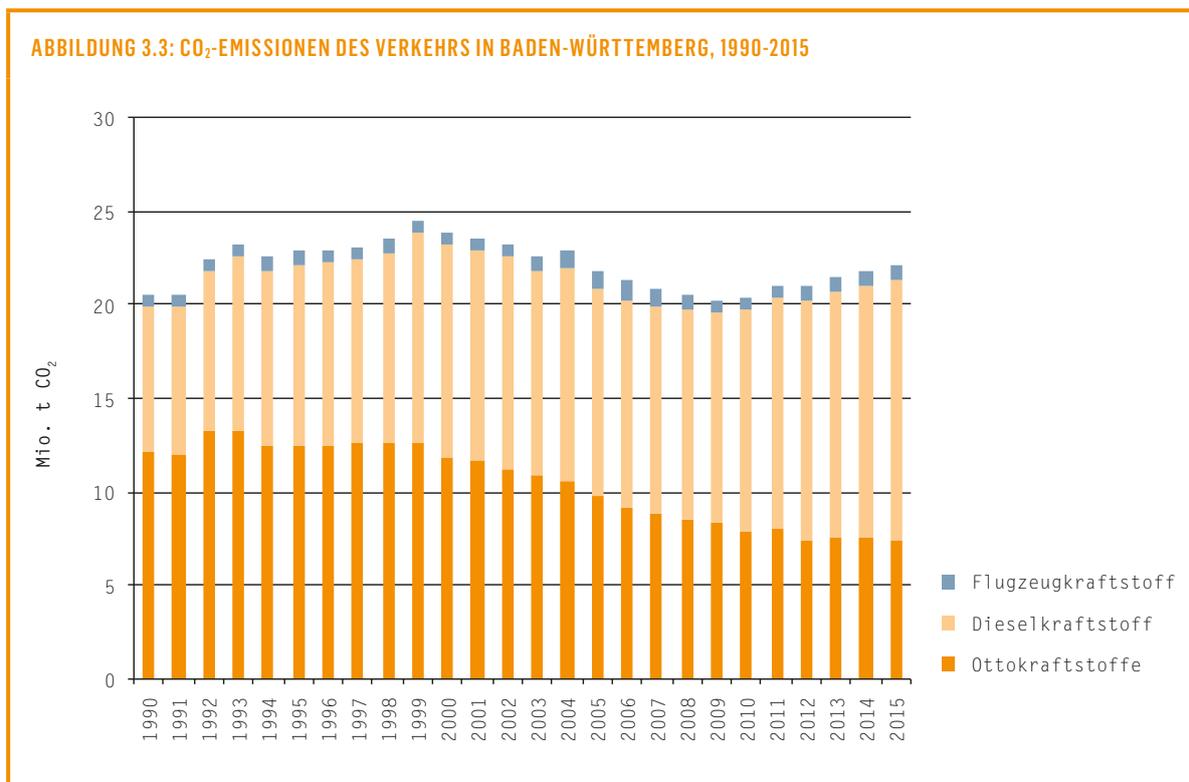
Für ein aussagekräftiges Gesamtbild sollten jedoch auch die indirekten Emissionen, z. B. aus Kraftstoffherstellung und Fahrzeugherstellung, berücksichtigt werden. Denn insbesondere beim Einsatz alternativer Kraftstoffe verlagern sich die Treibhausgasemissionen von der Nutzungsphase in die Herstellungsphase (teilweise auch ins Ausland). Ein konsistenter Vergleich von Szenarien erfordert daher auch die Berücksichtigung der sogenannten Vorkette.

Alternative Antriebskonzepte sind in der Herstellungsphase für z. B. Batterien oder Brennstoffzellen mit höheren Energieaufwendungen und damit – bei unveränderter Art der Energiebereitstellung – mit höheren Emissionen in der Herstellungsphase verbunden. Ein aussagekräftiger Szenariovergleich erfordert daher auch eine Berücksichtigung des Herstellungsprozesses.

#### STATUS QUO

Die (direkten) Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor in Baden-Württemberg lagen im Jahr 2014 bei 21,6 Mio. t und hatten somit einen Anteil von rund 29 % an den gesamten Emissionen in Baden-Württemberg. Im Zeitraum 1990–2014 sind die Treibhausgasemissionen des Verkehrs um rund 6 % angestiegen (Abbildung 3.3). Während im Zeitraum 2000–2010 ein Rückgang zu verzeichnen war, der u. a. auf den zunehmenden Einsatz von Biokraftstoffen zurückzuführen ist, sind die Emissionen seit 2010 wieder angestiegen. Dagegen konnten die THG-Emissionen insgesamt in Baden-Württemberg im Zeitraum 1990–2014 um 17 % reduziert werden (Umweltministerium Baden-Württemberg 2015).

ABBILDUNG 3.3: CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN DES VERKEHRS IN BADEN-WÜRTTEMBERG, 1990-2015



Quelle: Energiebilanz Baden-Württemberg; eigene Berechnungen, eigene Darstellung

### ZIELE

Insgesamt (d. h. über alle Sektoren) soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Landes laut Klimaschutzgesetz bis 2020 um mindestens 25 % und bis 2050 um 90 % gegenüber 1990 sinken. Die Ziele des Landes Baden-Württemberg zur Minderung der verkehrsbedingten direkten Treibhausgasemissionen liegen bei 20 % bis 2020 und 40 % bis 2030 (Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg o.J.).

Auch auf Bundesebene wird im Klimaschutzplan das Ziel einer Minderung der THG-Emissionen um 40–42 % bis 2030 definiert.

Vor dem Hintergrund des Paris-Abkommens ist eine nahezu vollständige Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 notwendig. Nationale Szenarien zeigen, dass bei einem übergreifenden Ziel von 95 % der Verkehrssektor einen höheren Beitrag leisten muss, da Sektoren wie z. B. die Landwirtschaft diese 95 % nicht erreichen können.

Bezüglich indirekter Emissionen (z. B. durch Kraftstoffe, Fahrzeugherstellung) wurden bisher so gut wie keine konkreten Ziele festgelegt. Eine Ausnahme bildet das in der Fuel Quality Directive der EU festgelegte Ziel, die THG-Intensität von Kraftstoffen inklusive ihrer Vorkette bis 2020 um 6 % zu reduzieren. Da die indirekten Emissionen für den Klimaschutz relevant sind, werden sie im Projekt mit betrachtet.

### 3.3.3. NUTZUNG NICHT-ENERGETISCHER ROHSTOFFE

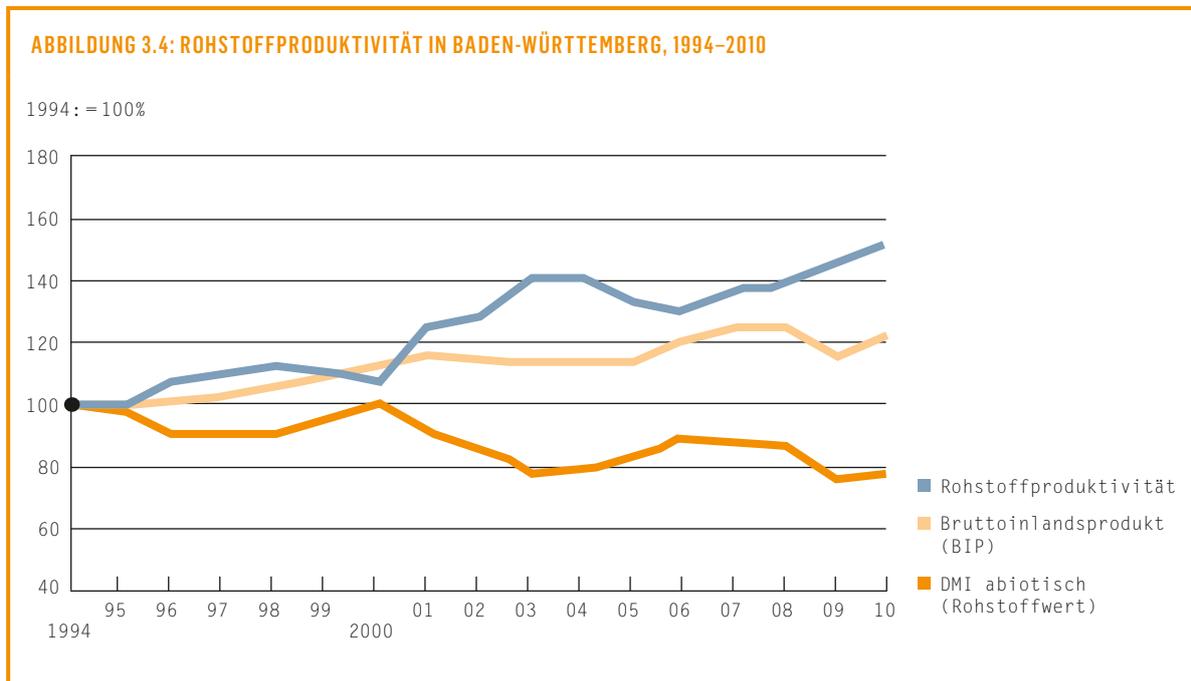
Nicht-energetische Rohstoffe sind Voraussetzung und Grundlage der produzierenden Industrie und unseres materiellen Wohlstandes. Gewinnung, Nutzung und Verbrauch dieser meist endlich verfügbaren Rohstoffe führen jedoch zu vielen ökologischen und sozialen Problemen.

**STATUS QUO**

Der direkte Materialeinsatz<sup>62</sup> Baden-Württembergs ist zwischen 1994 und 2010 von 184,6 auf 160,7 Mt gesunken. Bei einem Anstieg des BIPs um gut 20% in der gleichen Zeit ist die Rohstoffproduktivität<sup>63</sup> in diesem Zeitraum um 57% gestiegen. Jenseits der Energieträger weist Baden-Württemberg jedoch einen deutlich höheren Rohstoffeinsatz als der Bundesdurchschnitt auf (UM BW 2014).

Diese Daten ins Verhältnis zum Verkehrs- oder Energiesektor zu setzen ist sehr schwierig. Die Statistiken erlauben hier keine sektorscharfe Abgrenzung der Rohstoffnutzung. Selbst bei der Betrachtung einzelner Materialien wie z. B. Zement oder Kies ist eine sektorscharfe Zuordnung meist nicht möglich. Im Verkehrssektor ist allerdings neben dem weiterhin hohen Energiebedarf insbesondere mit der Fahrzeugproduktion und dem Infrastrukturbau eine hohe Inanspruchnahme nicht erneuerbarer Ressourcen verbunden, die zu großen Teilen importiert werden.

Baden-Württemberg befindet sich auf einem guten Weg, die Ziele der Bundesregierung zur Rohstoffproduktivität bis 2020 zu erreichen. Allerdings gilt: Obwohl der direkte Materialeinsatz zwischen 1994 und 2010 insgesamt gesunken ist, stiegen die Importe um knapp 50% im gleichen Zeitraum. Im Zeitverlauf steigen aber die Aufwände in den vorgelagerten Prozessen, da der Verarbeitungsaufwand der importierten Güter seit 1994 stetig zugenommen hat (Büring 2013). Der Indikator Rohstoffproduktivität erfasst die Massen der importierten Ware, jedoch nicht die indirekt mit dem Import zusammenhängenden vorgelagerten Prozesse, welche im Ausland stattfinden. Allgemeine massenbezogene Rohstoffindikatoren wie die Rohstoffproduktivität enthalten zudem keine Bewertung der Umweltwirkungen der Entnahme, Nutzung anderer natürlicher Ressourcen, sozialer Effekte oder Knappheiten.



Quelle: in Anlehnung an Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2013)

62 DMI – Direct Material Input – berücksichtigt die inländische Entnahme von nicht-erneuerbaren Primärrohstoffen aus der Natur sowie alle importierten abiotischen Rohstoffe, Halbwaren und Fertigwaren mit ihrem Eigengewicht.

63 Rohstoffproduktivität ist definiert als der Quotient aus dem preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt und dem eingesetzten abiotischen Primärmaterial; nähere Informationen in Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2016a.

Besondere Relevanz für den Verkehr haben die Rohstoffe für die Herstellung der Fahrzeuge sowie für die Verkehrsinfrastruktur. Bei der Verkehrsinfrastruktur ist zu beachten, dass ein hoher Anteil der Rohstoffe (> 80%) für die Instandhaltung der Infrastruktur benötigt wird; somit sind Investitionsentscheidungen langfristig bindend (Buchert et al. 2017).

#### ZIELE

Auf Landesebene sind mit der Landesstrategie Ressourceneffizienz (Baden-Württemberg 2016) Ziele gesetzt. Diese haben jedoch im Vergleich zu den Zielen z. B. der THG-Emissionen eher qualitativen Charakter:

- ▶ Das wirtschaftliche Wachstum vom Ressourcenverbrauch unter Beibehaltung und Ausbau des hohen Anteils am produzierenden Gewerbe sowie Erhalt der baden-württembergischen Wirtschaftsstruktur entkoppeln.
- ▶ Das Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität von 1994 bis 2020 – unterstützen.
- ▶ Baden-Württemberg zum Leitmarkt und zum Leitanbieter von Ressourceneffizienztechnologien zu machen und so zu einer der ressourceneffizientesten Regionen in Deutschland entwickeln.
- ▶ Sichere Versorgung der Wirtschaft mit Rohstoffen durch effizientere Gewinnung von Primärrohstoffen und der Erhöhung des Anteils an Sekundärrohstoffen.

Je nach Rohstoff bzw. Rohstoffgruppe können die möglichen negativen Auswirkungen der Rohstoffnutzung („Hotspots“) in ganz unterschiedlichen Bereichen auftreten. Das Öko-Institut schlägt daher vor, zwischen Massenrohstoffen (wie z. B. Kies etc.) und Nicht-Massenrohstoffen (wie z. B. Neodym, seltene Erden) zu differenzieren und jeweils rohstoffgruppenspezifische Ziele und Instrumente zu entwickeln (Buchert et al. 2017). Bei Nicht-Massenrohstoffen wie z. B. Neodym sind vor allem Instrumente zur Verbesserung der Bedingungen in der Metallförderung sinnvoll, bspw. durch entsprechende Zertifizierungssysteme. Durch verschiedene Rohstoffe, die beispielsweise

für neue Fahrzeugkonzepte benötigt werden, kann es zu neuen Importabhängigkeiten kommen. Diesen Abhängigkeiten sowie möglichen Knappheiten kann mit einer frühzeitigen Konzeption und Umsetzung entsprechender Recyclingstrukturen entgegen gewirkt werden.

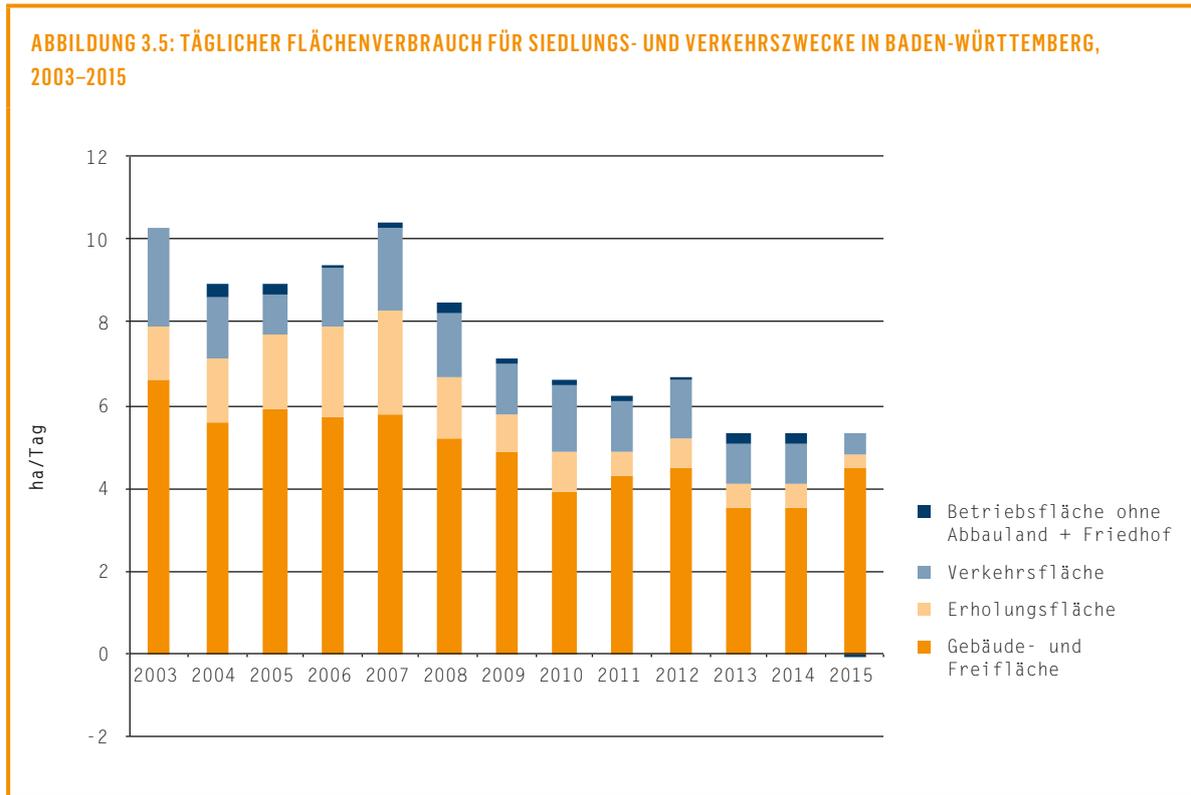
Gerade bei Massenrohstoffen sollten absolute Ziele (und nicht relative Ziele wie die Rohstoffproduktivität) maßgeblich sein, wie z. B. die Halbierung des Kiesverbrauchs bis zur Mitte des Jahrhunderts.

#### 3.3.4. FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Verkehrsinfrastruktur benötigt Fläche, welche für andere Bodenbedeckungen (naturnahe Flächen oder Agrarböden) und Nutzungen verloren geht. Darüber hinaus trägt der Bau von Verkehrsinfrastruktur auch zur Zerstückelung von Freiflächen bei. Die Zerschneidung wertvoller Habitats stellt eine wichtige Ursache für den anhaltenden Biodiversitätsverlust dar. Die Flächeninanspruchnahme wird typischerweise mittels der täglich neu durch Siedlung und Verkehr beanspruchten Fläche beschrieben. Die Trennwirkung, die insbesondere mit der Verkehrsinfrastruktur verbunden ist und die als die dominierende Umweltwirkung betrachtet wird, wird über die Flächenzerschneidung erfasst. Diese misst das Ausmaß der Zerschneidung der Landschaft durch technische Elemente wie Straßen, Bahnstrecken, Flughäfen und Kanäle, von denen Störungen für wild lebende Tiere sowie für Naturerleben und Erholungseignung ausgehen.

#### STATUS QUO

Abbildung 3.5 zeigt die Entwicklung des Flächenverbrauchs in Baden-Württemberg in den letzten Jahren. Der Flächenverbrauch in Baden-Württemberg für die Verkehrsfläche lag im Mittel 2005–2015 bei rund 1,3 ha/d. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche umfasst aber auch Grün- und Freiflächen. Nach Schätzung des Statistischen Landesamtes sind rund 50 % der Siedlungs- und Verkehrsfläche versiegelt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 22.08.2016).



Quelle: in Anlehnung an Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 22.08.2016

**ZIELE**

Die Flächeninanspruchnahme in Deutschland soll bis 2030 laut Nationaler Nachhaltigkeitsstrategie auf unter 30 ha/Tag begrenzt werden (ursprünglich sollte das Ziel bereits 2020 erreicht werden). Baden-Württemberg hat sich zum Ziel gesetzt, diese auf 3 % ha/Tag bis 2020 zu begrenzen (entsprechend des 10 %-igen Anteils Baden-Württembergs an der Fläche Deutschlands), sowie langfristig (bis 2030) auf Null zu senken. Für die Flächenzerschneidung sind bisher keine Ziele definiert, sie wird jedoch über die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) berichtet. Derzeit ist umstritten, inwiefern der Indikator Flächeninanspruchnahme in ha/Tag ein geeigneter Schlüsselindikator ist. Vorgeschlagen werden im „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ Subindikatoren zu „Neubeanspruchung von Fläche für urbane Nutzungen“ (beinhaltet Verkehrsflächen), Subindikatoren zu „Schutz- und Erhaltungszielen“ (welche Flächen sind betroffen), zu „Standort- und Strukturzielen“ (wie eingefügt/kompakt) und zu „Effizienzzielen“ (wie nutzenstiftend war die Flächeninanspruchnahme?) (Siedentop 2009/BBR 2007).

**3.3.5. LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN**

Verkehrsbedingte Luftschadstoffemissionen stellen ein gravierendes Gesundheitsrisiko dar, wobei in Deutschland vor allem Stickstoffoxid (NOx)- und Feinstaubemissionen (PM) zur Luftverunreinigung beitragen. Aus dem „Air Quality in Europe – 2016 Report“ der Europäischen Umweltagentur European Environment Agency (2016) geht hervor, dass im Jahr 2013 in Deutschland 86.510 vorzeitige Todesfälle durch Luftschadstoffe verursacht wurden. 85 % sind davon auf Feinstaub zurückzuführen, 12 % auf Stickstoffoxide und 3 % auf Ozon. Das UBA schätzt die Anzahl vorzeitiger Todesfälle durch Feinstaub jährlich im Schnitt auf rund 47.000 (Graff et al. 2014). Aufgrund einer nicht vollständig nachweisbaren Kausalitätskette sind Todesfälle durch Luftschadstoffemissionen als Schätzung anzusehen. Nichtsdestotrotz würde sich eine Minderung der Luftschadstoffbelastung im Sektor Verkehr nicht nur positiv auf die Umwelt-, sondern besonders auch auf die Gesundheitsebene auswirken. Der Verkehr ist ein bedeutender Emittent von Luftschadstoffen, wobei sich die Gesamtbelastung jedoch aus unterschiedlichen Quellen zusammensetzt.

Bisher werden Luftschadstoffe fahrzeugseitig (emissionsseitig) über EURO-Normen reguliert. EU-weite Grenzwerte für Luftschadstoffemissionen bestehen seit 1992 und werden seitdem stufenweise nach unten angepasst. Seit 2015 gilt für Pkw die Emissionsklasse Euro 6 als Mindeststandard. Im Realbetrieb werden die Emissionen jedoch um ein Vielfaches überschritten. Diese Abweichung zwischen Real- und Testzyklusemissionen führte zur Einführung verbindlicher Emissionsmessungen im Fahrbetrieb (Real Driving Emissions), welche ab September 2017 für neue Fahrzeugtypen und ab September 2018 für alle Neufahrzeuge gelten soll.

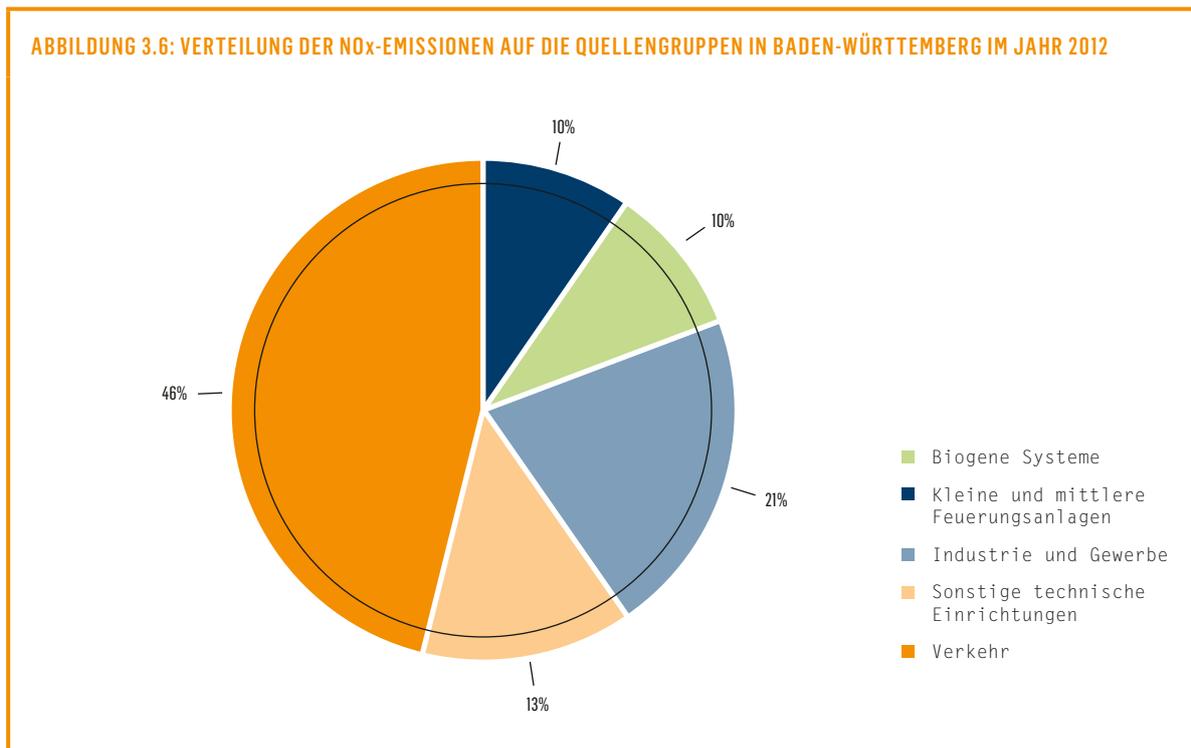
#### STATUS QUO

Die EU-Rechtsvorschrift über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Richtlinie 2008/50/EG) gibt Grenzwerte für die Luftschadstoffbelastung vor und verpflichtet die Mitgliedstaaten, ihre Bürgerinnen und Bürger vor schädlichen Luftschadstoffen zu schützen. Trotz dieser Verpflichtung werden in vielen Städten EU-weit die Normen für Luftqualität nicht eingehalten. Die Europäische Kommission hat seit 2008 wegen schlechter Luftqualität rechtliche Schritte gegen mehrere Mitgliedstaaten eingeleitet. Im Februar 2017 richtete die Kommission ein letztes Mahnschreiben an die Länder, die es bisher versäumt hatten, die wiederholte Über-

schreitung der Grenzwerte für die Luftverschmutzung durch Stickstoffoxide zu beenden. Somit erging die Mahnung auch an Deutschland, wo in 28 Regionen anhaltend gegen die NO<sub>x</sub>-Grenzwerte verstoßen wird. Aus Baden-Württemberg sind beispielsweise die Ballungsräume Stuttgart und Mannheim/Heidelberg sowie die Regierungsbezirke Tübingen und Karlsruhe zu nennen. Im nächsten Schritt droht im Rahmen des EU-Vertragsverletzungsverfahrens eine Klage vor dem Europäischen Gerichtshof.

#### Stickstoffoxide

Trotz rückläufiger Tendenz weisen die verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen in Baden-Württemberg teilweise weiterhin deutliche Grenzwertüberschreitungen auf. Stickstoffoxide stellen mit teilweise erheblichen Überschreitungen an fast allen verkehrsnahen Messstationen das größte Problem dar. Stickstoffoxide kommen im Abgas sowohl als Stickstoffmonoxid (NO) als auch -dioxid (NO<sub>2</sub>) vor und werden oft als Summenwert (NO<sub>x</sub>) angegeben. Im Jahr 2012 wurden laut LUBW 113.876 Tonnen Stickstoffoxide in Baden-Württemberg freigesetzt (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) o.J.). Der Sektor Verkehr hatte daran einen Anteil von 46% und stellt somit den größten Emittenten dar.



Quelle: in Anlehnung an Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, eigene Darstellung

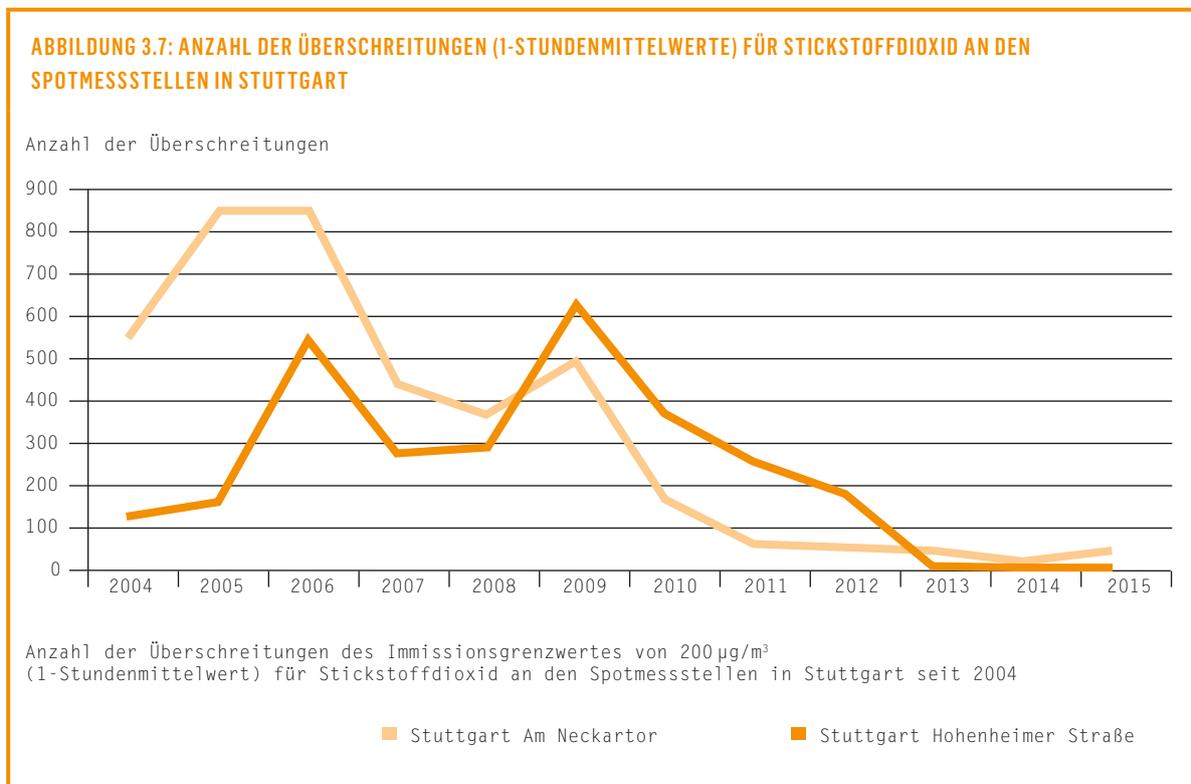
Innerhalb der Quellengruppe des Verkehrs ist der Straßenverkehr mit einem Anteil von 89% hauptsächlich für die Stickstoffoxid-Emissionen verantwortlich. Insbesondere Personenkraftwagen und schwere Nutzfahrzeuge sind an den verkehrsbedingten NOx-Emissionen beteiligt. Auf Schiffsverkehr sind 8% der Emissionen zurückzuführen, der Schienenverkehr trägt mit 2% und der Flugverkehr mit 1% zu den NOx-Emissionen bei.

Generell sinken in Baden-Württemberg die Spitzenkonzentrationen für Stickstoffoxide seit mehr als zehn Jahren an allen verkehrsnahen Messstationen. Die Spotmessstelle „Stuttgart Am Neckartor“ misst jedoch deutschlandweit die höchsten Konzentrationen für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Feinstaub (PM10). Der Immissionsgrenzwert für den 1-Stundenmittelwert für Stickstoffdioxid liegt bei 200 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 18 Überschreitungen sind im Kalenderjahr für diesen Grenzwert zulässig. In den Jahren 2012 und 2013 wurde dieser Immissionsgrenzwert an den beiden Stuttgarter Spot-

messstellen „Stuttgart Am Neckartor“ und „Stuttgart Hohenheimer Straße“ überschritten (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2016). Seit dem Jahr 2014 wird dieser Immissionsgrenzwert an der Hohenheimer Straße eingehalten. An der Messstelle „Stuttgart Am Neckartor“ wurden jedoch auch im Jahr 2015 noch 61 Überschreitungen registriert (siehe Abbildung 3.7).

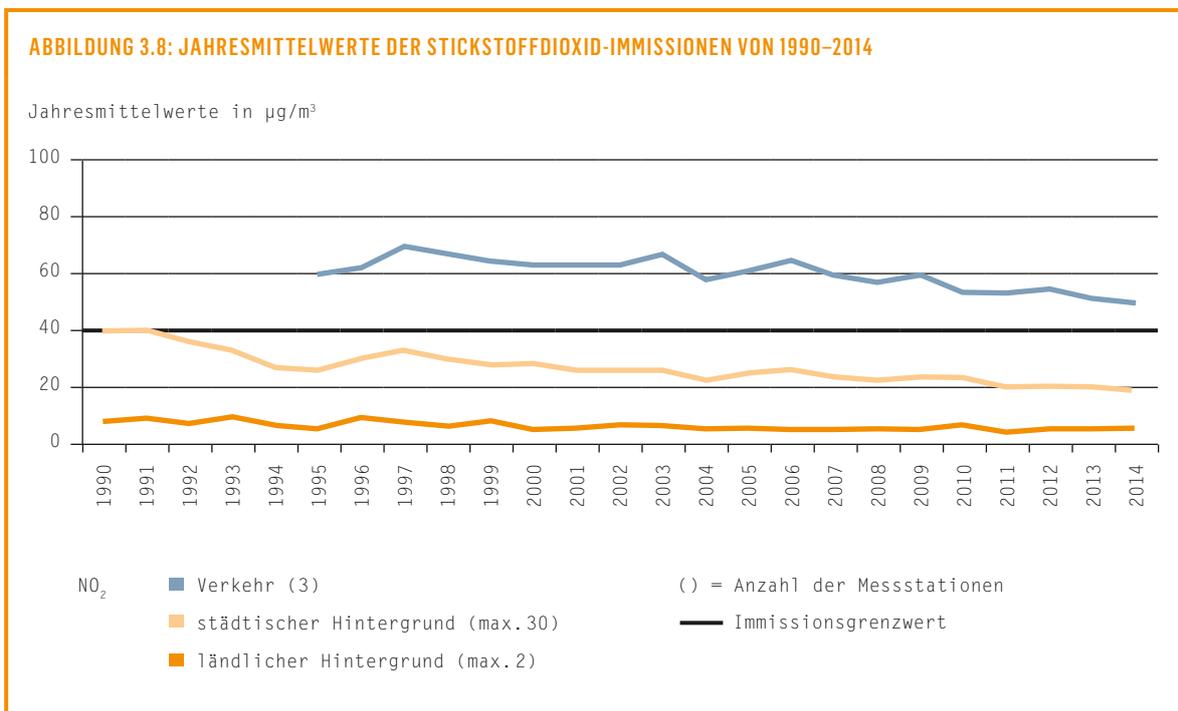
Auch im Jahr 2016 gab es an der Spotmessstelle „Stuttgart Am Neckartor“ mehr als die erlaubten 18 Überschreitungen.

Bei der zeitlichen Betrachtung der  $\text{NO}_2$ -Immissionen zeigt sich, dass an verkehrsnahen Messstationen in Baden-Württemberg nur eine leichte Abnahme zu verzeichnen ist (vgl. Abbildung 3.8). Bei dieser Entwicklung ist davon auszugehen, dass die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen an straßennahen Stationen weiterhin häufig über dem Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen werden.



Quelle: in Anlehnung an LUBW 2016

ABBILDUNG 3.8: JAHRESMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID-IMMISSIONEN VON 1990-2014



Quelle: in Anlehnung an LUBW 2015

### PM und Ozon

Die höchsten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen treten ebenfalls an verkehrsnahen Messstationen und verkehrsnah gelegenen Spotmessstellen auf. Der Immissionsgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> (Tagesmittelwert) wurde nur an der Spotmessstelle „Stuttgart Am Neckartor“ mit 64 Überschreitungen nicht eingehalten. Der seit dem 1. Januar 2015 gültige Immissionsgrenzwert für Partikel PM<sub>2,5</sub> wurde im Jahr 2014 an allen Messstellen in Baden-Württemberg eingehalten. In den letzten Jahren ist bei den verkehrsnahen und den städtischen Messstationen ein leicht abnehmender Trend bei der Belastung durch Partikel PM<sub>10</sub> festzustellen. Im Gegensatz dazu konnte der Grenzwert für den 8-Stundenmittelwert von Ozon 2014 an mehreren verkehrsnahen Messstationen nicht eingehalten werden.

### ZIELE

Im Bereich der Luftschadstoffemissionen strebt Baden-Württemberg eine Reduzierung der Zahl der Spotmessstellen mit Grenzwertüberschreitungen des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertes um 60 % bis 2020 und 100 % bis 2030 an.

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie und die in der Richtlinie genannten Luftqualitätsstandards erhöhen den politischen und gesellschaftlichen Druck zur Reduktion der Luftschadstoffemissionen im Verkehr und geben verpflichtende Ziele vor.

### 3.3.6. LÄRMEMISSIONEN

Lärm ist in Baden-Württemberg ein nahezu flächen-deckendes Umwelt- und Gesundheitsproblem. Bei Dauerbelastungen über 65 dB(A) (LDEN) und 55 dB(A) während der Nacht (Lnight) besteht nach Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung ein signifikantes gesundheitliches Risiko (LUBW, 2015).

Lärmbelastungen haben die Besonderheit, dass ihre gesundheitlichen Wirkungen von der empfundenen Lärmbelastung abhängen. Diese ist eine subjektive Größe, welche u. a. von psychologischen Faktoren abhängig ist und daher nicht direkt gemessen, sondern nur durch Befragungen oder ärztliche Untersuchungen erhoben werden kann. Direkt quantifizierbar sind jedoch die Lärmemissionen des Verkehrs und die Lärmbelastung der Bevölkerung als Immission. Letztere wird oft über Modelle errechnet.

#### STATUS QUO

Trotz bereits initiiertem lärmindernden Maßnahmen stellten die Umweltministerinnen, -minister und -senatoren der Länder bei der Umweltministerkonferenz im Juni 2016 fest, dass die Minderungsmaßnahmen bislang nicht ausreichen und weitere umfassende Maßnahmen zur Entlastung der Bevölkerung durch Verkehrslärm dringend notwendig sind. Lärm sei nach wie vor die Umweltbelastung mit der höchsten Anzahl von Betroffenen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016).

Im September 2016 leitete die EU-Kommission ein Vertragsverletzungsverfahren (nach Art. 258 AEUV) gegen die Bundesrepublik Deutschland ein. Anlass des Verfahrens war die Feststellung der Kommission, dass Deutschland seinen Verpflichtungen aus der EU-Umgebungslärmrichtlinie bezüglich der Aufstellung von Lärmaktionsplänen noch nicht in vollem Umfang nachgekommen ist. In Baden-Württemberg haben, nach Prüfung der EU-Kommission, 362 von 669 Städten und Gemeinden eine Meldung zur Lärmaktionsplanung eingereicht (Kernitzner 2016). Für Hauptseisenbahnstrecken außerhalb von Ballungsräumen liegen 121 Meldungen über Lärmaktionspläne für 257 Städte und Gemeinden vor. Somit fehlen in Baden-Württemberg an Hauptverkehrsstraßen 307 Meldungen (46%) und 136 Pläne an Hauptseisenbahnstrecken (53%). In einer Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom 15. Februar 2017 wird festgehalten, dass die Kommission Klage vor dem Gerichtshof der Europäischen Union erheben kann, sofern die vom Vertragsverletzungsverfahren betroffenen Mitgliedsstaaten nicht binnen zwei Monaten reagieren (Europäische Kommission 2017). Bis Mitte April 2017 hatte die Bundesregierung somit Zeit, um auf das jüngste Mahnschreiben aus Brüssel zu antworten. Im Zuge des Verfahrens können auf die Bundesrepublik hohe Strafzahlungen zukommen.

64 Bezugsjahr für die Lärmkartierung Stufe 2 (Ballungsräume über 100.000 Einwohner) ist das Jahr 2011. Die meisten der für die Lärmberechnung verwendeten Daten stammen aus diesem Jahr. Für die Berechnung des Straßenlärms werden die aktuellsten bei der Landesstelle für Straßentechnik verfügbaren Verkehrsmengen der Straßenverkehrszählung 2010 verwendet, ergänzt um Angaben der Kommunen

TABELLE 3.2: LÄRMBELASTETE PERSONEN NACH VERKEHRSTRÄGER (2011)<sup>64</sup>

| Lärmpegel in dB(A) |                       | Belastete Personen durch Straßenverkehr (außerhalb und innerhalb der Ballungsräume) |         | Belastete Personen durch Schienenverkehr (außerhalb und innerhalb der Ballungsräume) |         |
|--------------------|-----------------------|---|---------|--|---------|
| über               | bis                   | LDEN  | L night | LDEN   | L night |
| 50                 | 55                    |   | 322.100 |  | 408.300 |
| 55                 | 60                    | 494.300   | 187.600 | 488.100  | 169.100 |
| 60                 | 65                    | 257.000   | 82.500  | 218.100  | 60.800  |
| 65                 | 70                    | 165.100   | 11.200  | 84.100   | 20.800  |
| 70                 | 75                    | 73.400  | 600     | 32.200   | 8.100   |
| 75                 |                       | 7.800   |         | 12.400   |         |
| Summe über         | LDEN 65/<br>Lnight 55 | 246.300   | 281.900 | 128.700  | 258.800 |
| Summe über         | LDEN 70/<br>Lnight 60 | 81.200  | 94.300  | 44.600   | 89.700  |

Quelle: LUBW, Betroffenheitsstatistik 2012, Stand 31.10.2013, [www.lubw.de/servlet/is/218083/](http://www.lubw.de/servlet/is/218083/), Berichterstattung des Eisenbahn-Bundesamtes an die EU-Kommission, eigene Darstellung

Hauptlärmquelle in Baden-Württemberg ist der Straßenverkehr, gefolgt von Schienen- und Flugverkehr (LUBW 2015). Laut Lärmkartierung 2012 sind in BW allein durch den Straßenverkehr 282.000 Menschen nachts einem Lärmpegel von über 55 dB(A) ausgesetzt (s. Tabelle 3.2).

verpflichtend zu erfassende Lärmbelastung wird in Form strategischer Lärmkarten aufbereitet und veröffentlicht, wobei diese Ergebnisse wiederum als Grundlage für die Erarbeitung von Lärmaktionsplänen für vom Lärm besonders betroffene Gebiete dienen.

**TABELLE 3.3: LÄRMBELASTETE PERSONEN AN HAUPTVERKEHRSSTRASSEN IN UND AUSSERHALB VON BALLUNGSRÄUMEN**

| Lärmpegel in dB(A) |                                   | Belastete Personen an Hauptverkehrsstraßen außerhalb der Ballungsräume |                    | Belastete Personen in Ballungsräumen (Hauptverkehrsstraßen und sonstige Straßen) |                    |
|--------------------|-----------------------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| über               | bis                               | LDEN   | L <sub>night</sub> | LDEN   | L <sub>night</sub> |
| 50                 | 55                                |  | 181.400            |  | 140.700            |
| 55                 | 60                                | 290.800  | 95.400             | 203.500  | 92.200             |
| 60                 | 65                                | 133.700  | 42.300             | 123.300  | 40.200             |
| 65                 | 70                                | 79.900   | 5.900              | 85.200   | 5.300              |
| 70                 | 75                                | 35.600   | 100                | 37.790   | 500                |
| 75                 |                                   | 3.400  |                    | 4.400  |                    |
| Summe über         | LDEN 65/<br>L <sub>night</sub> 55 | 118.900  | 143.700            | 127.390  | 138.200            |
| Summe über         | LDEN 70/<br>L <sub>night</sub> 60 | 39.000   | 48.300             | 42.190   | 46.000             |

Quelle: LUBW, Betroffenheitsstatistik 2012, Stand 31. Oktober 2013, [www.lubw.de/servlet/is/218083/](http://www.lubw.de/servlet/is/218083/), Ballungsräume: Berichterstattung an die EU-Kommission, eigene Darstellung

Die Tabelle 3.3 zeigt die Anzahl aller Lärmbelasteten an Hauptverkehrsstraßen außerhalb der Ballungsräume und in den Ballungsräumen in BW. Sie zeigt deutlich, dass vor allem die Anzahl der Betroffenen über dem Lärmpegel L<sub>night</sub> im Vergleich zum LDEN hoch ist.

#### ZIELE

Die Ziele des Landes Baden-Württemberg zur Reduzierung der Personen, die einer verkehrsbedingten gesundheitsschädlichen Lärmbelastung<sup>65</sup> ausgesetzt sind, liegen bei 20 % bis 2020 und 50 % bis 2030. Die WHO empfiehlt mit maximal 40 dB(A) in der Nacht einen noch niedrigeren Grenzwert (World Health Organization 2011). Bundesweit ist eine Reduzierung der Lärmemissionen um 20 % im Luftverkehr, 30 % im Straßenverkehr und der Binnenschifffahrt und 50 % im Schienenverkehr bis 2020 vorgesehen. Auf EU-Ebene gibt die Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (2002/49/EG) vor, vorhandene Belastungen zu senken und ruhige Gebiete vor Verlärmung zu schützen. Die im Zuge der Richtlinie

#### 3.3.7. VERKEHRSLEISTUNG UND MODAL SPLIT

Der Anteil von vergleichsweise energieeffizienten Modi an der Verkehrsleistung (z. B. Schienen-, Fuß- und Radverkehr) wird häufig als Indikator für eine nachhaltige Mobilität herangezogen. Denn eine Verlagerung auf den Umweltverbund trägt im Regelfall zu einer Reduktion von Endenergieverbrauch, THG-Emissionen, Luftverschmutzung und Flächenverbrauch bei.

Problematisch in diesem Zusammenhang ist allerdings, dass relative Ziele keine Aussage zur Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung beinhalten. Somit kann auch bei einer relativen Verlagerung auf Modi mit geringeren Umweltwirkungen beispielsweise der motorisierte Straßenverkehr bei einem Anstieg der Gesamtverkehrsleistung weiter zunehmen. Modal-Split-Indikatoren sind damit ohne Zusatzinformationen nicht aussagekräftig bezüglich des eigentlichen Ziels der Reduzierung der Umweltwirkungen. Somit sind Indikatoren, welche sich auf den Modal Split beziehen, als Hilfsindikatoren für die Erfüllung der übergeordneten Nachhaltigkeitsziele zu interpretieren.

<sup>65</sup> entsprechend der obigen Grenzwerte, d. h. 65 dB(A) tags und 55 dB(A) nachts

### STATUS QUO

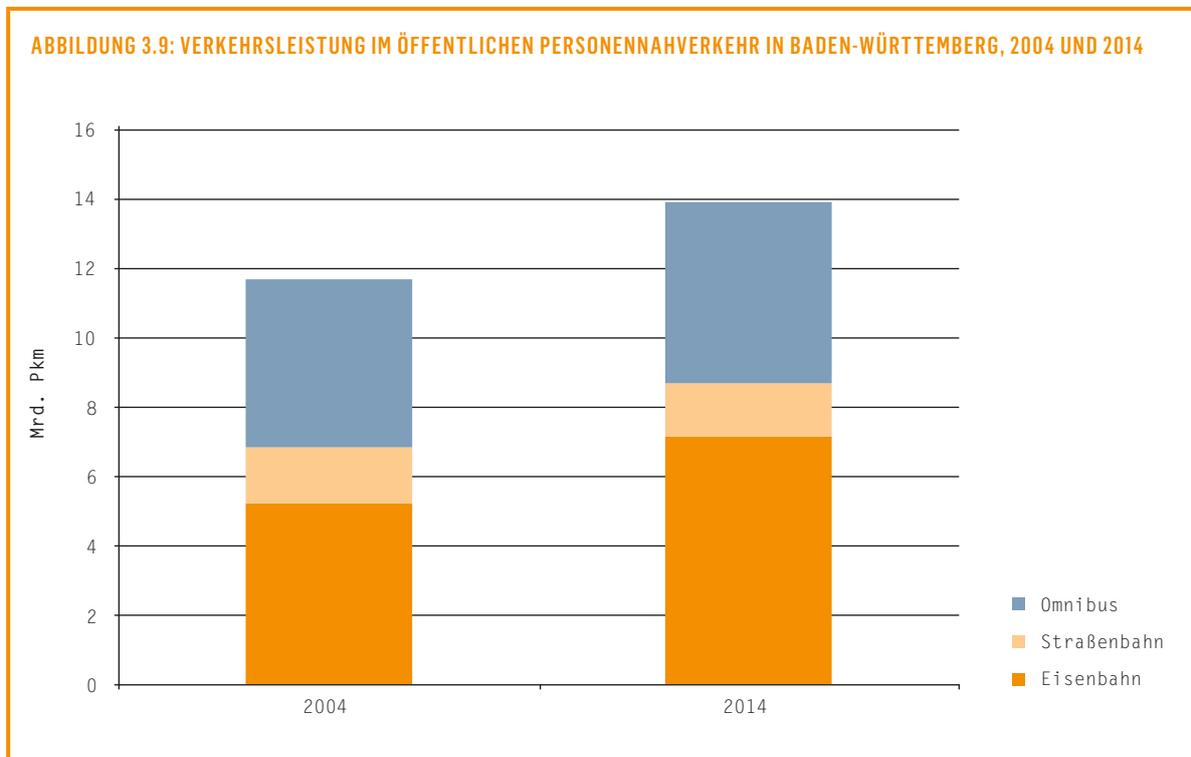
Die Verkehrsleistungen und Fahrleistungen in Baden-Württemberg haben in den letzten Jahren zugenommen. Dies gilt sowohl für den Straßenverkehr als auch für den öffentlichen Personenverkehr.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes hat der ÖPNV in Baden-Württemberg zwischen 2004 und 2014 um 19 % zugenommen. Besonders hohe Wachstumsraten verzeichnete der Schienenpersonennahverkehr (+36 %). Diese Entwicklungen entsprechen dem bundesweiten Trend.

### ZIELE

Bezüglich des Modal Split bestehen folgende Ziele des MVI Baden-Württemberg (Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg o.J.):

- ▶ Erhöhung der Personenkilometer des ÖPNV um 50 % bis 2020 und 100 % bis 2030 (gegenüber dem Jahr 2004),
- ▶ Erhöhung des Anteils von Bahn und Binnenschiff am Verkehrsaufwand des Güterverkehrs um zehn Prozentpunkte bis 2030 (ein Basisjahr ist hier nicht angegeben),



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2015; Statistisches Bundesamt 2004, eigene Darstellung

Die Pkw-Fahrleistungen sind in Baden-Württemberg ebenfalls deutlich angestiegen.

Auch der Radverkehr in Baden-Württemberg hat zugenommen: Auswertungen von Zählstellen in Kommunen ergaben einen mittleren Anstieg um 35 % im Zeitraum 2009–2014 (Alrutz et al. 2016).

- ▶ Steigerung des Radverkehrsanteils an den Wegen von 2014 mit 10 % auf 16 % bis 2020 und 20 % bis 2030,
- ▶ Steigerung des Fußverkehrsanteils an den Wegen von 2014 mit 23 % auf 25 % bis 2020 und 30 % bis 2030.

## 3.4. INDIKATOREN FÜR ÖKONOMISCHE NACHHALTIGKEIT

### 3.4.1. BESCHÄFTIGUNG UND BRUTTOWERTSCHÖPFUNG IN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT

Die Indikatoren Beschäftigung und Bruttowertschöpfung sind miteinander verwoben und werden daher gemeinsam beschrieben.

Mit der Bruttowertschöpfung wird der Gesamtwert der in Wirtschaftsbereichen oder in Gebieten (Regionen, Bundesländer, Länder) erzeugten Waren und Dienstleistungen bezeichnet. Diese volkswirtschaftliche Kennzahl gilt als Synonym der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit. Einschränkungen ihrer Aussagefähigkeit ergeben sich daraus, dass nicht zwischen erwünschten und unerwünschten Beiträgen zur Bruttowertschöpfung unterschieden wird, sondern dass alle für einen Preis gehandelten Produkte und Dienstleistungen eingerechnet werden. So tragen beispielsweise die Reparatur von Fahrzeugen nach Unfällen oder die Behandlung von Verletzten auch zur Bruttowertschöpfung bei. Ebenfalls strittig ist, dass nicht gehandelte Güter und Dienste in diesem Konzept ausgeschlossen sind. So schlagen sich beispielsweise Umweltverschmutzung oder der Erhalt von Kultur- und Naturlandschaften nicht in der Bruttowertschöpfung nieder.

Aus der Bruttowertschöpfung lässt sich unter Zugrundelegung der im jeweilig betrachteten Sektor gegebenen Produktivität die Beschäftigung errechnen. Hierzu werden die zur modellierten Wertschöpfung benötigten Erwerbstätigen mittels Vollzeitäquivalenten normiert. Zudem sind für die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten aus der Bundesstatistik umfassende Daten verfügbar. Mit dieser Datenbasis können der aktuelle Beschäftigungsstand und die bisherige Veränderung nachvollzogen werden und als Grundlage für die Szenarien verwendet werden.

#### STATUS QUO

Baden-Württemberg gilt weltweit als eins der führenden Zentren der Automobilindustrie und als Beispiel für einen vollständigen „Automotive-Cluster“, welcher sowohl Hersteller als auch Zulieferer umfasst. Der Umsatz der Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg lag im Jahr 2014 bei fast 97 Mrd. Euro. Rund 220.000 Personen sind allein in der Fahrzeugherstellung beschäftigt; ins-

gesamt liegt die Beschäftigung der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg bei 480.000. Für eine detailliertere Beschreibung des Status quo siehe Kapitel 2.2.

#### ZIELE

Von der aktuellen Bruttowertschöpfung in verschiedenen Bereichen der Mobilitätswirtschaft ausgehend soll geprüft werden, wie sich die Bruttowertschöpfung innerhalb der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg bei verschiedenen Mobilitätsszenarien verändert und unter welchen Bedingungen der aktuelle Stand gehalten werden kann. Ziel ist es, dass ein unsubstituiertes „Wegbrechen“ der Automobilwirtschaft (bzw. der mit ihr verbundenen Wertschöpfung und Beschäftigung) vermieden wird und somit sichergestellt ist, dass eine Transformation in der Mobilitätswirtschaft nicht zu einem signifikanten Sinken des (realen) Pro-Kopf-Einkommens in Baden-Württemberg beiträgt.

### 3.4.2. MOBILITÄTSKOSTEN

Kostensteigerungen für Mobilität bei gleichzeitig begrenzten Budgets für Mobilität z.B. für Leistungsempfänger wirken in Richtung sozialer Exklusion (vgl. Wilke 2015). Eine Verteuerung der Mobilität kann von Teilen der Bevölkerung nicht aufgefangen werden, da die Haushaltsbudgets zugleich steigende Kosten für Gesundheit und Altersvorsorge aufbringen müssen (Hinweise z. B. bei Schubert 2009; Hunsicker und Sommer 2009).

Nicht nur geringe finanzielle Ressourcen haben verminderte Teilhabechancen zur Folge, auch räumliche Distanzen führen zu erhöhten Mobilitätskosten, erhöhen die Autoabhängigkeit und können als Mobilitätsarmut wahrgenommen werden (vgl. Daubitz 2016). Kostensteigerungen für bestimmte Verkehrsmittel können auch ein Bestandteil von Umwelt-Ungerechtigkeit sein. Umweltgerechtigkeit formuliert das normative Ziel, dass Umweltbelastungen nicht jene tragen sollen, die auch schon finanziell belastet oder ansonsten sozial benachteiligt sind. Umgekehrt wird angestrebt, dass der Umweltfortschritt – hier im Bereich der Mobilität – nicht nur den Wohlhabenden zugutekommt.

Hohe Kosten für Mobilität können – neben anderen Ursachen wie z. B. der verkehrlichen Anbindung – ein Grund für Mobilitätsarmut sein, d. h. für die verringerte Möglichkeit zur Verwirklichung vorhandener Mobili-

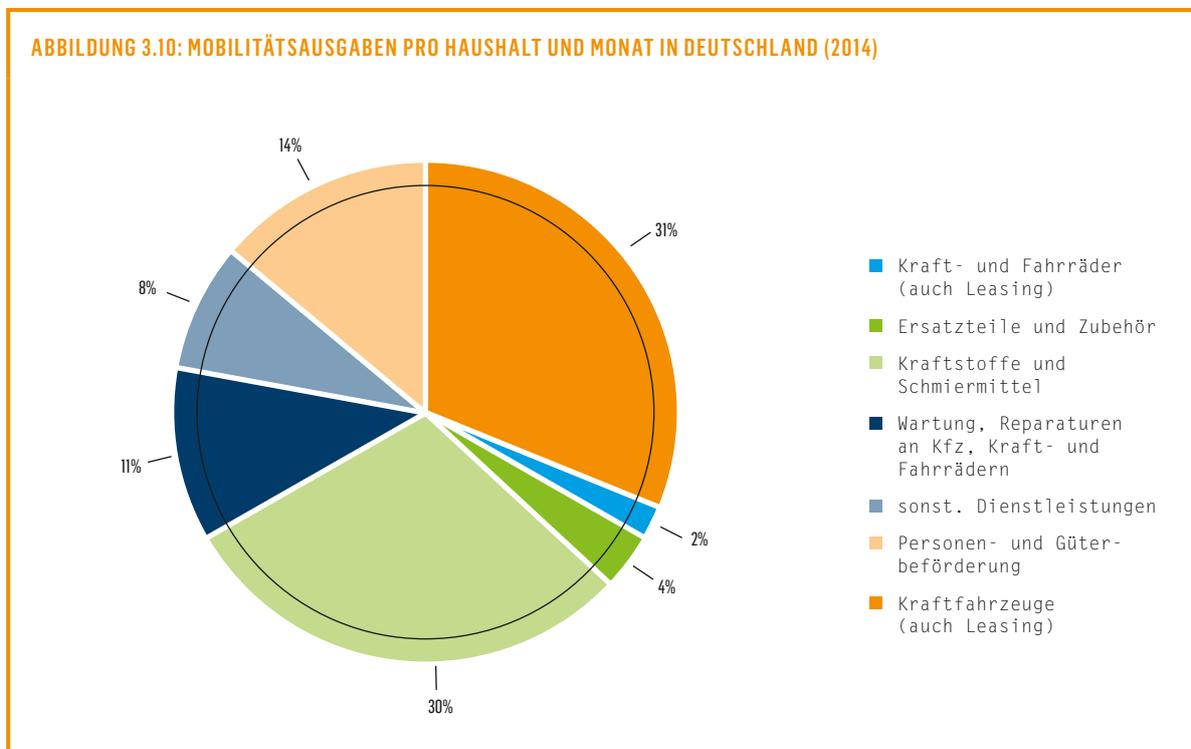
tätsbedürfnisse, die zu einer Benachteiligung im gesellschaftlichen Leben führt (Runge 2005). Bei hohen Mobilitätskosten können insbesondere für Haushalte mit niedrigem Einkommen Einschränkungen in anderen Lebensbereichen notwendig werden, um Mobilität zu finanzieren.

### STATUS QUO

Abbildung 3.10 stellt die Verteilung der durchschnittlichen Mobilitätsausgaben je Haushalt gemäß der laufenden Wirtschaftsrechnung (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017) dar. Insgesamt belaufen sich die Mobilitätskosten pro Haushalt und Monat demnach auf 324 Euro. Umgerechnet auf die Kosten pro Person und Jahr entspricht dies knapp 1.800 Euro.

Die Nutzerkosten sind je nach Verkehrsmittel unterschiedlich. Während die Vollkosten der Pkw-Nutzung bei über 20 ct/Pkm liegen, bewegen sich die Nutzerkosten im öffentlichen Verkehr eher in der Größenordnung von durchschnittlich um 10 ct/Pkm (hier natürlich stark abhängig vom jeweiligen Tarif bzw. der Nutzung von Zeitkarten usw.).

- ▶ **Pkw:** Die Kraftstoffkosten der Pkw-Nutzung belaufen sich auf durchschnittlich rund 7 ct/Pkm. Bei Berücksichtigung aller Kosten (d. h. inklusive Fahrzeuganschaffung, Steuern, Wartung) liegen die Kosten der Pkw-Nutzung jedoch deutlich höher, und zwar bei über 20 ct/Pkm (d. h. über 30 ct/fz-km).
- ▶ **ÖPNV:** Laut einer Studie der Friedrich-Ebert-Stiftung (Bormann et al. 2010) gab es im Jahr 2008 8,99 Mrd. Euro Fahrgeldeinnahmen. Demgegenüber steht eine Verkehrsleistung von 102,6 Mrd. Personenkilometern im öffentlichen Personennahverkehr. Dies entspricht also in diesem Jahr durchschnittlichen Nutzerkosten in Höhe von rund 8,8 ct/Pkm netto bzw. 9,4 ct/Pkm brutto.
- ▶ **Bahnfernverkehr:** Aus dem Geschäftsbericht der DB Fernverkehr in 2014 (DB Fernverkehr AG 2016) lassen sich durchschnittliche Nutzerkosten in Höhe von 12,8 ct/Pkm brutto ableiten.



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017, eigene Darstellung

- ▶ Der **Luftverkehr** ist zwar sehr energieintensiv. Da aber weder Kerosinsteuer noch Mehrwertsteuer gezahlt werden, liegen die Nutzerkosten vergleichsweise niedrig (durchschnittlich rund 7 ct/Pkm).
- ▶ Für den **Radverkehr** belaufen sich die Nutzerkosten nach Gössling; Choi (2015) auf rund 4 ct/Pkm.

## ZIELE

In der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg werden zur Entwicklung der Mobilitätskosten keine Ziele genannt. Auf verschiedenen politischen Ebenen wird immer wieder „bezahlbare Mobilität“ gefordert. Dieses Ziel wird jedoch oft auch als Gegenargument für ökologisch motivierte Politikinstrumente (z. B. Erhöhung der Kraftstoffsteuern) ins Spiel gebracht. Eine Aussage über die Bezahlbarkeit von Mobilität und das dahinterliegende Ziel – nämlich die soziale Inklusion durch die Gewährleistung ausreichender Mobilitätsoptionen – lässt sich jedoch erst dann treffen, wenn dies vor dem Hintergrund der jeweiligen Einkommenssituation geschieht. Ein allgemeines Ziel für die Entwicklung der Mobilitätskosten ist dafür zu unspezifisch.

Ziel sollte es sein, dass umweltfreundliche Mobilität für alle, auch für Benachteiligte, bezahlbar bleibt, dass gesellschaftliche Teilhabe, persönliche Bedürfniserfüllung durch Mobilität erhalten und für bisher Mobilitäts-Benachteiligte sogar verbessert wird.

## 3.5. INDIKATOREN FÜR SOZIALE NACHHALTIGKEIT

### 3.5.1. BEWEGUNG/AKTIVE MOBILITÄT

Die vielfältigen positiven Gesundheitseffekte regelmäßiger Bewegung sind heute gut belegt (vgl. etwa Doll et al. 2012). Ob in der Freizeit oder im Alltag, aktive Mobilität (zu Fuß gehen, Radfahren, Roller, Skates etc., gegebenenfalls mit Antriebsunterstützung) kann viel zu einer gesundheitsfördernden Bewegung beitragen. Die gesundheitsförderlichen Wirkungen übersteigen dabei gemäß unterschiedlicher Modellrechnungen stets die Gefährdung im Straßenverkehr oder durch Emissionen.

## ZIELE

Bislang gibt es zwar kein übergreifendes Ziel zur Steigerung der Gesundheitssituation der Bevölkerung durch aktive Mobilität in Baden-Württemberg. Aber man kann auf den Wert der World Health Organization (WHO) zurückgreifen – diese empfiehlt 150 Minuten Bewegung pro Woche – der zum Beispiel durch Fuß- und Radverkehr erreicht werden könnte. Allerdings gibt es Ziele der Landesregierung zur Steigerung des Rad- und des Fußverkehrs: Sie lauten für den Radverkehr eine Erhöhung des Anteils im Modal Split auf 16 % bis 2020 und auf 20 % bis 2030. Beim Fußverkehr: Steigerung auf 25 % bis 2020 und 30 % bis 2030 (MVI 2015).

### 3.5.2. VERKEHRSTOTE UND –VERLETZTE

Verkehrsunfälle sind auch heute noch mit Gesundheitsschäden und Todesfällen verbunden. Zwar ist das Risiko tödlicher Verkehrsunfälle in den vergangenen Jahrzehnten seit den 1970er-Jahren kontinuierlich gesunken, aber immer noch sterben in Deutschland 3.206 (DVR 2017) und in Baden-Württemberg 405 Personen im Straßenverkehr (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017). Auch können verkehrsbedingte Emissionen zu einer vorzeitigen Sterblichkeit führen (siehe hierzu Kapitel 3.3.5).

## ZIELE

Baden-Württemberg hat sich zum Ziel gesetzt, die Anzahl der Verkehrstoten bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber 2010 zu reduzieren. Langfristig wird eine Senkung auf null Verkehrstote angestrebt (Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg o.J.).

### 3.5.3. NUTZUNGSMISCHUNG

Die zunehmende räumliche Entkopplung von Wohnen, Arbeiten, Besorgungen und Freizeitaktivitäten hat in den letzten Jahrzehnten zu einer Zunahme des Verkehrs geführt, da die jeweiligen Bedürfnisse oft nicht mehr in unmittelbarer Umgebung befriedigt werden können. Auch die Siedlungsdichte/Kompaktheit, d. h. die Qualität und Struktur der Flächennutzung (bestehender Siedlungsflächen), haben Einfluss auf Mobilität und Verkehr. Zur Nutzungsmischung bestehen nach IÖR (2007) sogenannte nutzungsstrukturelle Ziele (z. B. Vermeidung von Zersiedelung, Nutzungsmischung und Nachverdichtung) und Nutzungseffizienzziele (Intensivierung der Nutzung).

#### ZIELE

Eine verstärkte Nutzungsmischung ist kein explizites Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie von Baden-Württemberg. Implizit findet sich dieses Ziel aber im Leitbild der „Stadt der kurzen Wege“ oder im Ziel einer Erhöhung des Fuß- und Radverkehrsanteils wieder. Dennoch sind im Nachhaltigkeitsbarometer Fläche als Adressaten der Bund und die Länder genannt. Nutzungsmischung zählt hierbei zu den qualitativen Zielen (BBSR o.J.).

Als allgemeines Ziel ließe sich formulieren, dass die Erhöhung der Nutzungsmischung in urbanen Räumen (sowohl in Kernstädten als auch in suburbanen Räumen), aber auch in kleineren Gemeinden in ländlichen Räumen angestrebt wird.

#### 3.5.4. ERREICHBARKEIT

Soziale Teilhabe setzt die Erreichbarkeit von zum Beispiel Arbeitsplätzen, Bildungsangeboten, Einkaufsgelegenheiten oder Freizeiteinrichtungen voraus und steht damit in enger Verbindung zu Mobilität. Inwieweit mobilitätsbedingte Teilhaberestriktionen vorliegen, wird durch drei zentrale Einflussgrößen bestimmt:

- ▶ die Siedlungsstruktur,
- ▶ das vorhandene Verkehrsangebot sowie
- ▶ die individuellen Verkehrsmöglichkeiten („Beweglichkeit“) (vgl. UBA 2015: 61ff.).

#### STATUS QUO

Erreichbarkeit kann im Hinblick auf unterschiedliche Ziele und Qualitäten untersucht werden. Dementsprechend finden sich in der Literatur diverse Erreichbarkeitsindikatoren, was die Handhabbarkeit dieses Indikators erschwert. Eine Lösung dieser Problematik besteht darin, sich in Anlehnung an UBA (2015) auf eine Mindesterreichbarkeit von Einrichtungen zur Deckung des Grundbedarfs (z. B. Lebensmittelgeschäft, Apotheke) und des gehobenen Bedarfs (z. B. Fachgeschäfte, Krankenhaus) zu fokussieren und dabei im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit zu betrachten, inwieweit die erstgenannten Einrichtungen vom Wohnort aus fußläufig, und in wieweit die letztgenannten in einer vertretbaren Zeit mit dem ÖV erreicht werden können.

#### ZIELE

In der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Baden-Württemberg werden zur Erreichbarkeit keine expliziten Ziele genannt. Um sozialer Exklusion entgegenzuwirken, sollte der Faktor jedoch Berücksichtigung finden.

Ein Verweis auf das Thema Erreichbarkeit und Zugang zu Mobilität findet sich in den Sustainable Development Goals. Das Subziel 11.2 lautet: „Bis 2030 den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle ermöglichen und die Sicherheit im Straßenverkehr verbessern, insbesondere durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, mit besonderem Augenmerk auf den Bedürfnissen von Menschen in prekären Situationen, Frauen, Kindern, Menschen mit Behinderungen und älteren Menschen.“ (UN Generalversammlung 2015).

Bezüglich der Definition von Mindeststandards, die gehalten bzw. erreicht werden sollen, gibt es hierfür bereits Vorschläge. So werden für eine fußläufige Erreichbarkeit von Einrichtungen zur Deckung des Grundbedarfs in der Regel etwa 10 bis 15 Minuten Gehzeit bzw. 500 bis 1.000 Meter Entfernung als Obergrenze angesehen (siehe hierzu z. B. BBSR 2015). Und bei den Einrichtungen des gehobenen Bedarfs wird üblicherweise eine maximale ÖV-Fahrzeit von 30 bis 60 Minuten angegeben (siehe hierzu z. B. UBA 2015).

#### 3.5.5. AUFENTHALTSQUALITÄT IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Die Aufenthaltsqualität von öffentlichen Räumen ist von zentraler Bedeutung für die aktive Mobilität sowie für die allgemeine Attraktivität von Siedlungen. Dabei wird der öffentliche Raum auch durch den motorisierten Verkehr in seiner Qualität negativ beeinflusst (Verkehrsinfrastruktur, ruhender Verkehr, Sicherheit, Lärm, Luftschadstoffemissionen). Positiven Einfluss auf die Qualität haben Ausstattung des öffentlichen Raumes um Ausruh-, Aufenthalts- und Spielmöglichkeiten, Architektur und Kunst im öffentlichen Raum bereitzustellen („Möblierung“), Lage, Begrünung, Kinder- und Fußgängerfreundlichkeit.

Aufenthaltsqualität ist ein qualitativer und gleichzeitig ein stark subjektiv geprägter Faktor. Er muss in Zusammenhang mit den Bedürfnissen und der Akzeptanz der Anwohnerinnen und Anwohner und vor dem Hintergrund der lokalen, spezifischen Mobilitätskultur gesehen werden.

Bisher wird Aufenthaltsqualität in mobilitätsbezogenen Indikatoren zu Nachhaltigkeit nicht aufgeführt.

#### ZIELE

Konkrete Ziele wurden bisher auf keiner Ebene bzw. Strategie definiert. Gleichwohl gibt es im planungspraktischen und -wissenschaftlichen Diskurs (Berding 2012, Hansestadt Hamburg 2013, Knöll et al. 2014, Stadt Zürich 2006) und im Bereich der Zertifizierung nachhaltigen Bauens Teilkriterien.

Ziel ist es, Aufenthaltsqualität zu verbessern/erhöhen, indem – in Abhängigkeit des baulichen Umfelds und der Bedarfe im Umfeld – möglichst vielseitige Aufenthaltsmöglichkeiten geschaffen werden. Wichtig sind eine gute Ausstattungsqualität sowie funktionale und qualitativ hochwertige Nutzungsbereiche, die unter Einbeziehung der Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer entwickelt werden müssen.

Hierunter fallen z. B. nach DGfB-Kriterien (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen 2017) kommunikationsfördernde Aufenthaltsbereiche, die multifunktionell sind, als alternative Arbeits- und Pausenflächen dienen, das Wohlbefinden der Nutzer steigern und zur Verbesserung des Erscheinungsbildes im Stadtbild beitragen.

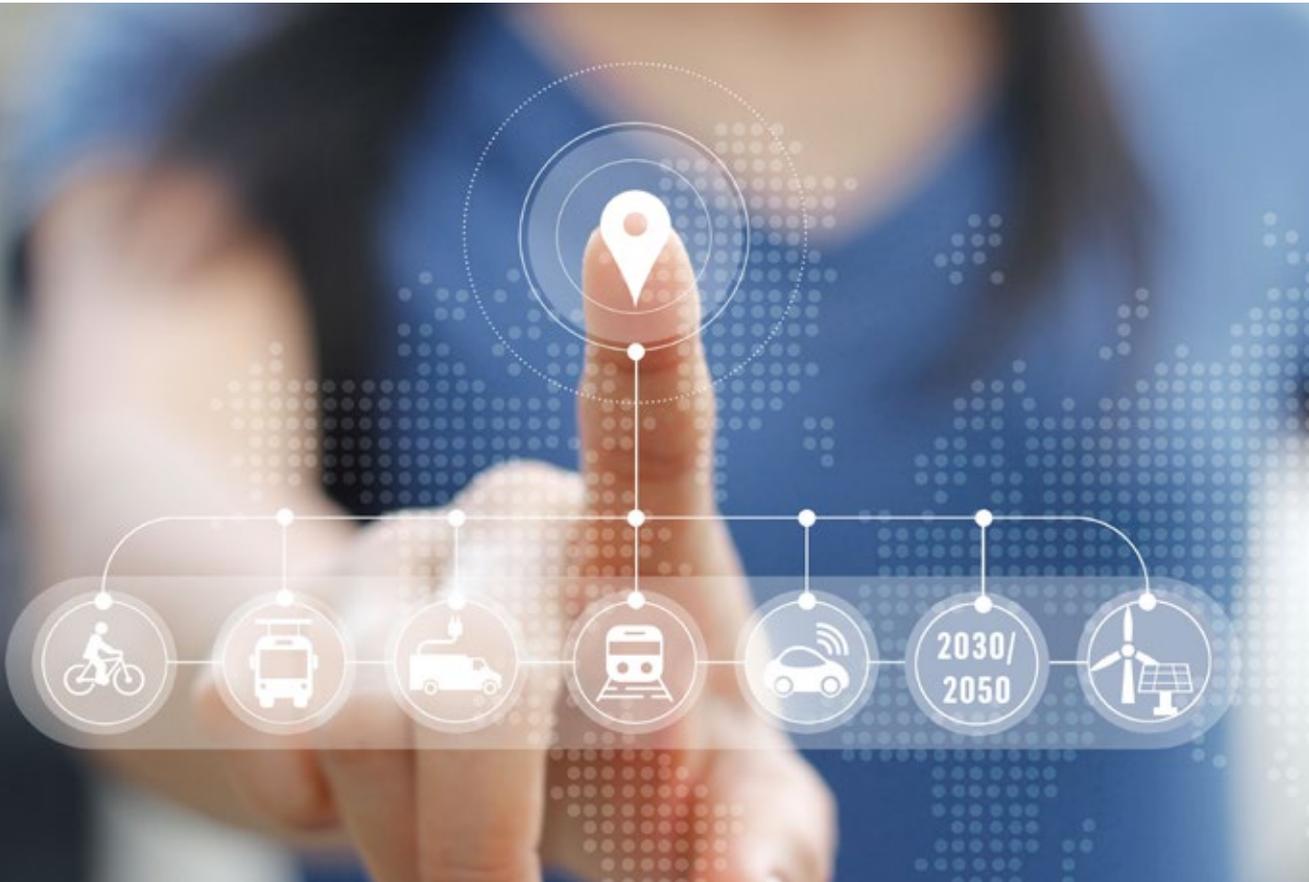
### 3.6. ZUSAMMENFASSUNG: INDIKATOREN EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT

Im Rahmen dieses Kapitels wurde ein Set von Nachhaltigkeitsindikatoren für den Mobilitätsbereich entwickelt. Es wurden folgende sowohl ökologische als auch ökonomische sowie soziale Indikatoren identifiziert und hinsichtlich ihres Status quo und bestehender Ziele dargestellt:

- ▶ Direkte und indirekte THG-Emissionen
- ▶ Endenergieverbrauch und Anteil erneuerbarer Energien
- ▶ Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe
- ▶ Flächeninanspruchnahme
- ▶ Luftschadstoff- und Lärmemissionen
- ▶ Verkehrsleistung und Modal Split
- ▶ Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft
- ▶ Bruttowertschöpfung in der Mobilitätswirtschaft
- ▶ Mobilitätskosten
- ▶ Bewegung/aktive Mobilität
- ▶ Verkehrstote/-verletzte
- ▶ Nutzungsmischung
- ▶ Erreichbarkeit
- ▶ Aufenthaltsqualität öffentl. Raum

Diese Indikatoren bilden die Grundlage zur Bewertung der Nachhaltigkeit der im Folgenden entwickelten Szenarien.

## 4. DREI SZENARIEN DER MOBILITÄT FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG 2050



Das Projekt „Mobiles Baden-Württemberg“ wurde durch einen visionär ausgerichteten Szenarioprozess begleitet und mitgestaltet. Dafür wurde eine Stakeholder-Gruppe gebildet. Ziel war es, in diesem partizipativen Prozess gemeinsam mit den Stakeholdern mögliche nachhaltige Entwicklungspfade der Mobilität, des Verkehrs und der baden-württembergischen Mobilitätswirtschaft bis zum Jahr 2050 aufzuzeigen. Angesichts des weitreichenden Betrachtungszeitraums und der damit verbundenen Unsicherheit wurden im Rahmen von Szenariobetrachtungen auch mögliche Entwicklungen abgebildet, die sich deutlich von den bestehenden Rahmenbedingungen unterscheiden und die dann auf die Erreichbarkeit der Nachhaltigkeitsziele geprüft werden. In diesem Kapitel werden das Vorgehen zur Szenario-Konzeption sowie die im Rahmen des Projektes entworfenen Szenarien beschrieben.

### 4.1. DER SZENARIOPROZESS

Es gibt grundsätzlich unterschiedliche Methoden, um Zukunftsbilder bzw. Transformationspfade zu entwerfen. Beispiele für das methodische Vorgehen sind Trendextrapolationen, Delphi-Befragungen oder Simulationsmodelle. Für dieses Projekt wurde als methodischer Rahmen die Szenariotechnik ausgewählt. Diese baut zum einen auf Experteneinschätzungen auf und kann komplexe Zusammenhänge berücksichtigen. Zum anderen können sowohl quantitativ als auch qualitativ beschreibbare Faktoren in Zukunftsszenarien kombiniert werden. Mit Unterstützung der Szenariotechnik können hypothetische qualitative und quantitative Entwicklungen in Form von einzelnen Teilentwicklungen analysiert und beschrieben und dann zu einem zukünftigen Zustand zusammengesetzt werden.

Zur Herleitung von Transformationspfaden auf Grundlage der Szenariotechnik wurde grundsätzlich wie folgt vorgegangen (siehe auch Abbildung 4.1):

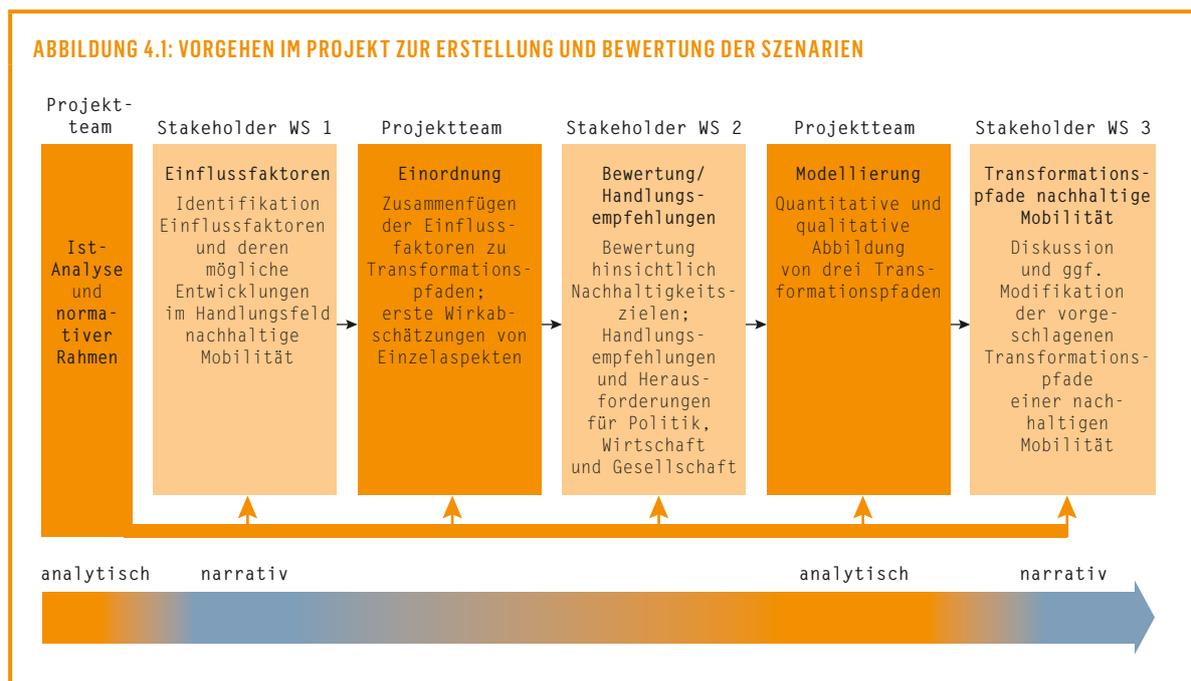
1. Festlegen der Systemgrenzen (WS 1)
2. Identifikation und Diskussion zu Schlüsselfaktoren für die Mobilitätswirtschaft und den Personenverkehr mit Stakeholdern (WS 1)
3. Herausarbeiten plausibler Ausprägungen (WS 1)
4. Reduktion der Schlüsselfaktoren und Identifikation von Interdependenzen zwischen Mobilitätswirtschaft und Mobilität (Projektteam)
5. Verdichtung der Schlüsselfaktoren zu zusammenhängenden Zukunftsbildern (den Szenarien), Auswahl der relevanten Transformationspfade mit Ziel einer nachhaltigen Entwicklung (Projektteam)
6. Abgleich und Diskussion mit Stakeholdern (WS 2)
7. Konsistenz- und Wirkungsanalyse im Rahmen von Szenarioanalysen (Projektteam)
8. Abgleich mit Nachhaltigkeitszielen, Ergebnisdiskussion mit Stakeholdern sowie Diskussion von Rahmenbedingungen, Maßnahmen und politischen Instrumenten, um erwünschte Entwicklungslinien zu unterstützen (WS 3)

Ein zentraler Baustein bei der Szenario-Konzeption und -diskussion war damit die Stakeholder-Beteiligung. Im Zuge der Entwicklung einer ganzheitlichen Strategie für eine nachhaltige Mobilität ist ein entsprechender partizipativer Stakeholder-Prozess wesentlich. Denn er erhöht die Ergebnisqualität durch einen intensiven Fachdiskurs, was für einen nachfolgenden gesellschaftlichen Diskurs zur Entwicklung einer praktisch erfolgreichen Mobilitätsstrategie wesentlich ist.

Die Stakeholder-Gruppe setzt sich zusammen aus 19 Vertretern der Mobilitätswirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden sowie der Zivilgesellschaft (siehe auch Abschnitt 1.2). Folgende Organisationen waren vertreten:

Daimler AG, Porsche AG, Robert Bosch GmbH, Elring-Klinger AG, NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH, Verkehrsverbund Schwarzwald-Baar GmbH, Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH, Deutsche Bahn AG, ADFC Baden-Württemberg, BUNDjugend BW, IBM Telematics Solutions, IG Metall Baden-Württemberg, DGB, Landesbank Baden-Württemberg (LBBW), VCD Baden-Württemberg, e-mobil GmbH, Landesverband für Menschen mit Körper- und Mehrfachbehinderung, th-inc GmbH, flinc GmbH.

Mit drei Workshops wurden die Stakeholder in den Szenarioprozess eingebunden. Zwischen den Stakeholderworkshops erfolgten jeweils Arbeitsschritte des Projektteams. Das Vorgehen dazu ist in Abbildung 4.1 im Überblick dargestellt.



Quelle: eigene Darstellung

### **WORKSHOP 1: SCHLÜSSELFAKTOREN FÜR EINE NACHHALTIGE MOBILITÄT**

Ziel des Auftakt-Workshops war es, ein möglichst großes Ideenportfolio zur Entwicklung relevanter Schlüsselfaktoren sowohl für den Bereich „Transformation der Mobilitätswirtschaft“ als auch für den Bereich „Transformation von Werten, Mobilitätsorientierungen und Raum“ bis 2050 zu generieren. Es wurde auch eine erste Einschätzung zu Relevanz und möglichen Entwicklungen vorgenommen. Die im Rahmen des ersten Workshops identifizierten Schlüsselfaktoren stellten in ihrer jeweiligen Bandbreite im weiteren Projektverlauf die Grundlage für die Transformationspfade und Szenarien dar.

Die Ergebnisse des Workshops wurden dann vom Projektteam aufbereitet und konsolidiert. Vorschläge und Ideen zur Ausgestaltung der Schlüsselfaktoren bzw. möglicher Transformationspfade wurden durch weitere Recherchen oder Experteninterviews im Anschluss auf Realisierbarkeit, Hemmnisse und Auswirkungen untersucht. Auf dieser Basis wurden Vorschläge zur Konzeption und Ausgestaltung von drei konkreten, plausiblen Szenarien bis zum Jahr 2050 erarbeitet.

### **WORKSHOP 2: ABSTIMMUNG UND ERSTE DISKUSSION DER SZENARIEN**

Ziel des zweiten Workshops war es, die vorgeschlagenen Szenarien bis zum Jahr 2050 zu diskutieren und final zu gestalten. Diese drei Szenarien dienten als Basis für die Modellrechnungen und sollten unterschiedliche, nachhaltige Entwicklungspfade für den Verkehrssektor bis zum Jahr 2050 aufzeigen.

Des Weiteren wurden im zweiten Workshop verschiedene Schwerpunktthemen intensiver diskutiert:

- ▶ Entwicklung der Mobilitätswirtschaft
- ▶ Automatisierung von Fahrzeugen
- ▶ Entwicklung der ländlichen Mobilität
- ▶ Gestaltung der Nahmobilität

Die übergeordneten Leitfragen in Kleingruppen waren:

- ▶ Wie sehen die Ausprägungen in den drei Szenarien jeweils aus?
- ▶ Wie können diese Entwicklungen erreicht werden?
- ▶ Was sind die Chancen und Risiken einer solchen Entwicklung?

Die drei dann abgestimmten und verfeinerten Szenarien wurden im Anschluss vom Projektteam mittels modellgestützter Rechnungen und qualitativer Analysen hinsichtlich ihrer Konsequenzen für eine ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit ausgewertet.

### **WORKSHOP 3: DISKUSSION DER SZENARIOERGEBNISSE**

Im dritten Workshop wurden dann die Szenarioergebnisse vorgestellt und diskutiert. Darauf aufbauend war Ziel dieser abschließenden Sitzung, mögliche Instrumente und Rahmenbedingungen zu diskutieren und zu priorisieren, die eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität in Baden-Württemberg unterstützen. Gemeinsam wurden erste Handlungsempfehlungen und Herausforderungen für die Akteure in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft formuliert.

## **4.2. DIE SZENARIOAUSGESTALTUNG**

Final wurden auf Basis der Ergebnisse der ersten zwei Stakeholder-Workshops und unter Beteiligung des wissenschaftlichen Projektbeirats folgende drei Szenarien zur Mobilität in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 formuliert:

**SZENARIO „NEUE INDIVIDUALMOBILITÄT“  
(NIM) – PRIVAT UND KOMFORTABEL  
UNTERWEGS**

**SZENARIO „NEUE DIENSTLEISTUNGEN“  
(NDL) – KREATIVE GESCHÄFTSMODELLE,  
GETEILTE FAHRZEUGE**

**SZENARIO „NEUE MOBILITÄTSKULTUR“  
(NMK) – KÜRZERE WEGE, FLEXIBLE  
ÖFFENTLICHE SYSTEME**

Die Szenarien skizzieren eine große Bandbreite an denkbaren Ausprägungen. In der folgenden Darstellung der Szenarien wird zwischen szenarioübergreifenden und szenariospezifischen Entwicklungen unterschieden.

#### 4.2.1. ALLGEMEINE TRENDS UND ENTWICKLUNGEN BIS 2050

Das Eintreten für eine nachhaltige Entwicklung und den Klimaschutz spiegelt sich 2050 in veränderten gesellschaftlichen Werten und Orientierungen wider und ist ein zentrales Leitmotiv für politisches Handeln auch auf internationaler Ebene geworden: Die Eindämmung des Klimawandels ist durch internationale Vereinbarungen verbindlich festgelegt, das Ziel einer weitgehenden Dekarbonisierung ist zentrale Grundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidungen. Auch im Verkehrssektor hat sich die politische Rahmensetzung deutlich zugunsten von Umweltaspekten verschoben.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Fahrzeugantriebs wird durch maximale Elektrifizierung des Fahrzeugbestands und den Einsatz von erneuerbaren Energien, die nun Mainstream-Energieversorgung sind, stark verbessert. Der öffentliche Verkehr ist weitgehend elektrifiziert, bei Pkw und Lieferfahrzeugen ist der elektrische Antrieb Standard, nach 2030 werden kaum noch klassische verbrennungsmotorische Fahrzeuge neu zugelassen. Diese Entwicklung wurde durch die Verschärfung der Luftschadstoffgrenzwerte und fortschreitende Effizienzanforderungen sowie den technologischen Fortschritt bei Batterien und den verstärkt auf Elektromobilität ausgerichteten internationalen Markt begünstigt. Eine angepasste Ladeinfrastruktur macht auch auf längeren Strecken und auf dem Land Elektromobilität möglich.

Die Digitalisierung nimmt stark zu und verändert das Verkehrsgeschehen. Die vorhandene Infrastruktur wird durch eine bessere Verkehrssteuerung effizienter genutzt. Die physische und digitale Vernetzung des Verkehrssystems erleichtert die Multimodalität deutlich. Auch die Arbeitsorganisation verändert sich: Die Arbeit wird zunehmend zu Hause erledigt, Arbeitszeitmodelle werden flexibler, immer mehr Geschäftstermine finden virtuell statt. Dadurch reduzieren sich Arbeitswege und die Auslastung der Verkehrsinfrastruktur wird zeitlich entzerrt.

Der öffentliche Verkehr ist vernetzt und intelligent. Ein landesweit übergreifender Tarifverbund zeichnet sich durch ein einheitliches Tarifsysteem, ein einfaches Zugangsmedium wie etwa eine App, eine einfache Abrechnung sowie die digitale Echtzeitauskunft über den jeweils günstigsten Weg aus.

Autonomes Fahren hat sich bis 2050 durchgesetzt und den öffentlichen und Individualverkehr auch strukturell verändert. Da die Sicherheitstechnik durch Vernetzung und automatische Unfallvermeidung eingespart werden kann, kommen zunehmend auch hocheffiziente Kleinstfahrzeuge auf den Markt. Sie benötigen weniger Platz, können modular gestaltet und variabel eingesetzt werden. Ultra-leichte und -leise Zwei-, Drei- und Vierräder ohne Emissionen, die überwiegend im Carsharing-Modus betrieben werden, schließen die Lücke zwischen Fuß-, Rad- und öffentlichem Verkehr. Geteilte Fahrzeuge fahren nach Gebrauch autonom wieder in ihre Park- und Ladeposition zurück.

Die Bevölkerung in Baden-Württemberg wächst weiter: Laut aktuellen Berechnungen des Statistischen Landesamtes steigt die Einwohnerzahl von 10,7 Mio. (2014) auf 11,1 Mio. (2030). Erst bis 2050 sinkt die Bevölkerungszahl dann wieder leicht auf 11 Mio. Der Anteil der 65-Jährigen und Älteren steigt von derzeit 19,8 auf 29,7% im Jahr 2050. Ältere Menschen sind mobil, Fortbewegungsmöglichkeiten, die auf altersbedingte Einschränkungen Rücksicht nehmen, haben sich verbreitet. Verbindliche gesetzliche Vorgaben sorgen für Barrierefreiheit und Inklusion im Mobilitätsbereich.

#### 4.2.2. SZENARIO „NEUE INDIVIDUALMOBILITÄT“ – PRIVAT UND KOMFORTABEL UNTERWEGS (SZENARIO NIM)

##### ÜBERBLICK

Die Menschen in Baden-Württemberg bewegen sich weiterhin überwiegend mit privaten Pkw fort. Das eigene, autonom fahrende Auto ist – unabhängig von Alter, Gesundheit und Führerschein – flächendeckend vorhanden und für die meisten Menschen verfügbar. Durch die Automatisierung kann der Fahrzeugraum während der Fahrt als Tätigkeitsraum genutzt werden. Autos sind jetzt mobile Wohn- und Arbeitszimmer, dies erhöht ihre Nutzungshäufigkeit.

Die Nutzung der Straßeninfrastruktur wird zentral und gemäß klarer regulatorischer Vorgaben digital gesteuert, dies ermöglicht ein effizienzorientiertes Verkehrssystemmanagement. Die Verkehrsabläufe, so etwa Geschwindigkeiten und Abstellvorgänge, werden digital beeinflusst. Mautsysteme sind mit Blick auf die umfeldabhängige Belastbarkeit, die Verkehrslage und Fahrzeugklassen intelligent gestaffelt.

### **WOHNEN UND ARBEITEN, MOBILITÄT UND GESELLSCHAFT**

Die Herausforderungen mit Blick auf den Klimaschutz und eine nachhaltige Entwicklung sind zwar in der gesellschaftlichen Debatte präsent und weitgehend anerkannt, haben sich in der Gesamtgesellschaft jedoch nicht zum Leitmotiv des alltäglichen Handelns der Menschen entwickelt. Sie werden an die Industrie und die Technikentwicklung delegiert.

In den Großstädten haben sich zwar Lebensstile verbreitet, die bewusst und gegen den Mainstream auf ein Auto verzichten. Für die Bevölkerungsmehrheit bleibt der eigene Pkw aber weiterhin wichtig. Darüber hinaus dient das Auto in seiner neuen, autonomen, elektrischen und vernetzten Form wieder stärker dazu, den eigenen Status zu unterstreichen und sich sozial abzuheben. Eine Individualisierung im Sinne flexibler Alltagsarrangements und räumlicher Ungebundenheit wird noch stärker gelebt. Die sozialen Beziehungen haben sich deutlich verändert: Gefördert durch immer bessere Kommunikations- und Informationstechnologien nehmen multilokale Familienstrukturen ebenso wie die Zahl kleinerer Haushalte. Mobilität wird daher zur Aufrechterhaltung von Beziehungen umso wichtiger. Es besteht teilweise weiterhin ein Widerspruch zwischen Individualisierung und Flexibilität einerseits sowie Nachhaltigkeitserfordernissen andererseits. Denn das Verkehrsaufkommen bleibt hoch und die Flächeninanspruchnahme durch den motorisierten Individualverkehr liegt weiterhin auf hohem Niveau.

Der motorisierte Straßenverkehr erfolgt fast vollständig batterieelektrisch, die Schadstoff- und Lärmemissionen werden reduziert. Dies erhöht die Lebensqualität in den Innenstädten. Jenseits der urbanen Räume nimmt die Zersiedelung deutlich zu, weil durch das Netz autonomer Fahrzeuge eine maximale Erreichbarkeit aller Räume möglich und auch finanziell attraktiv ist. Die Folgen sind ein Zuzug und das Wiederaufleben von Gemeinden im ländlichen Raum.

### **ÖFFENTLICHER VERKEHR UND FAHRZEUG-SHARING**

Im Großraum Stuttgart, in der Metropolregion Rhein-Neckar und im Karlsruher Raum ist der ÖV weiterhin stark, aber die neuen technischen Möglichkeiten von autonomen Pkw machen ihm große Konkurrenz. Für den Fernverkehr existieren weiterhin gute Zugverbindungen. In Regionen mit starkem Bevölkerungsrückgang wird die Anbindung an den öffentlichen Verkehr dagegen langsam zurückgefahren. In ländlichen Räu-

men dominieren autonom fahrende Pkw das Verkehrsgeschehen. In Regionen mit ausreichender Bevölkerungsdichte werden von den ÖPNV-Unternehmen fahrerlose Busse eingesetzt. Autonomes Fahren ermöglicht so einfache und komfortable Mobilität in den verschiedenen siedlungsstrukturellen Lagen.

Der Carsharing-Markt hat sich bereinigt. Kleinanbieter sind vom Markt verschwunden, bestimmend sind große Verbundanbieter, die eng mit dem ÖPNV kooperieren. Die Zeit zweistelliger Wachstumsraten ist vorbei, alle Gebiete mit entsprechendem Zielgruppenpotenzial sind nun mit ausleihbaren Autos versorgt. Carsharing hat den Privatbesitz von Autos nur leicht reduziert und ist eine durch passende Rahmenbedingungen logistisch und rechtlich unterstützte Zusatzoption zum klassischen Privatbesitz von Autos oder zum wenig differenzierten ÖPNV.

### **GÜTER- UND LUFTVERKEHR**

Durch virtuelle Meetings werden berufliche Flugreisen zwar teilweise reduziert, die weiter ansteigende globale Vernetzung von Wirtschaft und Gesellschaft führt jedoch in Summe zu einem weiteren Anstieg des Flugverkehrs. Die Tendenz, den Globus mobil zu erobern, führt insbesondere zu einem weiteren Anstieg internationaler Flugreisen.

## **4.2.3. SZENARIO „NEUE DIENSTLEISTUNGEN“ – KREATIVE GESCHÄFTSMODELLE, GETEILTE FAHRZEUGE (SZENARIO NDL)**

### **ÜBERBLICK**

Für die Menschen in Baden-Württemberg ist das Auto immer noch ein „heiligs Blechle“, aber nicht mehr „mei heiligs Blechle“. Sie fahren noch gerne Auto, gehen mit den Fahrzeugen aber anders um und verabschieden sich vom Leitbild der Rennreiselimousine. Autos haben als Symbol in vielen Milieus an Bedeutung verloren. Stattdessen werden sie in unterschiedlichen Größen und für unterschiedliche Zwecke bestellt, genutzt und danach zur weiteren Nutzung wieder freigegeben. Die Sharing-Kultur ist für den Mainstream attraktiv geworden, das Carsharing hat eine hohe Relevanz und ist ein Massenmarkt. Unterstützt wird diese Entwicklung durch die zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge. Die Autos können bequem über digitale Dienste bestellt werden und kommen selbstständig.

Car- und Bikesharing profitieren auch von neuen politischen Rahmenbedingungen. Die Anbieter kooperieren in einem überregionalen Verbundsystem, das wiederum logistisch und tariflich mit ÖV-Anbietern verknüpft ist. Daraus resultiert eine oft arbeitsteilige, kombinierte Nutzung der verschiedenen Mobilitätsangebote. Das (geteilte) Auto bleibt aber Rückgrat des multimodalen Gesamtsystems.

Der Pkw-Bestand in Städten – und damit auch der Platzbedarf für den ruhenden Verkehr – hat sich deutlich reduziert. Das Fahrzeug wird zweckgebunden ausgewählt, bei der Fahrzeuggröße kommt es zur Trendwende, weg vom immer größeren Pkw. Das Verkehrsaufkommen hat sich gemessen an der Zahl der gleichzeitig fahrenden Fahrzeuge deutlich verringert, die qualitative Aufwertung öffentlicher Räume etwa durch Begrünung wird zu einem wichtigen Merkmal der Wohnqualität und des sozialen Status. Die Parkraumbewirtschaftung und -verknappung genießt eine hohe Akzeptanz. Städtebauliche Integration setzt sich als Leitbild durch. Das Eintreten für Klimaschutz und Nachhaltigkeit ist zu einer selbstverständlichen gesellschaftlichen Norm geworden.

#### **WOHNEN UND ARBEITEN, MOBILITÄT UND GESELLSCHAFT**

Durch den zurückgehenden Pkw-Besitz werden Groß- und Mittelstädte stärker als Aufenthalts- und Lebensraum und weniger als Verkehrs- oder Parkraum genutzt, es findet eine Flächenumverteilung hin zum Fuß- und Radverkehr statt. Treiber dafür ist auch die zunehmende Flächenkonkurrenz in den Städten und der Wunsch nach lebenswerten, grünen Freiflächen. Der in den 2010er-Jahren begonnene Trend zu neuen Wohnformen, so die gemeinschaftliche Nutzung von Flächen und Ressourcen oder das Mehrgenerationen-Wohnen, setzt sich immer weiter durch. Die Demonstrationsfunktion von materiellem Eigentum für den Lebensstil geht zurück. Die Nachteile von hochpreisigen Investitionsgütern, die sich langfristig im Besitz befinden, werden deutlich, so die hohen laufenden Kosten, der Aufwand für Unterhalt und Lagerung, die geringe Flexibilität bei Umzügen oder sich verändernden Haushaltsgrößen, Einsatzzwecken und Bedürfnissen. Nun wird darauf geachtet, ob ein Angebot genau das erfüllt, was in einer spezifischen Situation benötigt wird. Die Anbieter müssen maximal flexibel sein und auf den Wunsch nach Abwechslung eingehen, wie heute schon bei teuren Freizeitgütern wie Skiern. Für Güter, die nur für spezifische Zwecke nützlich sind oder sich gut flexibel nutzen lassen, so die Limousine für den

Hochzeitstag, gibt es eine große punktuelle Zahlungsbereitschaft. Zur beschleunigten praktischen Umsetzung nationaler und internationaler Klimaabkommen haben sich nicht-kommerzielle Interessengruppen gebildet, die das langsame Transformationstempo nicht mehr hinnehmen und eigene Ideen entwickeln. Sie werden von Kommunen durch Flächen, Daten, Beratung und finanzielle Mittel unterstützt. Mobilitätsdienstleister vermarkten diesen Trend, indem sie neue Angebote schaffen, die raumsparend, leise und bezahlbar sind.

#### **ÖFFENTLICHER VERKEHR, FAHRZEUG-SHARING UND RADVERKEHR**

Die Kombination von ÖV mit individuellem Fahren (Fahrrad oder Auto bzw. Carsharing) funktioniert problemlos und bequem. Die Übergänge zwischen den Systemen sind fließend, die durchgängige logistische Fundierung erleichtert eine flexible Nutzung aller Optionen. Mobilitätsstationen für die Verknüpfung unterschiedlicher Angebote, die sogenannten Mobil-Punkte, erleichtern das intermodale Verkehrsverhalten. Autonomes Fahren ermöglicht den Einsatz von fahrerlosen Bussen unterschiedlicher Größe, sodass eine engere Taktung und dichtere Linien- und Haltestellenetze möglich sind. Der öffentliche Verkehr wird attraktiver, in Kombination mit der sinkenden Motorisierungsrate steigt sein Anteil am Transportaufkommen.

Durch die Sharing Economy nehmen privates Carsharing und privates Ridesharing, also spontane Fahrgemeinschaften, zu. Die Rollen der Mobilitätsakteure verändern sich. So ist das Individuum nicht mehr nur Nutzer einer Dienstleistung, sondern kann auch Dienstleistungen wie Fahrten anbieten. Die Sharing-Kultur macht es möglich, die Wohn- und Fortbewegungsform zu wechseln, Unterschiedliches auszuprobieren oder beim Bewährten zu bleiben. Sesshafte und hochmobile, nomadenhafte Lebensformen sind gleichermaßen möglich. Produkte werden intensiver genutzt.

Bis 2050 ist der Fahrzeugbestand sehr heterogen, es gibt viele unterschiedliche, logistisch und tariflich aber integral verknüpfte, zum Teil experimentelle Fortbewegungsformen. Dazu gehören zahlreiche neue Sharing-Angebote, der klassische öffentliche Verkehr, aber auch ein Rest-Bestand an privaten Pkw. Die freiwerdenden Flächen werden u. a. für den Bau von Rad-schnellwegen, Parkplätze für ausleihbare Fahrrad-Lastenanhänger und überdachte Fahrrad-Stellplätze genutzt.

### **GÜTER- UND LUFTVERKEHR**

Die Produktqualität wird durch den Sharing-Trend wieder wichtiger. Es wird weniger, aber dafür in höherer Qualität produziert. Dadurch wächst auch der Güterverkehr weniger stark als in der Vergangenheit. Die fortschreitende Digitalisierung beeinflusst den E-Commerce, der an Bedeutung gewinnt und in vielen Bereichen gegenüber der individuellen Warenbeschaffung effizienter erfolgt. Es kommen unterschiedliche Kleinfahrzeuge bis hin zu Transportern zum Einsatz. Durch die veränderte Flächennutzung in Städten dominieren dort nicht-motorisierte bzw. elektrisch unterstützte Lieferkonzepte. Der Verkehrsträger Straße bleibt im Güterfernverkehr dominierend, doch die regionalisierten Bahnen differenzieren ihre Angebotsstrukturen und steigern ihre Marktanteile. Der Anteil des Güterverkehrsaufwands auf der Straße geht dadurch zurück, der Anteil von Bahn und Binnenschiff nimmt leicht zu.

Ein Teil der Gesellschaft unternimmt aufgrund der zunehmenden Sensibilisierung für die negativen Auswirkungen des Luftverkehrs weniger Flugreisen in der Freizeit und besinnt sich auf Urlaubsreisen in der Nähe. Berufliche Flugreisen werden durch virtuelle Meetings teilweise reduziert. Die fortschreitende globale Vernetzung führt jedoch zu keiner grundsätzlichen Trendumkehr, sondern nur zu einer Verlangsamung des Wachstums. Technologische Lösungen zur Dekarbonisierung des Flugverkehrs stehen daher im Vordergrund.

### **4.2.4. SZENARIO „NEUE MOBILITÄTSKULTUR“ – KÜRZERE WEGE, FLEXIBLE ÖFFENTLICHE SYSTEME (SZENARIO NMK)**

#### **ÜBERBLICK**

Die Ballungsräume entwickeln weiterhin eine große – auch internationale – Anziehungskraft, werden noch dichter besiedelt und vergrößern sich. Im Mittelpunkt stehen ein gutes Zusammenleben, soziale Teilhabe sowie Inklusion und Integration, für die Mobilität eine Grundbedingung ist. Städte mit einer hohen Aufenthaltsqualität für unterschiedliche Milieus und Kulturen haben einen Standortvorteil. Der öffentliche Raum wird intensiver für den Fuß- und Radverkehr genutzt. Die politische Aufwertung von Nahmobilität und -versorgung sowie eine integrierte Stadt- und Verkehrsplanung mit Fokus auf Lebensqualität fördern das Leben im Quartier.

Diese Entwicklung bleibt nicht ohne Konflikte und Diskussionen. Doch das Eintreten für Klimaschutz und

Nachhaltigkeit ist zu einer selbstverständlichen gesellschaftlichen Norm geworden, Verkehrswendestrategien werden nicht mehr tabuisiert. Für die Politik wird Mobilität zur ganzheitlichen Gestaltungsaufgabe. Die gesetzlichen und fiskalischen Rahmenseetzungen haben sich deutlich verändert und sind nicht mehr autoorientiert, Investitionen haben sich auf umweltfreundliche Mobilität verlagert. Baden-Württemberg nutzt die neuen bundes- und EU-rechtlichen Spielräume engagiert. Es gibt keine Anreizsysteme mehr, die weite Wege und Zersiedelung fördern. Mobilitäts- und Industriepolitik sind entkoppelt.

#### **WOHNEN UND ARBEITEN, MOBILITÄT UND GESELLSCHAFT**

Es gibt einen Kulturwandel hin zu einer neuen Bedeutung der Bedürfniserfüllung in Stadtteilen bzw. in Wohnortnähe in ländlichen Räumen, was Nahmobilität begünstigt. Mobilität dient der Erreichbarkeit, ist kinderfreundlich, barrierefrei und gesundheitsfördernd. Individualisierung kann in Form von unterschiedlichen Wohn-, Freizeit- und Lebensformen gelebt werden. Der stärkere Wunsch nach sozialem Austausch wird in Stadtteilen und Quartieren erfüllt. Die Menschen erhalten viel Raum zur Gestaltung ihrer Wohnorte. Dies bildet ein Gegengewicht zur Nutzung digitaler Medien und der sozialen Vereinzelung. Das Bedürfnis nach Privatheit und Intimität bleibt ebenfalls erhalten und kann durch flexible Nutzung von Wohnraum und Fortbewegungsmitteln erfüllt werden. Die „Mediterranisierung“ der Freizeit durch Außergastronomie, vielfältige Sportangebote und Spielmöglichkeiten vor der Haustür („Freizeit zurück in die Städte“) setzt sich nicht nur in den kommerziellen Zentren, sondern auch in den Quartieren immer mehr durch. Soziale Milieus, die sich als Trendsetter sehen, erproben ein gutes, einfaches Leben durch Entschleunigung und Entflechtung.

Wohnen und Arbeiten rücken durch eine begrenzte Höchstgeschwindigkeit von Transportmitteln – insbesondere des Pkw-Verkehrs – und die damit verbundene geringere Durchlässigkeit des Raums stärker zusammen. Die gesunkene Durchschnittsarbeitszeit lässt mehr Zeit für Wege, Kommunikation und Resonanzbeziehungen. Durch Effizienzsteigerungen im Mobilitätsbereich, einen deutlichen Rückgang des Pkw-Bestands und die schrittweise Auflösung der Flächenblockade durch Autos eröffnen sich neue Gestaltungsmöglichkeiten im öffentlichen Raum. Gefördert wird dies auch durch den Rückbau von Straßen und weiterer Infrastruktur wie etwa Parkhäusern.

Die Ballungsräume sowie kleineren und mittleren Zentren werden durch die Förderung regionaler Netzwerke und die Abschaffung der Entfernungspauschale gestärkt. Dadurch erhöht sich die räumliche Konzentration der Bevölkerung deutlich, die weitere Zersiedelung wird fast vollständig gebremst. Durch ein Netz autonomer Fahrzeuge und differenzierte, kleinteilige ÖPNV-Angebote werden alle Räume gut erreichbar. Von der räumlichen Restrukturierung profitieren attraktive Klein- und Mittelstädte mit ausreichendem Dienstleistungsangebot, mittelständischen Betrieben und hoher Lebensqualität, die einen Teil der wohnkostengetriebenen Abwanderung aus den großen Zentren auffangen. Einkaufsgemeinschaften und Kooperativen für die Versorgung sowie die gemeinschaftliche Nutzung von Gütern und Dienstleistungen (Prosuming) ermöglichen eine lokal geprägte Versorgung auf dem Land.

#### **MOTORISIERTER INDIVIDUALVERKEHR, ÖFFENTLICHER VERKEHR (ÖV) UND FAHRZEUG-SHARING**

Es bestehen kaum noch Routinen zur Nutzung des eigenen Pkw. Das Teilen von Fahrzeugen hat sich zum Mainstream entwickelt. Ein eigenes Auto wird meist als zu aufwendig, unflexibel und teuer erlebt, die symbolische Funktion beschränkt sich auf wenige Gruppen. Ein neues, flexibles öffentliches Verkehrssystem hat sich zum Rückgrat einer Mobilität entwickelt, die für alle Generationen, Kulturen und sozialen Gruppen nutz- und bezahlbar ist.

Neben dem bewährten elektrischen schienengebundenen Verkehr setzen Entscheider im öffentlichen Verkehr auf autonome Fahrzeuge mit optimierter Sitzplatzbelegung. Nun wird zwischen den hochleistungsfähigen Hauptachsen und einer flexiblen Flächenbedienung mit kleineren Fahrzeugen (6-Sitzern) in den Quartieren differenziert. Diese gemeinsame Nutzung von autonom fahrenden öffentlichen Fahrzeugen (Ridesharing) wird zum zentralen Betriebskonzept des öffentlichen Verkehrs. Ergänzt wird dies durch Car- und Bikesharing-Angebote. Durch die große Bandbreite und die kundenspezifischen Angebote wird der öffentliche Verkehr deutlich attraktiver für die Bevölkerung.

In Regionen mit geringer Bevölkerungsdichte wird die primäre Orientierung des ÖV auf Schüler aufgegeben, der „Jedermannverkehr“ sowie insbesondere der Freizeit- und Tourismusverkehr werden mit differenzierten Angeboten verstärkt und erfolgreich bedient. Autonome Fahrzeuge ermöglichen auch hier ein komfortables Mitfahrssystem, das den Bedarf eines eigenen

Pkw reduziert und eine hohe Flexibilität garantiert, der „öffentliche Verkehr“ hat einen Quantensprung in Angebotsflexibilität und -dichte, in Qualität und Quantität vollzogen. Integrierte Konzepte verbinden auf Quartiersebene den Rad- und Fußverkehr, zwischen den Quartieren den ÖV mit flexiblen autonomen Fahrzeugen und dem Rad. Zwischen den Städten sehen sie vor allem die Bahn sowie für alle verbleibenden Mobilitätsbedürfnisse Carsharing vor.

#### **GÜTER- UND LUFTVERKEHR**

Der Schienengüterverkehr für Fernstrecken und regionale Relationen ist deutlich ausgebaut, die intermodalen Schnittstellen sind dezentral angelegt und logistisch gut gemanagt. Die Feinverteilung erfolgt entlang von Umschlagzentren in Stadtteilen und Quartieren, die letzte Meile wird überwiegend mit Kleinfahrzeugen oder nicht-motorisiert zurückgelegt. Mit dem Leben im Quartier gewinnen auch die regionale Produktion und Versorgung an Bedeutung. Aufgrund der Renaissance der Nahversorgung mit hochwertigen und langlebigen Produkten steigt die Güterverkehrsleistung nicht weiter an und ist nach 2030 leicht rückläufig. Die Anforderungen des Klimaschutzes veranlassen die Bahnen, ihre Güterverkehrsstrategie grundlegend zu verändern. Die Güterbahnen gewinnen gegenüber dem Straßengüterverkehr wieder an Attraktivität und es wird eine teilweise Rückverlagerung erreicht.

Der Luftverkehr steigt nicht weiter an. Durch die regionalen Wirtschaftskreisläufe, die Aufwertung des Nahraums und den gesellschaftlichen Trend zur Entschleunigung kann eine Trendumkehr erreicht werden. Diese wird durch erhebliche monetäre Maßnahmen verstärkt. So führt die Internalisierung der externen Kosten zu deutlich steigenden Kosten für die Nutzer. Wo möglich, werden daher alle technischen Möglichkeiten – auch im beruflichen Kontext – genutzt, um auf Flugreisen zu verzichten. Insbesondere im nationalen und europäischen Verkehr ist die Bahn nun eine attraktive Alternative, die hinsichtlich Reisekomfort und -zeiten auch auf Strecken von über 500 Kilometern konkurrenzfähig ist. Bei Interkontinentalreisen bleibt das Flugzeug das dominierende, für die Reisenden jedoch deutlich teurere Verkehrsmittel.

#### 4.2.5. TABELLARISCHER ÜBERBLICK ÜBER DIE DREI SZENARIEN

**TABELLE 4.1: SZENARIOÜBERGREIFENDE AUSPRÄGUNG VON EINFLUSSGRÖSSEN**

| Einflussgröße    | Alle Szenarien  |
|------------------|---|
| Globaler Kontext | Eintreten für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung als internationales Leitmotiv für politisches Handeln |
| Demografie       | Bevölkerung wächst (geringfügig)  |
| Digitalisierung  | Verkehrsmittel werden vernetzt und Nutzung der Verkehrsinfrastruktur optimiert                              |
| Autonomes Fahren | Autonomes Fahren wird zum Standard im öffentlichen und Individualverkehr                                    |
| Elektromobilität | Elektromobilität in Kombination mit EE-Strom wird Standardtechnologie im Landverkehr                        |

**TABELLE 4.2: SZENARIOSPEZIFISCHE AUSPRÄGUNG VON EINFLUSSGRÖSSEN**

| Einflussgröße                             | Szenario<br>Neue<br>Individualmobilität   | Szenario<br>Neue<br>Dienstleistungen  | Szenario<br>Neue<br>Mobilitätskultur  |
|---|---|---|---|
| Nachhaltigkeitsorientierung               | Anforderungen von Klimaschutz und Nachhaltigkeit werden an Technologieentwicklung delegiert | Eintreten für Klimaschutz und Nachhaltigkeit wird zur gesellschaftlichen Norm       | Eintreten für Klimaschutz und Nachhaltigkeit wird zur gesellschaftlichen Norm                 |
| Orientierungen und Lebensstile            | Konsumgüter inkl. Besitz-Pkw als Distinktion; hohe Individualisierung und Flexibilität      | Distinktion über flexible, abwechslungsreiche Nutzung; Bedeutungsverlust von Besitz | Entschleunigung und Entflechtung als neue Trends  |
| Wohnen und Arbeiten                       | hohe Anzahl kleiner Haushalte, räumliche Ungebundenheit                                     | neue gemeinschaftliche Wohnformen und öffentlicher Raum als Gemeinschaftsflächen    | Aufenthaltsqualität und Leben im Quartier ist zentral   |
| Raum und Flächennutzung                   | weitere Zersiedelung; keine Flächenumwidmung zugunsten des NMIV                             | Flächenumwidmung zugunsten des NMIV   | Nahversorgung und Aufwertung des öffentlichen Raums, hohe Flächenumwidmung zugunsten des NMIV |
| Siedlungsstruktur/ Grad der Urbanisierung | Stagnation der Urbanisierung, Wiederaufleben des Wohnens und Arbeitens im ländlichen Raum   | leichter Urbanisierungstrend (= Trendfortschreibung)                                | starke Urbanisierung (= Trendverstärkung), Zersiedelung suburbaner Räume nimmt stark ab       |
| Verkehr in Städten                        | ähnlich wie heute, aber emissionsfrei   | multimodal, starke Bedeutung von Carsharing   | kurze Wege, autofreie Quartiere; hohe Bedeutung des flexiblen ÖV                              |
| Personenverkehr                           | nimmt weiter zu   | leicht ansteigend, dann rückläufig  | rückläufig  |
| Eigenschaften ÖV                          | autonome Pkw als Konkurrenz zum klassischen ÖV  | multimodaler ÖV mit vereinfachtem Zugang  | integrierter ÖV als Rückgrat der Mobilität mit Ridesharing als zentralem Element              |

| Einflussgröße                                 | Szenario<br>Neue<br>Individualmobilität   | Szenario<br>Neue<br>Dienstleistungen  | Szenario<br>Neue<br>Mobilitätskultur   |
|---|---|---|--|
| Affinität zur multimodalen Verkehrsmittelwahl | mittel  | hoch  | hoch   |
| Anteil ÖV                                     | niedrig   | mittel  | hoch   |
| Restriktionen MIV                             | niedrig   | mittel  | hoch   |
| Autoaffinität                                 | hoch  | mittel  | niedrig  |
| Pkw-Bestand                                   | hoch  | gering  | sehr niedrig   |
| Privater Pkw-Besitz                           | hoch  | gering  | sehr niedrig   |
| Fahrzeugauslastung                            | niedrig   | mittel  | hoch   |
| Carsharing                                    | v. a. in der Stadt und als Ergänzung  | von großer Bedeutung  | von mittlerer Bedeutung  |
| Anteil Radverkehr                             | niedrig   | mittel  | hoch   |
| Anteil Fußverkehr                             | niedrig   | mittel  | hoch   |
| Güterverkehr                                  | Gütertransportvolumen und Zahl der Transportfahrten nehmen mit dem weiteren Anstieg des Bruttoinlandsprodukts weiter zu | Güterverkehr nimmt durch höhere Qualität der Produkte weniger stark zu als in der Vergangenheit | bis 2050 leicht rückläufig durch starke Nachfrage nach regionalen und langlebigen Produkten          |
| Modal Split im Güterverkehr                   | Straßengüterverkehr gewinnt weiter an Attraktivität und dominiert   | leichter Anstieg des Anteils der Bahn, Straßengüterverkehr weiterhin dominierend                | deutlicher Anstieg des Anteils der Bahn, Straßengüterverkehr rückläufig                              |
| Luftverkehr                                   | weiterer deutlicher Anstieg angesichts weiter zunehmender globaler Vernetzung von Wirtschaft und Gesellschaft           | nimmt angesichts der fortschreitenden globalen Vernetzung weiter zu                             | Stagnation aufgrund der größeren Nahraumorientierung und Regionalisierung von Wirtschaftskreisläufen |

### 4.3. EINORDNUNG DER SZENARIEN

Für die Beurteilung der Ergebnisse ist wichtig, dass im wissenschaftlich anerkannten Szenarioprozess über die Wahrscheinlichkeit eines gewählten Szenarios keine Aussage gemacht wird. Bei Szenarien handelt es sich nicht um Prognosen für die Zukunft. Es handelt sich vielmehr um mögliche Entwicklungspfade auf Basis von Zukunftsbildern unter bestimmten Randbedingungen. Diese Entwicklungspfade sind mit verschiedenen Auswirkungen (Modellergebnissen) verbunden, die diskutiert und als gewünscht oder nicht gewünscht eingeordnet werden können.

Die Szenarien können selbstverständlich nicht alle erdenklichen zukünftigen Entwicklungen in ihrer Breite abbilden. Die Szenarien zeigen vor allem unterschiedliche mögliche Entwicklungen bei der Verkehrsnach-

frage auf. Andere Einflussfaktoren wie z. B. die Technologien (Elektromobilität, autonomes Fahren) sowie übergreifende Trends (Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, Rohölpreise) werden zwischen den Szenarien nicht variiert, obwohl es natürlich auch hier Unsicherheiten und unterschiedliche mögliche Entwicklungen gibt.

Als ein übergreifender Trend wurde beispielsweise hinterlegt, dass sich das autonome Fahren durchsetzt. In den Stakeholder-Diskussionen wurde autonomes Fahren als klare Entwicklung thematisiert und entsprechend in die Szenarioausgestaltung aufgenommen. Das autonome Fahren ist jedoch derzeit hinsichtlich technischer Möglichkeiten, gesellschaftlicher Akzeptanz noch recht umstritten und, ob sich es sich tatsächlich flächendeckend als vollautonomes Fahren durchsetzt, ist unsicher. Auch die Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage – Zunahme des Verkehrs durch

Komfortsteigerung vs. effizientere Abwicklung des Verkehrs beispielsweise durch Ridesharing-Systeme<sup>66</sup> – sind noch unklar bzw. hängen von den Rahmenbedingungen ab. Aber unabhängig davon, ob sich autonomes Fahren durchsetzt oder nicht: Die Entwicklungen in den Szenarien hängen viel wesentlicher von anderen Einflussfaktoren ab (Mobilitätseinstellungen, politische Rahmenbedingungen, Siedlungsstrukturen, ...) und bleiben somit auch dann weitgehend plausible Pfade, wenn sich autonomes Fahren nicht durchsetzen sollte. Eine Ausnahme bildet ggf. das autonome Ridesharing-System im Szenario NMK.

Eine gegenüber den Szenarien veränderte Wirtschafts- oder Bevölkerungsentwicklung (z. B. starke Zuwanderung, Wirtschaftskrisen, ...) hätte unmittelbare Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage. Durch solche Veränderungen im Niveau wird es z. B. schwieriger (oder leichter), bestimmte Ziele z. B. zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen einzuhalten. Die Identifikation von Handlungsoptionen für einen nachhaltigen Verkehr ist jedoch davon eher wenig abhängig.

#### 4.4. ZUSAMMENFASSUNG: DREI SZENARIEN DER MOBILITÄT FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG 2050

Unter Beteiligung von Stakeholdern und eines wissenschaftlichen Projektbeirats wurden im Rahmen des Projektes drei Szenarien zur Mobilität in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 formuliert. Sie bilden insgesamt eine große Bandbreite möglicher Entwicklungen der Verkehrsnachfrage ab, anhand derer sich die Auswirkungen auf die Nachhaltigkeitsindikatoren in ihrer Gänze diskutieren lassen können, um möglichst nachhaltige Entwicklungspfade zu identifizieren.

Die drei betrachteten Szenarien bilden unterschiedliche Entwicklungen ab:

- ▶ Mit dem Szenario „Neue Individualmobilität“ wird vor allem das Problem Klimawandel/CO<sub>2</sub> technisch angegangen ohne dass die Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer ihr Alltagsverhalten gravierend ändern müssen.
- ▶ Das Szenario „Neue Dienstleistungen“ geht davon aus, dass vor allem die soziale Innovation des Fahrzeug-Sharings im Alltag und die Sharing-Ökonomie stark zunehmen.
- ▶ Das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ geht davon aus, dass deutliche Veränderungen im Mobilitätsverhalten unter Einbeziehung von Suffizienz-Ansätzen gelebte Alltagspraxis werden.

In einem nächsten Arbeitsschritt werden diese Szenarien hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die verschiedenen Indikatoren einer nachhaltigen Mobilität überprüft.

<sup>66</sup> Unter Ridesharing versteht man verschiedene Formen des Mit- und Zusammenfahrens in einem Fahrzeug.

# 5. METHODIK UND ERGEBNISSE DER SZENARIEN



Die gemeinsam mit Stakeholdern abgeleiteten Zukunftsbilder wurden hinsichtlich ihrer Wirkungen auf verschiedene Parameter analysiert. Hierfür wurden verschiedene Modelle eingesetzt und neue Methoden entwickelt. In diesem Kapitel werden für alle mit hoher Detailtiefe quantifizierten Parameter die Methodik bzw. die verwendeten Modelle und die Annahmen zur Quantifizierung beschrieben sowie die Ergebnisse der Szenarien ausführlich dargestellt. Einen Überblick über den Modellierungsablauf gibt die Abbildung 5.1.

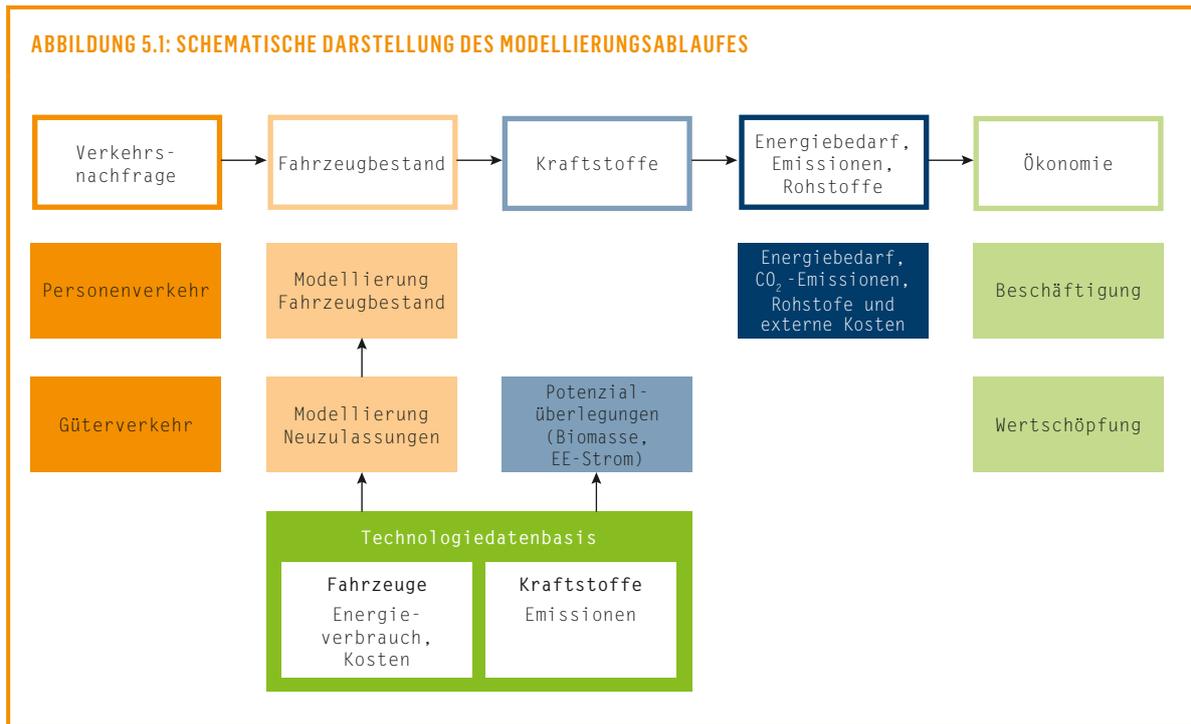
In einem ersten Schritt wurde die Verkehrsnachfrage auf Basis der im Stakeholder-Prozess entwickelten Zukunftsbilder abgeleitet. So wurde auf Basis von Mobilitätsorientierungen vom ISOE eine Methode entwickelt, die Personenverkehrsnachfrage abzubilden (5.1). Die Güterverkehrsnachfrage (5.2) und der Luftverkehr (5.3)

betrachtet und auf Basis der entwickelten Zukunftsbilder abgeleitet.

Mit Hilfe einer Technologiedatenbank zu Fahrzeugen und Kraftstoffen und eines Neuzulassungs- und Bestandsmodells wurden dann die Neuzulassungen sowie die Pkw-Bestände und Lkw-Bestände modelliert (5.4 und 5.5). Aufbauend auf die Fahrzeugbestände und Fahrleistungen konnten der Endenergiebedarf, die Emissionen des Verkehrssektors sowie deren Vorketten bzw. Materialbedarfe (Ressourcenbedarfe) berechnet werden (5.6). Hierfür wurde das Modell TEMPS (Transport Emissions and Policy Scenarios) des Öko-Instituts eingesetzt. Zusätzlich wurden die externen Kosten berechnet. Dazu gehören beispielsweise Klimakosten von CO<sub>2</sub>-Emissionen oder die Gesundheitskosten verursacht durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm (5.7).

In einem letzten Arbeitsschritt wurden dann die ökonomischen Analysen mittels eines am Fraunhofer IAO entwickelten Wertschöpfungs- und Prozessmodell durchgeführt (5.8).

Eine erste Übersicht zu der Vorgehensweise liefert Abbildung 5.2. Ein Grundpfeiler der Herleitung sind die Mobilitätsorientierungen der Bevölkerung. Im Folgenden wird daher zuerst erläutert, auf welche Weise die Mobilitätsorientierungen und ihre Entwicklung in die



Quelle: eigene Darstellung

## 5.1. PERSONENVERKEHRSNACHFRAGE

### 5.1.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

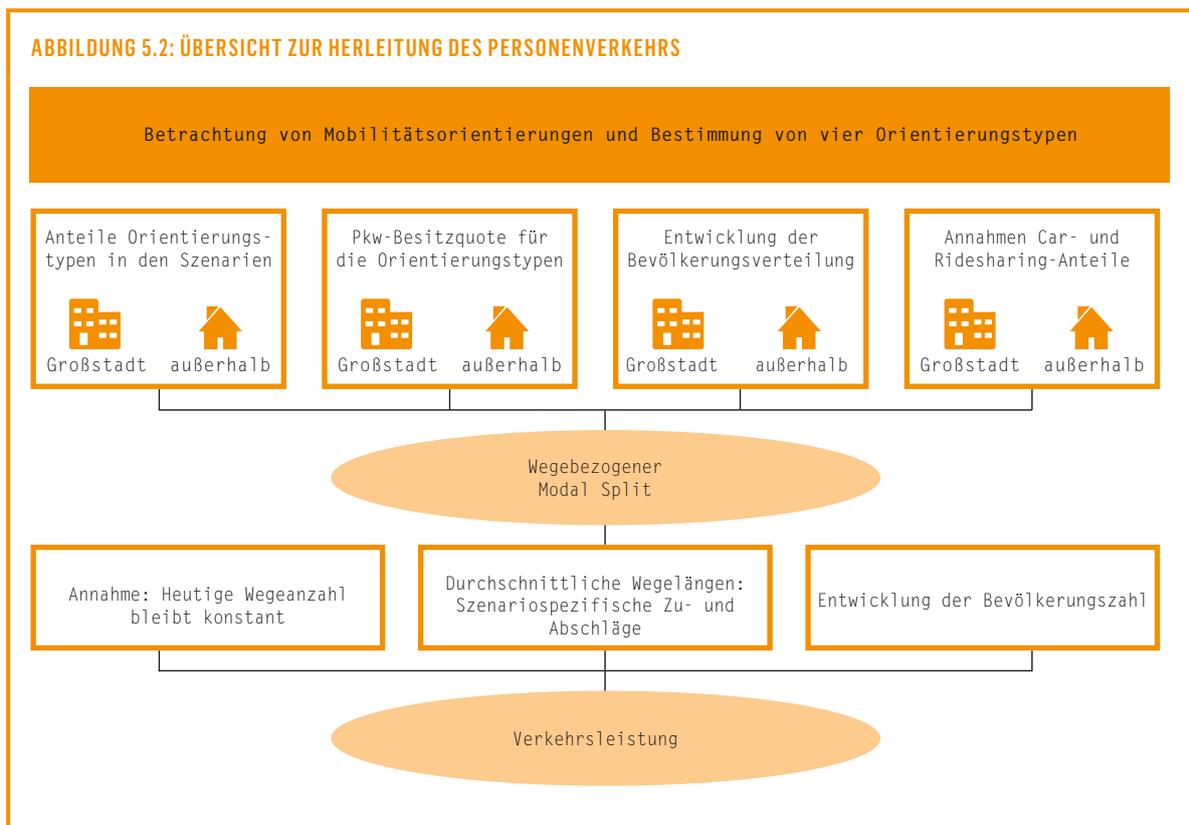
Die Bestimmung des Personenverkehrs (Verkehrsaufkommen und -leistung) in den Szenarien erfolgt auf Basis verschiedener verkehrlicher und demografischer Einflussgrößen, für deren szenariospezifische Ausprägungen Annahmen getroffen werden. Da die Szenarien unterschiedliche Entwicklungen für die Siedlungsräume umfassen, wird auf der quantitativ-rechnerischen Ebene zudem zwischen zwei Raumkategorien unterschieden: Großstädte (=Städte mit einer Einwohnerzahl größer 100.000) und außerhalb von Großstädten<sup>67</sup>.

Szenarien einfließen. Anschließend werden die Annahmen zu den weiteren Einflussgrößen (Pkw-Besitzquoten, Bevölkerungsstruktur, Carsharing- und Ride-sharing-Anteile) für die Berechnung des Modal Split vorgestellt. Daran anknüpfend werden schließlich die einzelnen Berechnungsschritte zu Verkehrsaufkommen und -leistung erläutert. Diese Herleitung erfolgt sowohl für das Jahr 2050 als auch für das Jahr 2030.

<sup>67</sup> Diese Aufteilung wurde gewählt, weil sich die Großstädte bezogen auf das Verkehrsverhalten der Bevölkerung am stärksten von den anderen BBSR-Raumtypen (hochverdichtete Kreise, verdichtete Kreise und ländliche Kreise) unterscheiden. Dies zeigen

eigene Auswertungen auf Basis der MID-Daten zu Baden-Württemberg von 2008. Für die gewählte Zweiteilung spricht zudem, dass laut den Szenarien bestimmte Entwicklungen am stärksten in den Großstädten stattfinden werden. Trotz dieser Zweiteilung werden für die Gebiete außerhalb von Großstädten aber natürlich keine homogenen Entwicklungen erwartet. Stattdessen wurden solche Unterschiede bei den Festlegungen bezüglich der Kategorie „außerhalb von Großstädten“ mitgedacht.

ABBILDUNG 5.2: ÜBERSICHT ZUR HERLEITUNG DES PERSONENVERKEHRS



Quelle: eigene Darstellung

Noch vor der Darstellung der einzelnen Herleitungsschritte wird allerdings zunächst auf die Ausgangsbasis der Personenverkehrsnachfrage (Ist-Daten) sowie auf das Referenzszenario eingegangen.

### 5.1.2. SYSTEMGRENZEN UND AUSGANGSBASIS

Der Personenverkehr wird in dieser Studie nach dem Territorialprinzip betrachtet (d.h. innerhalb der Landesgrenzen zurückgelegte Strecken). Des Weiteren ist für die Bestimmung des Personenverkehrs relevant, dass die heute übliche Unterscheidung zwischen „MIV“ und „ÖV“ zur Darstellung der zukünftigen Entwicklung des Verkehrs nicht mehr ausreichend ist, da neue Mischformen zwischen öffentlichem und Individualverkehr hinzukommen. Daher wird für die Zwecke dieser Studie nach folgenden Kategorien unterschieden:

- ▶ Motorisierter Individualverkehr (MIV): private Pkw ohne Sharing-Fahrzeuge, aber inklusive Dienstwagen und gewerblich genutzte Fahrzeuge sowie private Krafträder;
- ▶ „klassischer“ öffentlicher Verkehr: Bahn (nah- und fern) sowie klassischer öffentlicher Straßenpersonenverkehr/ÖSPV (Linienbusse, Fernbusse, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen);
- ▶ Carsharing: öffentliche Pkw im Modus private Nutzung;
- ▶ Öffentliche Ridesharing-Systeme: öffentliche Pkw im Modus öffentliche Nutzung;
- ▶ Aktive Mobilität: Rad- und Fußverkehr.

Die Differenzierung der Pkw nach privaten Pkw, Carsharing- und Ridesharing-Fahrzeugen entspricht der in der MEGAFON-Studie (Friedrich; Hartl 2016) verwendete Methodik. Ein Datensatz zu Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Personenverkehr für das Jahr 2010 und 2030 wurde im Rahmen der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 (Schubert 2014) erstellt.

Diese Daten wurden als Grundlage für die Bestimmung der Ausgangsbasis im Jahr 2010 sowie des Referenzszenarios hinterlegt. Es wurden allerdings zwei Anpassungen vorgenommen: Zum einen wurde für die Fahrleistung im MIV auf aktuelle Daten des Statistischen Landesamtes zurückgegriffen (Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr in Baden-Württemberg seit 1980 nach Straßenkategorien und Fahrzeugarten). Demnach beträgt die Pkw-Fahrleistung in Baden-Württemberg im Jahr 2010 80,1 Mrd. km und die Fahrleistung mit Krafträdern 1,5 Mrd. km. Zum anderen wurde für den Modal Split des Radverkehrs für das Jahr 2010 ein Anteil von 10 % angenommen (statt 7 % in der Verkehrsverflechtungsprognose). Dies entspricht dem in der Radverkehrsstrategie Baden-Württemberg (MVI 2016) angegebenen Wert und ist auch konsistent zu der Entwicklung des Radanteils im Mobilitätspanel, welches in den letzten Jahren einen steigenden Trend verzeichnet (Weiß et al 2016). Die resultierenden Werte für das Jahr 2010 sind in Tabelle 5.1 dargestellt. Bei Pkw ist ein Besetzungsgrad von 1,47 und bei Motorrädern von 1,23 hinterlegt.

Statistiken nicht ableiten<sup>68</sup>. Daher wurden für die Aufteilung die bundesweiten Anteile übernommen.

### 5.1.3. REFERENZSZENARIO

Für das Referenzszenario wurde bis zum Jahr 2030 die Entwicklung gemäß der Verkehrsprognose 2030 (Schubert 2014) hinterlegt. Für die Fortschreibung zwischen 2030 und 2050 wurde für das Referenzszenario angenommen, dass a) die Anzahl der Wege pro Person und Verkehrsmittel nach 2030 konstant bleibt, und b) sich der zwischen 2010 und 2030 zu verzeichnende Trend zur Zunahme der Wegelängen je Verkehrsmittel nach 2030 im gleichen Maß fortsetzt. Das bedeutet: Insgesamt steigt die durchschnittliche Wegelänge im Referenzszenario von 10,5 km im Jahr 2010 auf 11 km im Jahr 2030 und 11,3 km im Jahr 2050.

Bezüglich der Bevölkerungsentwicklung wird auf die aktuellen Prognosen des Statistischen Landesamtes von Baden-Württemberg zurückgegriffen (Brachat-

|        | Mio. Wege | Mrd. Pkm | Wegelänge (km) |
|--------|-----------|----------|----------------|
| MIV    | 8.155     | 119,7    | 14,7           |
| Bahn   | 335       | 10,1     | 30,2           |
| ÖSPV   | 1.123     | 10,2     | 9,1            |
| Rad    | 1.411     | 5,0      | 3,5            |
| Fuß    | 3.205     | 4,6      | 1,4            |
| gesamt | 14.228    | 149,7    | 10,5           |

Quelle: (Schubert 2014), eigene Annahmen und Berechnungen (siehe Text), eigene Darstellung

Für die Berechnung von Energiebedarf und Emissionen ist eine stärkere Differenzierung der Verkehrs- und Fahrleistungen notwendig, so z. B. die Aufteilung des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (ÖSPV) auf Fernlinienbusse, Stadtbusse, Straßen- und U-Bahnen sowie die Aufteilung des Bahnverkehrs auf Nah- und Fernverkehr.

Eine solche Differenzierung für Baden-Württemberg nach dem Territorialprinzip lässt sich aus bekannten

Schwarz 2016). Sie zeigt, dass die Bevölkerungsanzahl in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2030 von 10,72 (im Jahr 2014) auf 11,13 Mio. steigt und danach bis 2050 wieder etwas zurückgeht (10,95 Mio.).

<sup>68</sup> Bei den Statistiken des Statistischen Bundesamtes zum öffentlichen Verkehr werden die Verkehrsleistungen der ÖV-Unternehmen je nach Sitz des Unternehmens dem entsprechenden Bundesland zugeordnet. Diese Angaben korrelieren nicht mit der territorialen Verkehrsleistung.

#### 5.1.4. ANNAHMEN BEZÜGLICH DER VERÄNDERUNG DER MOBILITÄTSORIENTIERUNGEN UND BILDUNG VON ORIENTIERUNGSTYPEN

Der Entscheidung, die Mobilitätsorientierungen als zentralen Ausgangspunkt für die Herleitung des Personenverkehrs heranzuziehen, liegen zwei Gesichtspunkte zugrunde: Zum einen haben solche Orientierungen einen bedeutenden Einfluss auf das Verkehrsverhalten (siehe hierzu Abschnitt 2.1.2) und zum anderen werden in den drei Szenarien deutlich unterschiedliche Entwicklungen für die Mobilitätsorientierungen der Bevölkerung angenommen. So findet im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ ein starker Wandel hin zu einer niedrigen Autoaffinität statt, während die Affinität gegenüber Umweltverbund und Multimodalität deutlich steigt. Die zunehmende Digitalisierung fördert diesen Wandel, denn MIV-Alternativen bzw. multimodales und intermodales Verkehrsverhalten werden so attraktiver und die (objektive) Relevanz eines eigenen Autos sinkt. Der Effekt wird durch die starke Nahraumorientierung und entsprechende Siedlungsformen (Nutzungsmischung, kurze Wege zu Gelegenheiten) weiter verstärkt. Im Szenario „Neue Dienstleistungen“ werden die Vorzüge der verschiedenen Verkehrsmittel gleichermaßen geschätzt und eine pragmatische multimodale Mobilitätsorientierung herrscht vor. Die Autofixierung ist dadurch gegenüber heute deutlich niedriger, obgleich weiterhin eine weit verbreitete Autoaffinität vorliegt. Analog zur aktuellen Situation herrscht im Szenario „Neue Individualmobilität“ eine hohe Autoaffinität vor. Ausgelöst durch die zunehmende Digitalisierung geht diese jedoch mit einer angestiegenen Affinität zur Multioptionalität einher. Entsprechend dieser Annahmen lassen sich die drei Szenarien bezüglich der Mobilitätsorientierungen wie folgt charakterisieren:

- ▶ **SZENARIO „NEUE INDIVIDUALMOBILITÄT“:**  
Hohe Autoaffinität und mittelmäßige Affinität zur Multioptionalität
- ▶ **SZENARIO „NEUE DIENSTLEISTUNGEN“:**  
Mittelmäßige Autoaffinität und hohe Affinität zur Multioptionalität
- ▶ **SZENARIO „NEUE MOBILITÄTSKULTUR“:**  
Niedrige Autoaffinität und hohe Affinität zur Multioptionalität

Um die unterschiedlichen Ausprägungen der Mobilitätsorientierungen bei der Herleitung des Personenverkehrs berücksichtigen zu können, werden vier Orientierungstypen gebildet, die sich in den Dimensionen Autoaffinität und Affinität gegenüber Multioptionalität unterscheiden. Sie besitzen die folgenden Ausprägungen:

- ▶ **TYPUS AUTO – / MULTI –:**  
Autoaffinität eher niedrig und Affinität zur Multioptionalität eher niedrig
- ▶ **TYPUS AUTO – / MULTI +:**  
Autoaffinität eher niedrig und Affinität zur Multioptionalität eher hoch
- ▶ **TYPUS AUTO + / MULTI –:**  
Autoaffinität eher hoch und Affinität zur Multioptionalität eher niedrig
- ▶ **TYPUS AUTO + / MULTI +:**  
Autoaffinität eher hoch und Affinität zur Multioptionalität eher hoch

Bei der Bildung der Typen wird auf die Faktoren „Autoaffinität wegen Freiheit und Flexibilität“ und „Affinität zur Multioptionalität“ aus dem Projekt „Mobilität & IKT“ zurückgegriffen (siehe hierzu Abschnitt 2.1.3). Wie die Analysen in Abschnitt 2.1.3 unterstreichen, geht von beiden Orientierungen ein bedeutender Einfluss auf das Verkehrsverhalten aus, der im Falle der Autoaffinität sogar als erheblich bezeichnet werden kann.

Welche Anteilswerte für diese Typen in der deutschen Bevölkerung aktuell vorliegen, ist in Tabelle 5.2 dargestellt. Die Datenbasis hierfür sind Befragungsergebnisse aus dem Projekt „Mobilität & IKT“, in dem eine für Deutschland repräsentative Erhebung stattfand. Die Tabelle zeigt: Die autoaffinen Typen umfassen derzeit mit über 70 % eine deutliche Mehrheit der Bevölkerung. Diese Dominanz ist in Großstädten allerdings weniger stark ausgeprägt. Außerdem ist in Großstädten der Anteil der Orientierungstypen mit hoher Affinität zur Multioptionalität höher. Ein Blick speziell auf die Jüngeren (18–29 Jahre) verdeutlicht, dass für diese Gruppe ein überdurchschnittlicher Anteil beim Typus „Auto – / Multi +“ vorliegt und ein unterdurchschnittlicher beim Typus „Auto + / Multi –“. Dies gilt sowohl für die Jüngeren in Großstädten als auch für diejeni-

gen, die in Gebieten außerhalb wohnen. Zusätzlich ist bei der letzteren Gruppe noch der Typus „Auto + / Multi +“ überdurchschnittlich stark vertreten. Insgesamt kommt in den Ergebnissen damit noch mal zum Ausdruck, was in Abschnitt 2.1.3 bereits für die Jüngeren festgestellt wurde: Sie besitzen im Vergleich zu der Durchschnittsbevölkerung eine geringere Autoaffinität und eine höhere Affinität zur Multioptionalität. Schlussendlich ist in Tabelle 5.2 noch abgebildet, wie die Verteilung für die Bevölkerung in Baden-Württemberg aussieht. Es zeigt sich, dass diese im Vergleich zur bundesdeutschen ein wenig autoaffiner ist. Der Grund hierfür scheint allerdings nicht kultureller Natur zu sein, sondern liegt im geringeren Anteil an Großstädtern im Vergleich zur bundesdeutschen Bevölkerungsverteilung. Denn der Unterschied verschwindet fast vollständig, wenn man sie mit einer Verteilung für Deutschland vergleicht, die an die Bevölkerungsverteilung von Baden-Württemberg angepasst ist (letzte Zeile in Tabelle 5.2).

finität und eine eher hohe Affinität zur Multioptionalität von einer breiten Mehrheit der Bevölkerung geteilt werden. Hiervon abweichend wird für das zweite Szenario angenommen, dass jeweils die Hälfte der Bevölkerung eine eher niedrige bzw. eher hohe Autoaffinität besitzt. Eine positive Einstellung gegenüber Multioptionalität liegt hingegen auch in diesem Szenario bei einer großen Mehrheit der Bevölkerung vor. Die Werte für das dritte Szenario orientieren sich an den heutigen Ausprägungen der 18- bis 29-Jährigen. Den Hintergrund hierfür bildet die Annahme, dass die veränderten Mobilitätsorientierungen der Jüngeren sich bis 2050 auf alle Altersgruppen ausgedehnt haben. Darüber hinaus erfolgte bei den Nicht-Autoaffinen eine zusätzliche Verschiebung in Richtung Multioptionalität. Die Begründung hierfür ist die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung. Schlussendlich wird für alle drei Szenarien zusätzlich davon ausgegangen, dass sich die Typenanteile auch in Zukunft entsprechend den heutigen Tendenzen zwischen Groß-

**TABELLE 5.2: AKTUELLE ANTEILE DER ORIENTIERUNGSTYPEN (JAHR 2014)**

|   | Auto - /<br>Multi - | Auto - /<br>Multi + | Auto + /<br>Multi - | Auto + /<br>Multi + |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bevölkerung Deutschland ab 18 Jahren  | 11%                 | 17%                 | 42%                 | 30%                 |
| Bevölkerung Deutschland Großstädte  | 17%                 | 25%                 | 25%                 | 33%                 |
| Bevölkerung Deutschland außerhalb von Großstädten   | 8%                  | 13%                 | 50%                 | 29%                 |
| Bevölkerung Deutschland 18 bis 29 Jahre   | 9%                  | 25%                 | 30%                 | 36%                 |
| Bevölkerung Deutschland 18 bis 29 Jahre in Großstädten  | 12%                 | 34%                 | 19%                 | 35%                 |
| Bevölkerung Deutschland 18 bis 29 Jahre außerhalb von Großstädten   | 7%                  | 20%                 | 37%                 | 37%                 |
| Bevölkerung Baden-Württemberg ab 18 Jahren  | 8%                  | 15%                 | 48%                 | 29%                 |
| Verteilung für Deutschland, wenn die Bevölkerungsaufteilung auf Großstädte und außerhalb gleich wie in Baden-Württemberg wäre | 10%                 | 15%                 | 46%                 | 30%                 |

Quelle: eigene Berechnungen; Datenbasis: Befragungsdaten aus dem ISOE-Projekt „Mobilität & IKT“, n = 1.088

Mit den Typen lassen sich für die Szenarien die jeweiligen Entwicklungen bei den Mobilitätsorientierungen abbilden. Hierfür müssen entsprechende Annahmen bezogen auf die Anteile der einzelnen Typen getroffen werden, welche in Tabelle 5.3 für das Jahr 2050 aufgeführt sind. Beim Szenario „Neue Mobilitätskultur“ fand die Festlegung der Werte unter Beachtung der Rahmenvorgabe statt, dass eine eher niedrige Autoaf-

städten und außerhalb unterscheiden – also in den Großstädten die Autoaffinität weiterhin verhältnismäßig geringer und die Affinität gegenüber Multioptionalität verhältnismäßig höher ist. Daher wurde bei der Setzung der Anteilswerte zwischen Großstadt und außerhalb differenziert und die Werte wurden dabei unter Berücksichtigung der beschriebenen Tendenzen festgelegt.

**TABELLE 5.3: ANGENOMMENE ANTEILE DER ORIENTIERUNGSTYPEN IN DEN SZENARIEN (JAHR 2050)**

|                                     | <b>Auto – / Multi –</b>                           | <b>Auto – / Multi +</b> | <b>Auto + / Multi –</b> | <b>Auto + / Multi +</b> |
|-------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Szenario „Neue Individualmobilität“ | 5% Großstädte/<br>4% außerhalb von<br>Großstädten | 40% / 20%               | 20% / 38%               | 35% / 38%               |
| Szenario „Neue Dienstleistungen“    | 3% / 2%   | 60% / 40%               | 10% / 20%               | 27% / 38%               |
| Szenario „Neue Mobilitätskultur“    | 3% / 2%   | 85% / 70%               | 2% / 8%                 | 10% / 20%               |

Quelle: eigene Annahmen

Für die Szenarien ist neben den Annahmen zum Zustand im Jahr 2050 insbesondere auch die Frage relevant, wie der Transformationspfad hin zu diesen Zukunftsbildern aussieht. Neue Technologien und Mobilitätsangebote, die MIV-Alternativen und Multimodalität attraktiver machen, sind in den Szenarien ein zentraler Motor für den Wandel der Mobilitätsorientierungen. Bezüglich dieser treibenden Faktoren besteht aber auch die Annahme, dass entscheidende Sprünge erst nach 2030 stattfinden. Dies leitet sich vor allem aus zwei Aspekten ab: Zum einen wird vollständig autonomes Fahren erst für nach 2030 in den Szenarien angenommen. Zum anderen haben Eingriffe in die Infrastruktur in der Regel einen längeren zeitlichen Vorlauf. Infrastrukturänderungen, die die Transformation stützen und miterzeugen, dürften sich also in vielen Fällen nur langfristig umsetzen lassen. Zudem zeichnen sich zwar einzelne Ansätze für veränderte Einstellungen und Verhalten bereits heute ab (siehe die Darstellung der Autoaffinität der Jüngeren oben), aber noch ist man von einem grundsätzlichen Wandel relativ weit entfernt.

Diesen Überlegungen folgend wird für die Szenarien „Neue Individualmobilität“ und „Neue Dienstleistungen“ kein linearer Verlauf beim Wandel der Mobilitätsorientierungen erwartet, sondern eine Entwicklung, die vor 2030 verhältnismäßig schwächer und im Zeitraum danach stärker ist. Konkret wird angenommen, dass 30% der oben dargestellten Veränderungen bis zum Jahr 2030 erreicht ist (ausgehend vom Basisjahr 2014 entsprächen 44,4% einem linearen Verlauf).

Für das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ sind die obigen Annahmen bezüglich des Technologie- und Infrastrukturwandels ebenfalls relevant. Allerdings besteht hier zusätzlich die Annahme, dass ein einschneidender Wandel hin zu einer nahräumlich aus-

gerichteten Mobilitätskultur, wie er in diesem Szenario angenommen wird, in besonderem Maße einen gewissen Wandel der Orientierungen bereits voraussetzt. Ansonsten drohen Akzeptanz- und Legitimationsprobleme, die die Transformation erschweren oder gar verhindern. Der Wandel der Orientierungen ist in diesem Szenario also in stärkerem Maße schon eine Voraussetzung für den Transformationsprozess. Folglich ist es im Rahmen dieses Szenario besonders wichtig, dass von politischer Seite frühzeitig mit zusätzlichen Maßnahmen (z. B. Kommunikationsprogramme oder partizipative Pilotprojekte zu autofreier Mobilität) auf einen Bewusstseinswandel hingewirkt wird. Daher wird bei diesem Szenario (unter der Voraussetzung, dass solche Maßnahmen erfolgreich durchgeführt wurden) kein verhältnismäßig langsamerer Wandel der Mobilitätsorientierungen für die Zeit vor 2030 angenommen. Stattdessen wird von einem linearen Verlauf ausgegangen, der vor allem vor 2030 durch Bewusstseinsmaßnahmen mitgetragen wird, während nach 2030 die Effekte durch neue Angebote und Infrastrukturveränderungen zunehmen.

### 5.1.5. ENTWICKLUNG DER BEVÖLKERUNGSZAHL UND -VERTEILUNG

Eine weitere Einflussgröße, die für die Bestimmung des Personenverkehrs herangezogen wird, ist die Bevölkerungsanzahl, denn ihre Entwicklung beeinflusst, welchen Umfang der Personenverkehr in Zukunft insgesamt einnimmt. Des Weiteren müssen durch die getrennte Betrachtung von Großstädten und den übrigen Räumen Annahmen getroffen werden, wie sich die Bevölkerung auf diese beiden Raumkategorien zukünftig aufteilt. Für beide Aspekte wird auf die aktuellen Prognosen des Statistischen Landesamtes von Baden-Württemberg zurückgegriffen (Brachat-

Schwarz 2016). Sie zeigt, dass die Bevölkerungsanzahl in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2030 von 10,72 auf 11,13 Mio. steigt und danach bis 2050 wieder etwas zurückgeht (10,95 Mio.). Bezogen auf die Entwicklung der Bevölkerungsverteilung reichen die Prognosen nur bis zum Jahr 2035. Nach den prognostizierten Zahlen verändert sich die prozentuale Aufteilung der Bevölkerung auf die beiden Räume in den nächsten 20 Jahren nur minimal. Bis zum Jahr 2025 steigt der Bevölkerungsanteil der Großstädte geringfügig an, während er danach bis 2035 annähernd gleich bleibt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017).

Bezogen auf die Bevölkerungsanzahl wird in allen drei Szenarien eine Entwicklung entsprechend der Prognose des Statistischen Landesamtes angenommen. Bei der Bevölkerungsaufteilung auf die beiden Räume sind die Entwicklungen in den Szenarien jedoch unterschiedlich. Beim Szenario „Neue Mobilitätskultur“ werden Ballungsräume und Zentren in besonderem Maße gestärkt, sodass hier von etwas größeren Zugewinnen der Großstädte ausgegangen wird als in der Prognose des Statistischen Landesamtes. Das Szenario „Neue Mobilitätsdienstleistungen“ folgt der Bevölkerungsaufteilung aus der Prognose. Das heißt, hier wird bis zum Jahr 2025 eine geringfügige Verlagerung hin zu den Großstädten erwartet. Anschließend verharrt dann die Bevölkerungsaufteilung auf diesem Verhältnis. Beim Szenario „Neue Individualmobilität“ kommt es dagegen durch die Automatisierung zu einer Trendumkehr und damit zu einer Stärkung von Gebieten mit geringerer Bevölkerungsdichte. Welche Werte jeweils für die Szenarien konkret angenommen werden, ist in Tabelle 5.4 abgebildet.

Beim Szenario „Neue Mobilitätsdienstleistungen“ wird, wie oben beschrieben, ab dem Jahr 2025 von einer konstanten Bevölkerungsaufteilung auf die beiden Raumkategorien ausgegangen. Dementsprechend werden für die Jahre 2030 und 2050 die gleichen Werte herangezogen. Für die anderen beiden Szenarien wird analog zur Entwicklung der Mobilitätsorientierungen für die Bevölkerungsverteilung angenommen, dass die Effekte durch die starke Nahraumorientierung (Szenario „Neue Mobilitätskultur“) und Automatisierung (Szenario „Neue Individualmobilität“) nach 2030 stärker durchschlagen. Folglich besteht die Annahme: Von den zusätzlichen bzw. abweichenden Veränderungen gegenüber der Prognose des Statistischen Landesamtes sind bis 2030 erst 30 % erfolgt.

### 5.1.6. ANNAHMEN ZUR PKW-BESITZQUOTE DER ORIENTIERUNGSTYPEN

Es liegt auf der Hand und Studienergebnisse zeigen es (z.B. infas; DLR 2010: 68), dass das Verkehrsverhalten durch das Vorhandensein eines eigenen Autos stark beeinflusst wird. Für die Herleitung des Personenverkehrs werden daher als weitere Einflussgrößen die Pkw-Besitzquoten der vier Orientierungstypen herangezogen. Dabei ist mit der Pkw-Besitzquote der Anteil derjenigen gemeint, bei denen ein Auto im Haushalt vorhanden ist. Über die Verkehrsnachfrage hinausgehend stellen die Werte, die zu den Pkw-Besitzquoten im Folgenden angenommen werden, zudem zentrale Parameter für die Bestimmung des Pkw-Bestandes dar (siehe hierzu Abschnitt 5.4.2.8).

|  | <b>Großstädte</b> | <b>Außerhalb von Großstädten</b> |
|--|-------------------|----------------------------------|
| Baden-Württemberg 2014*                            | 18,2 %            | 81,8 %                           |
| Prognose 2025*                                     | 18,6 %            | 81,4 %                           |
| Prognose 2035*                                     | 18,5 %            | 81,5 %                           |
| Annahme Szenario „Neue Individualmobilität“ (2050) | 17,0 %            | 83,0 %                           |
| Annahme Szenario „Neue Dienstleistungen“ (2050)    | 18,5 %            | 81,5 %                           |
| Annahme Szenario „Neue Mobilitätskultur“ (2050)    | 20,0 %            | 80,0 %                           |

\*Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017, eigene Darstellung

Zur Bestimmung der Pkw-Besitzquoten für die Orientierungstypen wurden zuerst einmal Ausgangswerte auf Basis von Befragungsdaten berechnet (siehe hierzu Tabelle 5.5). Hierfür kamen wieder die Daten aus dem ISOE-Projekt „Mobilität & IKT“ zum Einsatz.

berücksichtigen, wurden anhand der Befragungsdaten entsprechende Abschlüsse bestimmt. Hierfür wurden Items zur Carsharing-Affinität herangezogen und die Großstädter entsprechend dieser Items in eine Gruppe mit eher hoher und in eine Gruppe mit eher

**TABELLE 5.5: PKW-BESITZQUOTE DER ORIENTIERUNGSTYPEN: AUSGANGSWERTE AUF BASIS DER BEFRAGUNGSDATEN**

|  | Auto - / Multi - | Auto - / Multi + | Auto + / Multi - | Auto + / Multi + |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Bevölkerung Deutschland ab 18 Jahren                                       | 26%              | 48%              | 97%              | 94%              |
| Bevölkerung Deutschland Großstädte   | 15%              | 48%              | 94%              | 90%              |
| Bevölkerung Deutschland außerhalb von Großstädten                          | 37%              | 47%              | 97%              | 96%              |
| Bevölkerung Deutschland Großstädte mit eher hoher Affinität zum Carsharing | 13%              | 45%              | 83%              | 77%              |

Quelle: eigene Berechnungen; Datenbasis: Befragungsdaten aus dem ISOE-Projekt „Mobilität & IKT“, n = 1.088

Als Startpunkt für die Ableitung werden im Falle beider Raumkategorien (also nicht nur bei der Raumkategorie „Großstädte“, sondern auch bei der Kategorie „außerhalb von Großstädten“) die Ausgangswerte für die deutschen Großstädte übernommen. Bezogen auf die Raumkategorie „außerhalb von Großstädten“ sollen auf diese Weise Effekte durch Verbesserungen des ÖV- und Carsharing-Angebots abgebildet werden, wie sie in den Szenarien beschrieben sind.

Eine andere Entwicklung in den Szenarien ist, dass die Carsharing-Affinität infolge von Digitalisierung und größerem Angebotsumfang ansteigt. Dies dürfte zu einer zusätzlichen Absenkung der Pkw-Besitzquote führen. Entsprechend den Szenario-Annahmen besteht die höchste Carsharing-Affinität im Szenario „Neue Mobilitätsdienstleistungen“ und die niedrigste im Szenario „Neue Individualmobilität“. Um diese Entwicklung bei der Festlegung der Pkw-Besitzquoten zu

niedriger Carsharing-Affinität geteilt. Berechnet man die Pkw-Besitzquoten für diese Gruppen getrennt, zeigt sich, dass – wie erwartet – für diejenige mit eher hoher Carsharing-Affinität niedrigere Pkw-Besitzquoten vorliegen. Auf Basis der Werte für diejenigen mit eher hoher Carsharing-Affinität (siehe hierzu die letzte Zeile in Tabelle 5.5) erfolgte dann die Bestimmung der Abschlüsse. Im Falle des Szenarios „Neue Dienstleistung“ betragen die Abschlüsse jeweils die volle Differenz zu den Werten, die auf Basis aller Großstädter berechnet wurden. Es werden hier also die Werte für Großstädter mit eher hoher Carsharing-Affinität übernommen. Beim Szenario „Neue Mobilitätskultur“ werden jeweils zwei Drittel der Differenz von den Werten für alle Großstädter abgezogen und beim Szenario „Neue Individualmobilität“ ein Drittel der Differenz. Welche genauen Ausgangswerte sich nach diesem zweiten Teilschritt anhand der Befragungsdaten schließlich ergeben, ist in Tabelle 5.6 aufgeführt.

**TABELLE 5.6: PKW-BESITZQUOTE DER ORIENTIERUNGSTYPEN: AUSGANGSWERTE INKLUSIVE ABSCHLÜGEN WEGEN HÖHERER CARSHARING-AFFINITÄT**

|                                     | Auto - / Multi - | Auto - / Multi + | Auto + / Multi - | Auto + / Multi + |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Szenario „Neue Individualmobilität“ | 14%              | 47%              | 90%              | 86%              |
| Szenario „Neue Dienstleistungen“    | 13%              | 45%              | 83%              | 77%              |
| Szenario „Neue Mobilitätskultur“    | 14%              | 46%              | 86%              | 81%              |

Quelle: eigene Berechnungen; Datenbasis: Befragungsdaten aus dem ISOE-Projekt „Mobilität & IKT“, n = 1.088

Verschiedene Entwicklungen, die in den Szenarien angenommen werden, lassen sich mit den Befragungsdaten allerdings nicht (vollständig) abbilden. Bezogen auf alle Szenarien betrifft dies die Wirkung der zukünftigen ÖV- und Carsharing-Angebote, die entsprechend den Szenarioannahmen durch Automatisierung, Digitalisierung und politische Maßnahmen deutlich attraktiver werden (z.B. leichter Zugang, bessere Verknüpfung, höhere Flexibilität, dichteres Angebot). Speziell mit Blick auf das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ sind damit zudem die Kostensteigerungen für die Anschaffung und Nutzung eines eigenen Pkw sowie die Wirkung der deutlich stärkeren Nahraumorientierung gemeint. Daher wurden in einem weiteren Schritt Annahmen zu zusätzlichen Abschlägen getroffen, die von den aus den Befragungsdaten gewonnenen Pkw-Besitzquoten abgezogen werden.

So wurden für die nicht-autoaffinen Typen die folgenden Annahmen getroffen: Durch die Automatisierung und die neuen/erweiterten ÖV-/Carsharing-Angebote gibt es bei diesen Orientierungstypen kaum noch Personen, die entgegen ihrer eigentlichen nicht-affinen Einstellung ein eigenes Auto für notwendig halten und demzufolge anschaffen (z.B. weil sie ansonsten bestimmte Aktivitäten nur schwer ausüben können). Die Pkw-Besitzquote wird daher bei diesen Typen auf 0 (Null) (Großstädte) bzw. annähernd 0 (Null) (außerhalb von Großstädten) runtergesetzt. Eine Ausnahme gibt es hier lediglich im Szenario „Neue Individualmobilität“ bei der Raumkategorie „außerhalb von Großstädten“. Da es in diesem Szenario außerhalb von Großstädten nur zu verhältnismäßig geringen Verbesserungen bei den ÖV- und Carsharing-Angeboten kommt, werden in diesem Fall keine weiteren Abschläge von den Werten der Nicht-autoaffinen vorgenommen. Stattdessen wird hier angenommen, dass die relativ geringen Verbesserungen bereits durch den ersten Herleitungsschritt adäquat berücksichtigt sind<sup>69</sup>.

Bei den autoaffinen Typen wird aufgrund ihrer Orientierung von höheren Pkw-Besitzquoten ausgegangen. Zugleich werden aber auch hier deutliche zusätzliche Reduktionen durch Automatisierung und neue/erweiterte ÖV-/Carsharing-Angebote angenommen. Dass es hierfür ein Potenzial gibt, unterstreichen Ergebnisse

aus anderen Studien. So zeigt die Umweltbewusstseinsstudie von 2016, dass Verbesserungen beim ÖV eine wichtige Stellschraube für weniger Autoverkehr darstellen. Laut der Studie sind nämlich von denjenigen, die täglich oder mehrmals pro Woche das Auto nutzen, etwa die Hälfte unter bestimmten Bedingungen bereit, häufiger den ÖV zu nutzen. Die Bedingung, die die Befragten dabei am häufigsten nannten, ist eine verbesserte ÖV-Anbindung (BMUB; UBA 2017b: 63). Wie viele es sich vorstellen können, ganz auf ein Auto zu verzichten, wurde in der Studie allerdings nicht gefragt. Hinweise hierzu liefert jedoch eine Befragung aus dem Projekt OPTUM (Zimmer et al. 2011). Hier wurde gefragt, inwieweit man es sich vorstellen kann auf das eigene Auto zu verzichten und nur noch mit Hilfe von IKT-gestützten Mobilitätskonzepten unterwegs zu sein<sup>70</sup>. In der Studie wurden ausschließlich Neuwagenkäufer befragt – also eine Gruppe, die eine deutlich überdurchschnittliche Autoaffinität haben dürfte. Nichtsdestotrotz kann sich etwa ein Drittel dieser Befragten gut bzw. eventuell vorstellen, auf ein eigenes Auto unter diesen Voraussetzungen zu verzichten. Das Ergebnis verdeutlicht: Selbst unter autoaffinen Personen gibt es ein beträchtliches Potenzial für eine Mobilität ohne eigenes Auto. Und dieses Potenzial dürfte sich noch weiter erhöhen. Denn entsprechend der Szenarioannahmen werden die ÖV- und Carsharing-Angebote durch die Automatisierung deutlich flexibler, als es sich die Neuwagenkäuferinnen und -käufer in der Befragung vorgestellt haben dürften. Schließlich ist noch festzuhalten, dass das Reduktionspotenzial bei den beiden autoaffinen Typen unterschiedlich hoch sein dürfte. Es dürfte beim Typus Auto + / Multi + größer sein, da aufgrund seiner eher hohen Affinität zur Multioptionalität die neuen/erweiterten ÖV-Angebote stärker wirken. Außerdem ist bezogen auf den anderen autoaffinen Typus (Auto + / Multi –) davon auszugehen, dass bei ihm die zusätzlichen Reduktionen vor allem von der Qualität der zukünftigen Carsharing-Angebote abhängen.

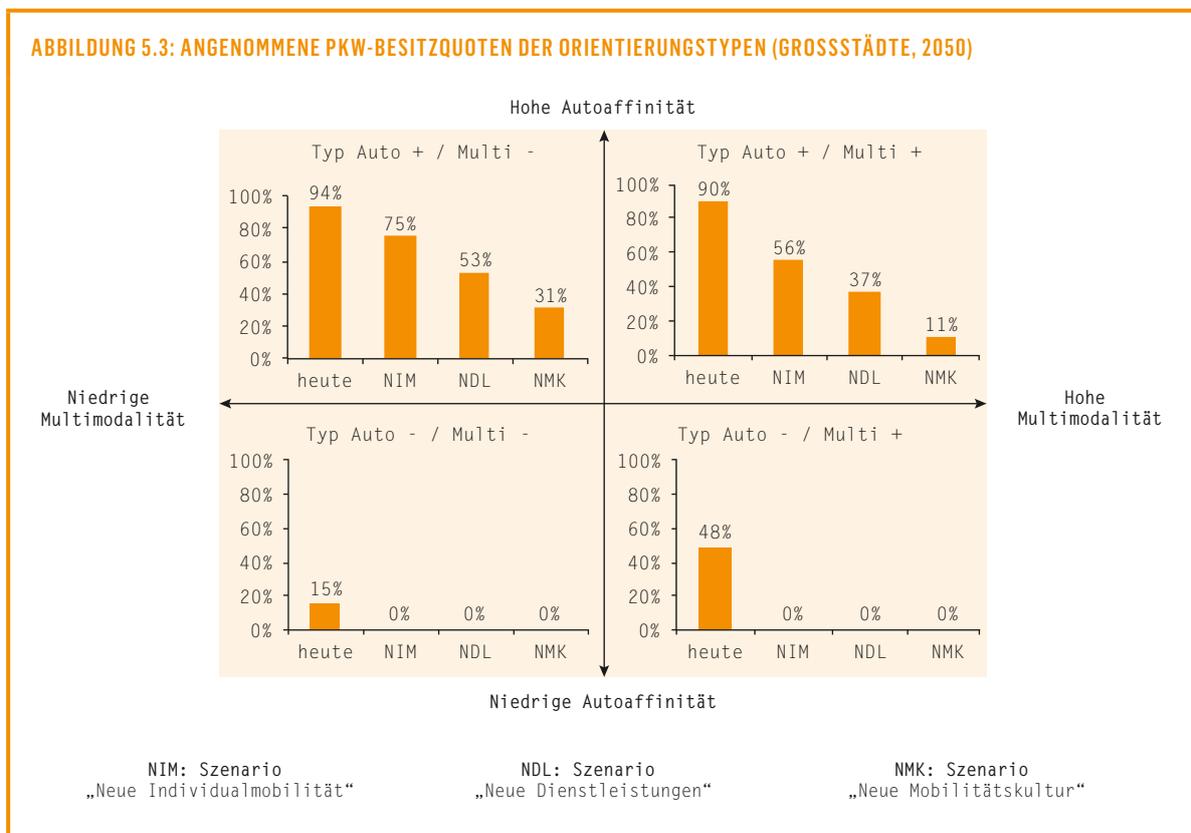
69 Genau genommen ist damit gemeint, dass im ersten Ableitungsschritt für beide Raumkategorien auf die aktuellen Werte der Kategorie Großstadt zurückgegriffen wird.

70 Der genaue Fragetext lautete wie folgt: „Man kann sich in Zukunft vorstellen, dass alle Verkehrsmittel zeitnah und flexibel (also ohne Buchung) auf einem leistungsfähigen Handy (Smartphone) vernetzt dargestellt sind. Außerdem navigiert mich das Handy zum Standort von Miet- oder Car-Sharing-Fahrzeugen und liefert Abfahrtszeiten von öffentlichen Verkehrsmitteln und Preise. Ich kann sogar wählen, ob ich die billigste, die schnellste oder die umweltfreundlichste Variante fahren möchte. Inwieweit wäre es für Sie vorstellbar, kein eigenes Auto mehr zu besitzen und stattdessen nur noch mit Hilfe solcher Mobilitätskonzepte unterwegs zu sein?“

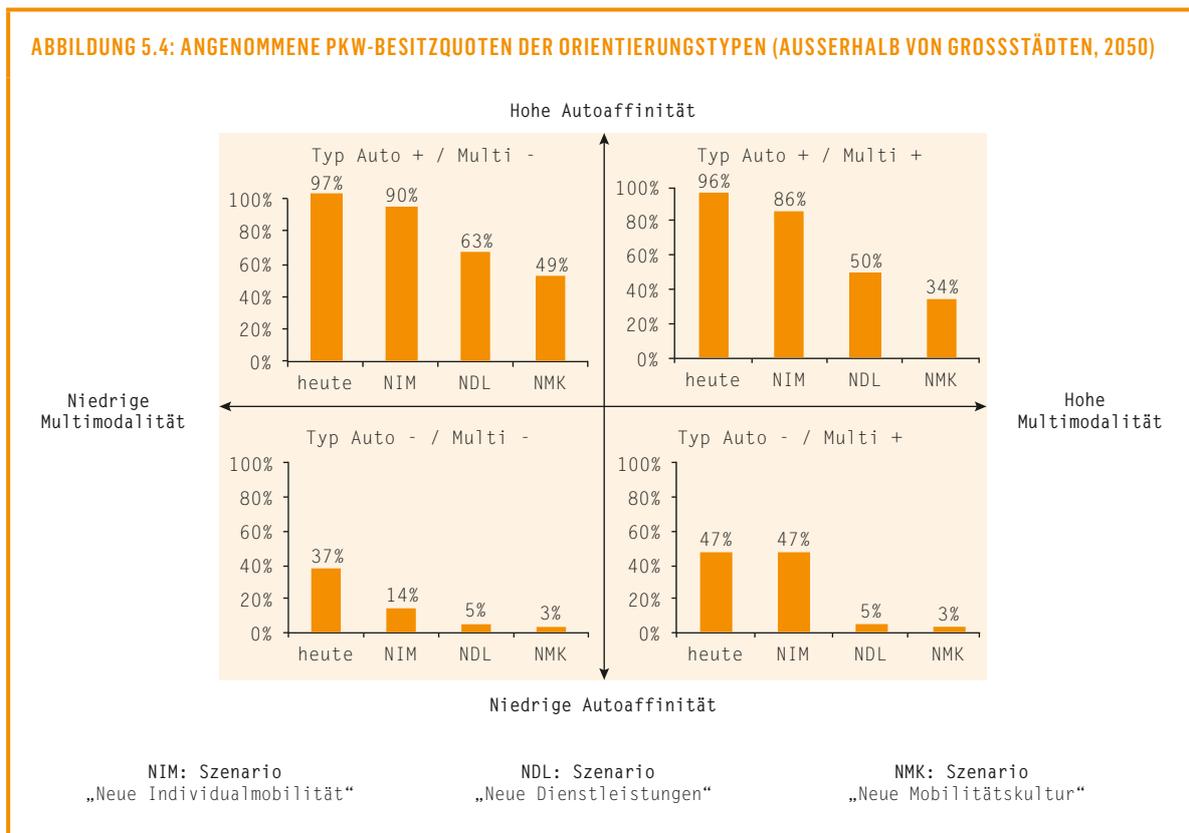
Basierend auf diesen Überlegungen und Studienergebnissen wird für das Szenario „Neue Individualmobilität“ bezüglich der Raumkategorie Großstadt angenommen, dass die neuen/erweiterten ÖV/Carsharing-Angebote zu zusätzlichen Reduktionen von 15 Prozentpunkten (Typ Auto + / Multi -) bzw. 30 Prozentpunkten (Typ Auto + / Multi +) führen. Für die Räume außerhalb von Großstädten werden mit der gleichen Begründung wie im Falle der nicht-autoaffinen Typen keine zusätzlichen Reduktionen vorgenommen. Bezüglich des Szenarios „Neue Dienstleistungen“ besteht die Annahme, dass die zusätzlichen Reduktionen noch höher sind, da die Carsharing-Affinität in diesem Szenario höher ist und entsprechende Angebote somit stärker wirken. Der Typus Auto + / Multi + erhält hier einen Abschlag von 30% und der Typus Auto + / Multi - einen von 40%. Weil es in diesem Szenario außerhalb der Großstädte flächendeckend zu erheblichen Verbesserungen des ÖV- und Carsharing-Angebots kommt, werden hier auch für die Raumkategorie „außerhalb der Großstädte“ zusätzliche Reduktionen angenommen. Es besteht die Annahme, dass diese jeweils um ein Drittel geringer sind.

Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ werden die Pkw-Besitzquoten zusätzlich durch höhere Kosten für ein eigenes Auto und durch die starke Nahraumorientierung reduziert, sodass hier die größten Abschlüsse erfolgen. Es wird angenommen, dass die verschiedenen Entwicklungen bezogen auf die Raumkategorie „Großstädte“ insgesamt zu zusätzlichen Reduktionen von 55 Prozentpunkten (Typus Auto + / Multi-) bzw. 70 Prozentpunkten (Auto + / Multi +) führen. Nach diesem Szenario ist damit bei den großstädtischen Autoaffinen nur noch bei jedem dritten bzw. bei jedem zehnten ein Auto im Haushalt vorhanden. Bezogen auf die Raumkategorie „außerhalb von Großstädten“ wird analog zum Szenario „Neue Dienstleistungen“ jeweils von um ein Drittel geringeren Reduktionen ausgegangen.

Die Abbildung 5.3 und Abbildung 5.4 liefern einen Überblick, welche Pkw-Besitzquoten sich nach Berücksichtigung der Abschlüsse ergeben und welche somit letztendlich für die Szenarien im Jahr 2050 angenommen werden.



Quelle: eigene Darstellung



Quelle: eigene Darstellung

Ebenso wie bei den Mobilitätsorientierungen stellt sich bei den Pkw-Besitzquoten die Frage, wie der Pfad zum Zukunftsbild 2050 aussieht. Bezogen auf die Pkw-Besitzquoten wird für alle Szenarien angenommen, dass sie sich nicht linear, sondern nach 2030 verhältnismäßig stärker reduzieren. Ein Grund hierfür ist der vorhandene Bestand an Fahrzeugen und die Annahme, dass an diesen Fahrzeugen trotz der angenommenen Veränderungen (Orientierungen und externe Bedingungen) zu einem großen Anteil erst einmal festgehalten wird (z. B. bis sie kaputt sind oder nicht mehr rentabel). Des Weiteren wird die Entwicklung zunächst durch den Kohorteneffekt bei den Älteren gebremst: Autoaffinere Personen mit eigenem Fahrzeug rücken in dieses Alterssegment vor und ersetzen Personen ohne Auto (siehe hierzu Abschnitt 2.1). Schließlich ergibt sich ein solcher nicht-linearer Transformationsverlauf auch mit Blick auf die Einflüsse von Infrastrukturveränderungen und neuen/erweiterten Carsharing- und ÖV-Angeboten. Die Begründung ist hierbei die gleiche wie beim Wandel der Mobilitätsorientierungen.

Ausgehend von diesen Überlegungen wird für die Szenarien „Neue Dienstleistungen“ und „Neue Individualmobilität“ von Veränderungen bis 2030 ausgegangen, die deutlich unterhalb einer linearen Entwicklung liegen. Konkret besteht die Annahme: Im Jahr 2030 ist bei allen Orientierungstypen 20% des bis 2050 stattfindenden Rückgangs der Pkw-Besitzquote erreicht. Für das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ wird eine etwas schnellere Entwicklung erwartet (35% der Reduktion ist erfolgt). Verantwortlich hierfür sind zum einen die zusätzlichen Bewusstseinsmaßnahmen, denn diese wirken sich auch auf die Einstellung zum eigenen Auto aus. Zum anderen sind es die Kostensteigerungen, die dieses Szenario bezüglich der Anschaffung und Nutzung eines eigenen Pkw umfasst. Für sie wird angenommen, dass entsprechend wirkende Maßnahmen vor allem vor 2030 stattfinden, um die angestrebte Transformation frühzeitig einzuleiten.

### 5.1.7. ANNAHMEN BEZÜGLICH CARSHARING

Außerdem mussten Annahmen zu der Frage getroffen werden, welchen Anteil das Carsharing von den ermittelten MIV-Anteilen im Jahr 2050 einnimmt. Da im Szenario „Neue Dienstleistungen“ das beste Carsharing-Angebot und die höchste Carsharing-Affinität existieren, wurde davon ausgegangen, dass in diesem Szenario unabhängig davon, welche Personengruppe betrachtet wird, stets der höchste Anteilswert vorliegt. Des Weiteren wurde festgelegt, dass bei Personen mit eigenem Auto sich der Carsharing-Anteil generell auf einem niedrigen Niveau bewegt (je nach Szenario und Raum zwischen 2 % und 10 %). Bezogen auf die MIV-Wege von Personen ohne eigenes Auto in Großstädten wird dagegen jeweils ein sehr großer Carsharing-Anteil angenommen (75–85 %). Für die Kategorie „außerhalb von Großstädten“ gilt dies im Falle des Szenarios „Neue Dienstleistungen“ ebenfalls, während hier bei den anderen beiden Szenarien von einem deutlich niedrigeren Wert ausgegangen wird. Einen Überblick über die jeweils angenommenen Carsharing-Anteile am MIV liefert Tabelle 5.7.

wird diesbezüglich dagegen von 70 % ausgegangen. Denn aufgrund der großen Dichte ist hier die noch nicht vorhandene vollständige Automatisierung kein so großes Hemmnis.

### 5.1.8. ANNAHMEN BEZÜGLICH RIDESHARING UND NAHRAUMORIENTIERUNG

Beim Szenario „Neue Mobilitätskultur“ wurden zusätzliche Annahmen zur Abbildung von Ridesharing sowie Nahraumorientierung getroffen. Mit der starken nahräumlichen Ausrichtung im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ geht einher, dass mehr Gelegenheiten in der Nähe sind und somit allein aufgrund der sinkenden Entfernungen häufiger zu Fuß gegangen und Rad gefahren wird. Dies leuchtet zum einen intuitiv ein und lässt sich zum anderen konkret an Daten ablesen. So zeigen die Daten des Mobilitätspanels, dass mit geringeren Entfernungen der Anteil der Fuß- und Radwege deutlich zunimmt (Streit et al. 2014: 90). Wichtig ist nun, dass dieser Effekt durch die Änderungen bei den Typenanteilen noch nicht berücksichtigt

**TABELLE 5.7: ANGENOMMENE CARSHARING-ANTEILE VOM MIV-ANTEIL DES VERKEHRSaufKOMMENS IM JAHR 2050**

|                           |                                     | Orientierungstypen mit eigenem Pkw im Haushalt | Orientierungstypen ohne eigenen Pkw im Haushalt |
|---------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Großstädte                | Szenario „Neue Individualmobilität“ | 5 %  | 75 %  |
|                           | Szenario „Neue Dienstleistungen“    | 10 %   | 85 %  |
|                           | Szenario „Neue Mobilitätskultur“    | 5 %  | 75 %  |
| Außerhalb von Großstädten | Szenario „Neue Individualmobilität“ | 2 %  | 30 %  |
|                           | Szenario „Neue Dienstleistungen“    | 10 %   | 85 %  |
|                           | Szenario „Neue Mobilitätskultur“    | 2 %  | 30 %  |

Quelle: eigene Annahmen

Für den Anteil von Carsharing am Verkehrsaufkommen des MIV im Jahr 2030 wird angenommen, dass in Gebieten mit geringerer Dichte erst mit vollständig autonom fahrenden Pkw eine größere Verbreitung von Carsharing-Angeboten erzielt werden kann. Es wird für das Jahr 2030 daher festgelegt: Von dem Anteil, den das Carsharing bis zum Jahr 2050 in Gebieten außerhalb von Großstädten erzielt hat, sind bis zum Jahr 2030 erst 30 % erreicht. Für die Großstädte

wird, denn der ermittelte Modal Split für die Typen bezieht sich auf die heutige Infrastruktursituation. Bei einer vorteilhafteren Infrastruktur (= kürzere Entfernungen) dürften sich die Anteilswerte der Typen somit jeweils in Richtung höhere Anteile für aktive Mobilität verschieben. Konkret wird angenommen, dass die Anteile des Fuß- und Radverkehrs durch diesen Effekt jeweils um drei Prozentpunkte ansteigen. Bezogen auf die Angaben aus dem Mobilitätspanel wäre ein solcher

Effekt im Falle der Fußwege zum Beispiel dann erreicht, wenn sich der Anteil der Wege bis zwei Kilometer um sechs Prozentpunkte erhöht (siehe hierzu ebenfalls Streit et al. 2014: 90). Die zusätzlichen Prozentpunkte werden durch Abzüge bei den anderen drei Kategorien kompensiert. Dies erfolgt nicht proportional entsprechend der Anteile. Stattdessen wird angenommen, dass der MIV verhältnismäßig mehr verliert als ÖV und Carsharing, weil Maßnahmen und Infrastrukturentwicklung eher in diese Richtung wirken (z. B. weil mit ihnen die Verknüpfung von aktiver Mobilität mit ÖV/Carsharing gefördert wird).

Bezogen auf die gerade erläuterten Zuschläge zum Fuß- und Radanteil wird analog zum Wandel der Mobilitätsorientierungen eine lineare Entwicklung bis zum Jahr 2050 erwartet. Außerdem wird bei diesem Szenario davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2030 durch die frühzeitige Förderung einer nahräumlichen Orientierung weitere Verschiebungen hin zum Fuß- und Radverkehr von jeweils plus drei Prozentpunkt beim Modal Split des Verkehrsaufkommens bereits stattgefunden haben. Das heißt, für den Fuß- und Radverkehr wird hier im Vergleich zum ÖV und Carsharing eine schnellere Entwicklung angenommen. Die Zuschläge zum Fuß- und Fahrradanteil am Verkehrsaufkommen betragen demnach für das Jahr 2030 insgesamt jeweils 4,3 Prozentpunkte.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des Szenarios „Neue Mobilitätskultur“ ist zudem, dass öffentliches Ridesharing als eine zentrale Komponente des ÖV-Angebots angenommen wird. Der Anteil des ÖV setzt sich bei diesem Szenario also aus solchen Angeboten und aus dem „klassischen“ ÖV, wie wir ihn heute kennen, zusammen. Das heißt, Straßen-, Stadt- und U-Bahnen sowie Fernbusse bleiben auch bei Einführung eines solchen öffentlichen Ridesharing-Systems bestehen. Es wird angenommen, dass ein solches voll-autonomes Ridesharing-System erst nach 2030 möglich wird. Für den Anteil des öffentlichen Ridesharing am gesamten ÖV besteht die Annahme, dass dieses im Jahr 2050 zu 80 % den Verkehr mit Linienbussen ersetzt und so attraktiv ist, dass zusätzlich fünf Prozentpunkte der Verkehrsleistung des öffentlichen Verkehrs mit Ridesharing-Fahrzeugen erbracht werden. Damit liegt der Anteil des Ridesharing an der gesamten ÖV-Verkehrsleistung im Jahr 2050 bei rund 20 %.

### 5.1.9. HERLEITUNG DES WEGBEZOGENEN MODAL SPLIT

Die erste zentrale Größe des Personenverkehrs, die für jedes Szenario hergeleitet wird, ist der Modal Split des Verkehrsaufkommens. Die vier Orientierungstypen und ihre Anteile in den Szenarien sind hierfür der Ausgangspunkt. Des Weiteren wird angenommen, dass das Vorhandensein eines eigenen Autos auch in Zukunft das Verkehrsverhalten beeinflusst. Bei den Orientierungstypen wird daher für die Ermittlung des Modal Splits jeweils zwischen Personen mit eigenem Auto und Personen ohne eigenes Auto im Haushalt unterschieden. Darüber hinaus werden die beiden Raumkategorien „Großstädte“ und „außerhalb von Großstädten“ getrennt betrachtet, damit die unterschiedlichen Annahmen zu diesen Räumen miteinfließen können. Für die Berechnung des wegebezogenen Modal Splits wird damit insgesamt zwischen 16 Personengruppen differenziert.

Für jede dieser Personengruppen wurde der aktuelle Modal Split des Verkehrsaufkommens abgeschätzt. Hierfür sind Daten notwendig, die sowohl die Orientierungen als auch wegebezogene Angaben zum Verkehrsverhalten umfassen. Auf die großen Mobilitätsbefragungen (Mobilitätspanel, MID, SrV) trifft dies nicht zu, da sie keine Daten zu Mobilitätsorientierungen enthalten. Auch die Studie „Mobilität & IKT“ konnte hierfür nicht herangezogen werden, weil bei ihr kein wegebezogenes Verkehrsverhalten, sondern die durchschnittliche Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln erhoben wurde. Eine aktuelle Studie, die beide Aspekte beinhaltet, stellt hingegen das Projekt share dar. Die Berechnungen erfolgten daher auf Basis von Daten aus diesem Projekt<sup>71</sup>. In share wurden die gleichen Einstellungswerte wie in der Studie „Mobilität & IKT“ berücksichtigt. Demzufolge konnte die Typenabgrenzung und -ermittlung auf die gleiche Weise erfolgen. Zum Verkehrsverhalten enthält der Datensatz Angaben zu einem vorgegebenen Stichtag, die für die Berechnung des wegebezogenen Modal Splits der Personengruppe herangezogen werden können. Bei der Berechnung des Modal Splits wurde bei jedem zurückgelegten Weg auf das Hauptverkehrsmittel fokussiert und die Angaben zu dem genutzten Hauptverkehrsmittel wurden je-

<sup>71</sup> Bei share handelt es sich um ein Projekt, in dem die Auswirkungen des flexiblen Carsharing auf das Verkehrsverhalten der Nutzerinnen und Nutzer untersucht werden. Dabei wurde neben einer Nutzendengruppe auch eine Kontrollgruppe befragt, die kein flexibles Carsharing nutzt. Diese letzte Gruppe wurde für die Auswertungen herangezogen.

weils zu vier Kategorien zusammengefasst: MIV als Fahrer/in oder Mitfahrer/in, ÖV, Fahrrad und zu Fuß. Die Daten aus dem Projekt share sind allerdings nicht repräsentativ. So besitzen hier alle Befragten einen Führerschein, sie stammen größtenteils aus Großstädten oder hochverdichteten Kreisen und Personen über 60 Jahre sind unterrepräsentiert. Die Werte können daher nicht einfach übernommen werden, sondern müssen ins Verhältnis zu aktuellen repräsentativen Zahlen für Baden-Württemberg gesetzt werden. Daher wurden bei jeder Personengruppe die ermittelten Anteile der Verkehrsmittel auf die Ausgangsbasis (siehe Kapitel 5.1.2) kalibriert. Tabelle 5.8 zeigt den nach Regionstyp differenzierten Modal Split für das Ausgangsjahr 2010.

### 5.1.10. HERLEITUNG DER VERKEHRSLEISTUNG

Als zweite zentrale Größe des Personenverkehrs wird für die einzelnen Verkehrsmittel die Verkehrsleistung (zurückgelegte Personenkilometer pro Zeiteinheit) bestimmt. Neben dem Modal Split des Verkehrsaufkommens werden hierfür die folgenden Größen herangezogen: Das Verkehrsaufkommen pro Person (also die Anzahl Wege pro Person und Tag), die durchschnittlichen Wegelängen der Verkehrsmittel und die Gesamtanzahl der Bevölkerung. Die Berechnung erfolgt, indem mit den ersten drei Größen die Verkehrsleistung pro Person und Tag ermittelt und anschließend dieses Ergebnis mit der Bevölkerungszahl des Jahres und der Anzahl der Tage pro Jahr multipliziert wird.

|                              | Großstädte | Außerhalb von Großstädten |
|------------------------------|------------|---------------------------|
| MIV und Carsharing           | 46,3%      | 59,8%                     |
| ÖV                           | 16,4%      | 8,9%                      |
| Fahrrad (inklusive Pedelecs) | 12,9%      | 9,3%                      |
| Zu Fuß                       | 24,3%      | 22,1%                     |

Quelle: MID-Daten für Baden-Württemberg von 2008, (Schubert 2014), eigene Berechnungen

Aus dem so ermittelten wegebezogenen Modal Split der einzelnen Personengruppen (inklusive Carsharing als fünfte Kategorie) wurden anschließend unter Berücksichtigung der angenommenen Anteile für die einzelnen Personengruppen<sup>72</sup>, der Bevölkerungsaufteilung auf die beiden Raumkategorien und den Zu- bzw. Abschlägen aufgrund der stärkeren Nahraumorientierung (nur Szenario „Neue Mobilitätskultur“) Gesamtwerte berechnet.

Für die Anzahl der Wege pro Person und Tag wird angenommen, dass sie bis 2050 konstant bei 3,6 bleibt<sup>73</sup>.

<sup>72</sup> Diese ergeben sich wiederum aus den szenariospezifischen Anteilen für die Orientierungsgruppen und den für die Typen angenommenen Pkw-Besitzquoten.

<sup>73</sup> Im historischen Vergleich ist die Anzahl der Wege relativ konstant. Allerdings gilt: Wenn die Wege kürzer und leichter werden, dann werden auch mehr Wege zurückgelegt. Bereits heute werden in kleineren, attraktiveren Städten mehr Wege gemacht. Entsprechend wäre beispielsweise im Szenario NMK auch eine leichte Zunahme der Wege denkbar.

**TABELLE 5.9: DURCHSCHNITTLICHE WEGELÄNGEN DER VERKEHRSMITTEL (IN KM)**

|                              | Großstädte | Außerhalb von Großstädten |
|------------------------------|------------|---------------------------|
| MIV und Carsharing           | 17,4       | 14,2                      |
| ÖV                           | 10,2       | 15,5                      |
| Fahrrad (inklusive Pedelecs) | 3,2        | 3,7                       |
| Zu Fuß                       | 1,4        | 1,4                       |

Quelle: MID-Daten für Baden-Württemberg von 2008, (Schubert 2014), eigene Berechnungen

Für die Bestimmung der durchschnittlichen Wegelängen wurden in einem ersten Schritt auf Basis der MID-Daten für Baden-Württemberg von 2008 Ausgangswerte für die beiden betrachteten Raumkategorien (Großstädte und außerhalb) berechnet. Diese wurden anschließend auf die Ausgangsbasis (siehe Kapitel 5.1.2) kalibriert. Das Ergebnis für die nach Raumkategorie differenzierten Wegelängen ist in Tabelle 5.9 dargestellt.

Bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Wegelängen wurden auf dieser Basis szenariospezifische Zu- und Abschläge vorgenommen:

- ▶ Für die durchschnittliche Wegelänge des Radverkehrs wird angenommen, dass sie sich in allen drei Szenarien aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Pedelecs erhöht und zwar um 15 % bis 2030 und um 20 % bis 2050.
- ▶ Bezogen auf die motorisierten Verkehrsmittel (MIV und ÖV) bestehen für die drei Szenarien unterschiedliche Annahmen. Für das Szenario „Neue Individualmobilität“ wird davon ausgegangen, dass infolge der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung längere Fahrtzeiten eher in Kauf genommen werden – z. B. weil die Fahrten dadurch angenehmer und die Reisezeiten besser nutzbar werden – und es dadurch bei den durchschnittlichen Wegelängen jeweils zu einem 10 %-igen Anstieg kommt. Beim Szenario „Neue Dienstleistungen“ erfolgt ebenfalls eine Zunahme, die allerdings geringer ausfällt (5%). In diesem Szenario ergibt sich die Zunahme aus dem Wandel der Mobilitätsorientierungen, denn dieser dürfte dazu führen, dass eine beträchtliche Anzahl an kurzen Wegen nicht mehr mit dem MIV oder ÖV zurückgelegt wird,

sondern mit dem Fahrrad oder zu Fuß. Beim MIV und ÖV erhöht sich dadurch der Anteil an längeren Wegen, sodass es im Durchschnitt zu einem Anstieg der Wegelänge kommt. Für das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ liegt dieser Effekt eigentlich auch vor. Allerdings wird angenommen, dass er hier durch eine andere Entwicklung überkompensiert wird und es im Ergebnis zu einer Reduktion der MIV/ÖV-Wegelängen kommt (-10%). Damit ist Folgendes gemeint: Durch die Infrastrukturveränderungen, die mit der stärkeren Nahraumorientierung einhergehen, sinkt der Anteil der längeren Wege (kürzere Entfernungen zu den Gelegenheiten) und zusätzlich sind die Personen aufgrund des Orientierungswandels weniger bereit, längere Strecken zurückzulegen. Diese angenommenen Effekte durch Automatisierung (Szenario „Neue Individualmobilität“), Verkehrsmittelverlagerungen bei den kürzeren Wegen (Szenario „Neue Dienstleistungen“) und Reduktionen bei den längeren Wegen (Szenario „Neue Mobilitätskultur“) treten schwerpunktmäßig erst nach 2030 auf. Bezüglich des Transformationsverlaufs wird daher davon ausgegangen, dass bis 2030 jeweils erst 30 % der Wegelängenveränderungen erreicht sind.

- ▶ Für die Wege zu Fuß wird erwartet, dass die durchschnittlichen Wegelängen gleich bleiben.

Für die dritte Größe, die Bevölkerungszahl, wird wie oben erwähnt, auf die Prognose des Statistischen Landesamtes zurückgegriffen.

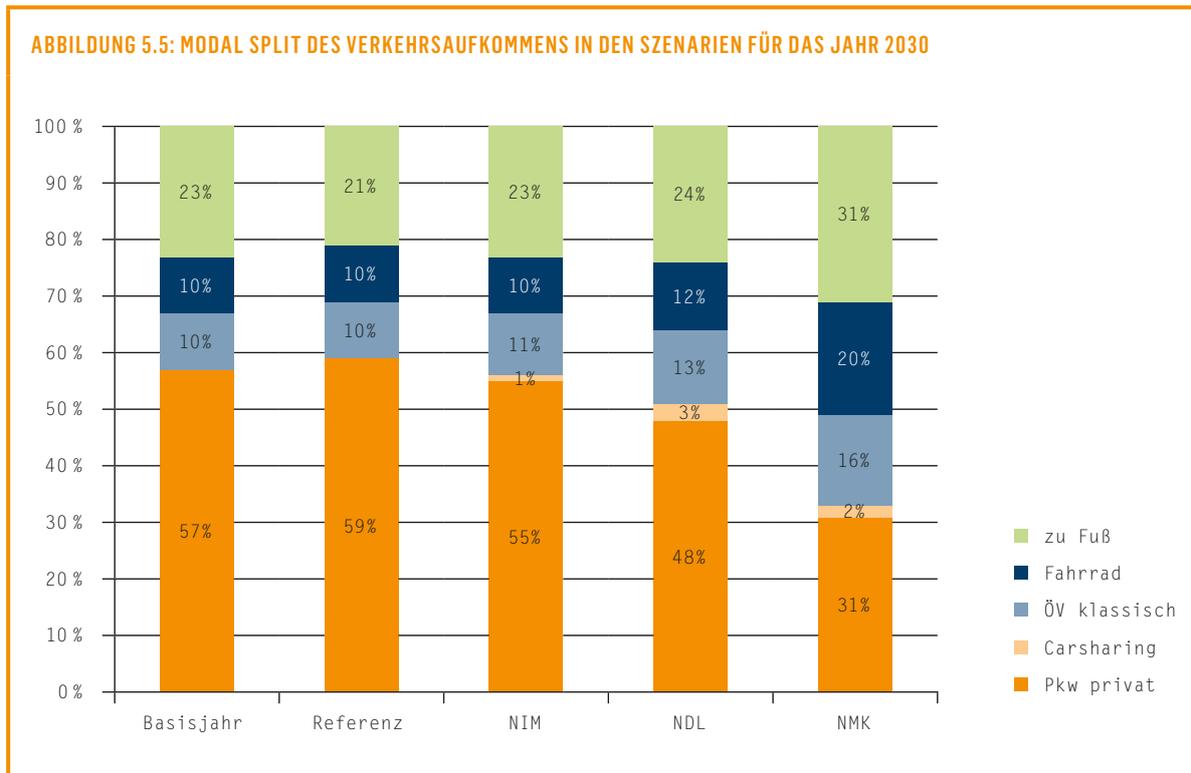
### 5.1.11. ERGEBNISSE VERKEHRSNACHFRAGE PERSONENVERKEHR

Im Folgenden wird zum einen auf den Modal Split des Verkehrsaufkommens und zum anderen auf die Verkehrsleistung eingegangen. Dabei werden sowohl die Ergebnisse für das Jahr 2030 als auch die für das Jahr 2050 vorgestellt. Außerdem findet jeweils ein Vergleich mit dem Status quo (Basisjahr) und dem Referenzszenario statt.

#### 5.1.11.1. MODAL SPLIT DES VERKEHRSAUFGOMMENS

Betrachtet man zunächst einmal die Ergebnisse zum Jahr 2030 (siehe hierzu Abbildung 5,5), sticht insbesondere das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ hervor. Verglichen mit dem Status quo und dem Referenzszenario kommt es hier bereits bis 2030 zu einer erheblichen Reduktion des Anteils an Wegen, die mit dem privaten

Pkw erfolgen. Im Gegenzug dazu legt der Anteil der ÖV-, Fahrrad- und Fußwege jeweils deutlich zu. Die letzteren beiden Verkehrsmittel verzeichnen dabei bedingt durch die ansteigende Nahraumorientierung und entsprechende Fördermaßnahmen die stärksten Zuwächse. Hier steigt der Anteil am Verkehrsaufkommen auf 31% (Wege zu Fuß) bzw. 20% (Wege mit dem Fahrrad), sodass nun eine knappe Mehrheit der Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigt wird. Erwartungsgemäß ist der Anteil von Carsharing in diesem Szenario bis zum Jahr 2030 ebenfalls gestiegen. Mit einem Anteilswert von 2% ist seine Bedeutung aber immer noch relativ gering.

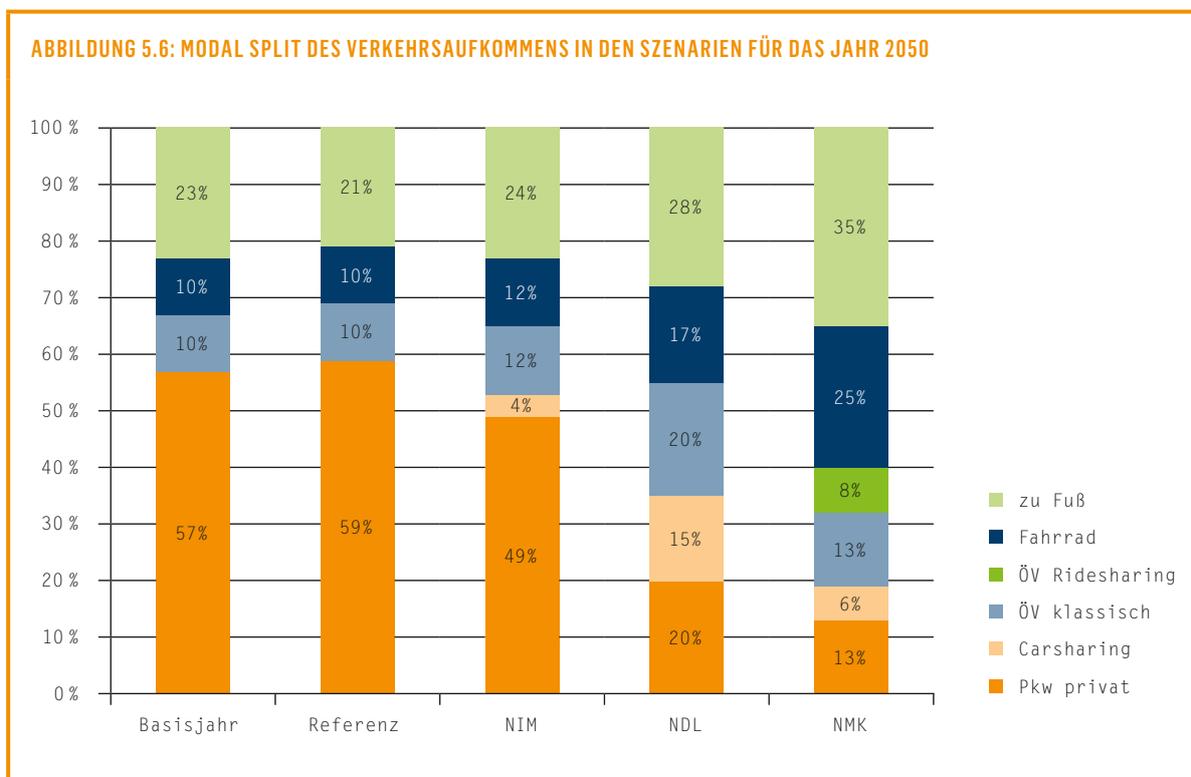


Quelle: eigene Berechnungen

Im Szenario „Neue Dienstleistungen“ ist der Anteil der privaten Pkw-Wege bis zum Jahr 2030 ebenfalls deutlich gesunken; allerdings bei weitem nicht so stark wie im Szenario „Neue Mobilitätskultur“. Dieser Rückgang wird durch einen leichten Anstieg von zwei bis drei Prozentpunkten bei allen anderen Verkehrsmitteln kompensiert.

Anders als die beiden anderen Szenarien unterscheidet sich das Szenario „Neue Individualmobilität“ im Jahr 2030 nur geringfügig vom Status quo. Der Anteil des privaten Pkw-Verkehrs ist um zwei Prozentpunkte gesunken, während der ÖV- und Carsharing-Anteil jeweils um einen angestiegen ist. Ein zentraler Grund für diese geringen Verschiebungen ist, dass in diesem Szenario nur moderate Veränderungen bei den Mobilitätsorientierungen angenommen werden und diese entsprechend den Annahmen bis 2030 auch noch nicht besonders stark vorangeschritten sind. Dagegen steigt im Referenzszenario der Modal Split des Pkw gegenüber dem Basisjahr noch weiter an.

Im Jahr 2050 liegen bei allen drei Szenarien (noch einmal) deutlich stärkere Reduktionen beim Anteil des privaten Pkw-Verkehrs vor (verglichen zum Status quo und dem Referenzszenario). So beträgt der Anteil der privaten Pkw-Wege im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ bedingt durch die Entwicklung hin zu einer geringen Autoaffinität und Pkw-Besitzquote nur noch 13%, was im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien die stärkste Reduktion darstellt. Außerdem geht in diesem Szenario bei allen anderen Verkehrsmitteln der Anteil jeweils noch einmal um vier bis sechs Prozentpunkte nach oben. In Übereinstimmung zur starken Nahrungsmittellieferung in diesem Szenario verbleiben damit der Fuß- und Radverkehr diejenigen Verkehrsmittel, die im Vergleich zum Status quo und Referenzszenario am meisten zugelegt haben. Entsprechend den getroffenen Annahmen ist ein weiteres Charakteristikum dieses Szenarios, dass im Jahr 2050 der öffentliche Verkehr neben den klassischen Bedienformen autonome und flexible Ridesharing-Angebote umfasst. Wie die Ergebnisse zeigen, ergibt sich für das öffentliche Ri-



Quelle: eigene Berechnungen

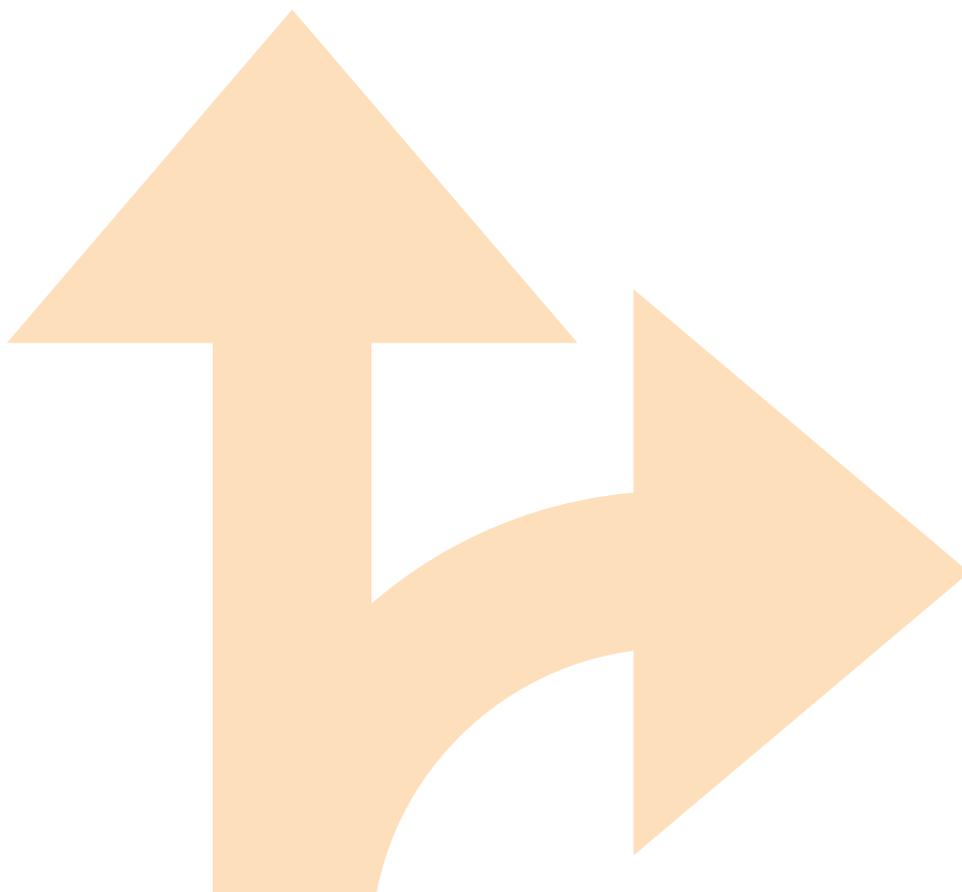
desharing ein Anteil von 8 % bezogen auf alle Wege und von 38 % bezogen auf alle ÖV-Wege. Zudem nimmt das Carsharing – anders als im Jahr 2030 – nun eine wichtige ergänzende Funktion ein. Im Jahr 2050 entfallen auf das Carsharing 6 % des gesamten Verkehrsaufkommens oder knapp ein Drittel aller MIV-Wege.

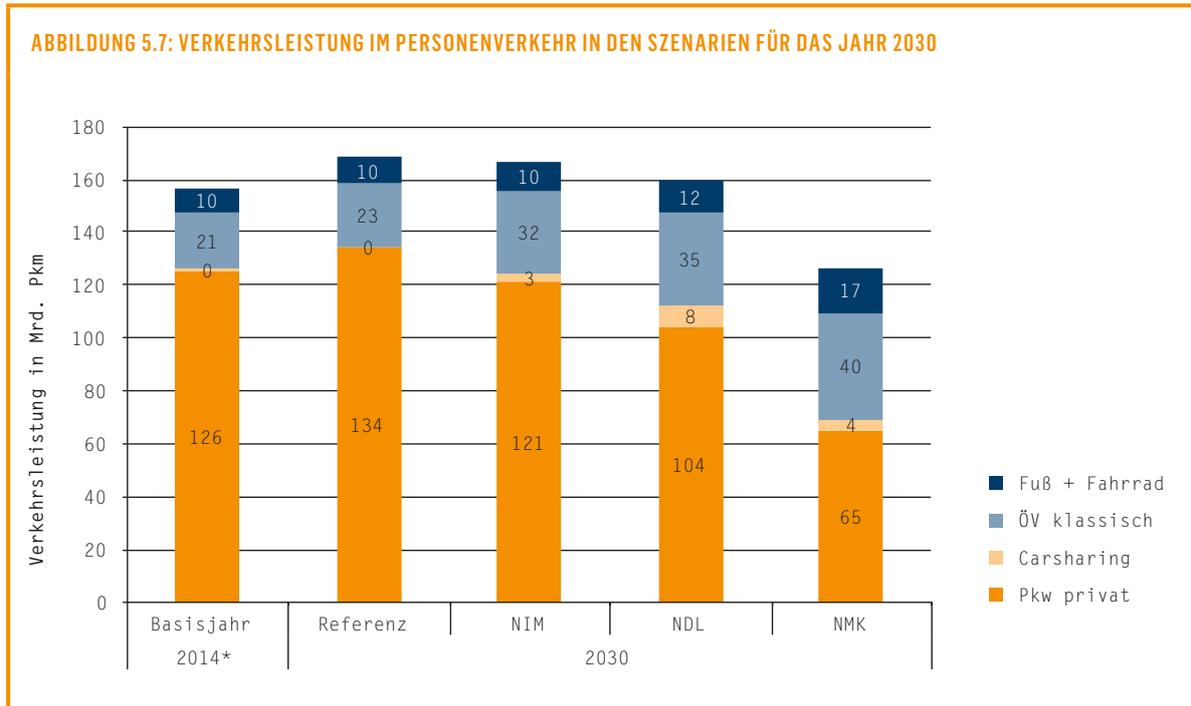
Im Szenario „Neue Dienstleistungen“ geht der Anteil der privaten Pkw-Wege am zweitstärksten zurück, sodass im Jahr 2050 diesbezüglich nun ebenfalls eine deutliche Verringerung gegenüber dem Status quo und dem Referenzszenario vorliegt. Dieser Rückgang wird analog zum Szenario „Neue Mobilitätskultur“ durch einen deutlichen Anstieg bei allen anderen Verkehrsmitteln kompensiert. Markant herausstechend ist hierbei, dass die privaten Pkw-Wege in einem erheblich umfangreicheren Maße durch Wege mit Carsharing-Fahrzeugen ersetzt werden. Mit einem Wert von 15 % besitzt das Szenario „Neue Dienstleistungen“ den höchsten Carsharing-Anteil von allen Szenarien. Der Anteil des Fuß- und Radverkehrs ist dagegen trotz deutlicher Steigerung bei Weitem nicht so hoch wie im Szenario „Neue Mobilitätskultur“, während der Anteil des ÖV fast an den des Szenarios „Neue Mobilitätskultur“ heranreicht. Insgesamt sind diese Ergebnisse ein Ausdruck davon, dass im Vergleich zum Szenario „Neue Mobilitätskultur“ die Nahraumorientierung einen geringeren Stellenwert besitzt und die Auto- und Carsharing-Affinität höher ist.

Abweichend von den ersten beiden Szenarien sind im Szenario „Neue Individualmobilität“ die Veränderungen gegenüber dem Status quo und dem Referenzszenario auch im Jahr 2050 deutlich weniger stark. Im Jahr 2050 besteht beim Anteil der Wege mit dem privaten Pkw zwar eine deutlichere Reduktion, doch beträgt er immer noch fast 50 %. Darüber hinaus profitiert vor allem das Carsharing von diesem Rückgang, sodass der MIV-Anteil insgesamt nur um vier Prozentpunkte zurückgeht. Folgerichtig sind die Anteile der Fuß-, Rad- und ÖV-Wege auch im Jahr 2050 lediglich geringfügig um ein bis zwei Prozentpunkte höher als im Status quo.

#### 5.1.11.2. VERKEHRSLEISTUNG

Für das Jahr 2030 zeigen die Ergebnisse, dass im Vergleich zum Status quo lediglich im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ eine niedrigere Verkehrsleistung vorliegt. Dabei handelt es sich um eine Reduktion um 19 %. Der zentrale Grund für die Reduktion ist die steigende Nahraumorientierung und die dazugehörigen flankierenden Maßnahmen. Ein Ausdruck dieser Entwicklung ist auch, dass sich die Verkehrsleistung des privaten Pkw-Verkehrs in diesem Szenario im Jahr 2030 fast halbiert hat, während die Verkehrsleistung des Fuß- und Radverkehrs und die des ÖV erheblich angestiegen ist.



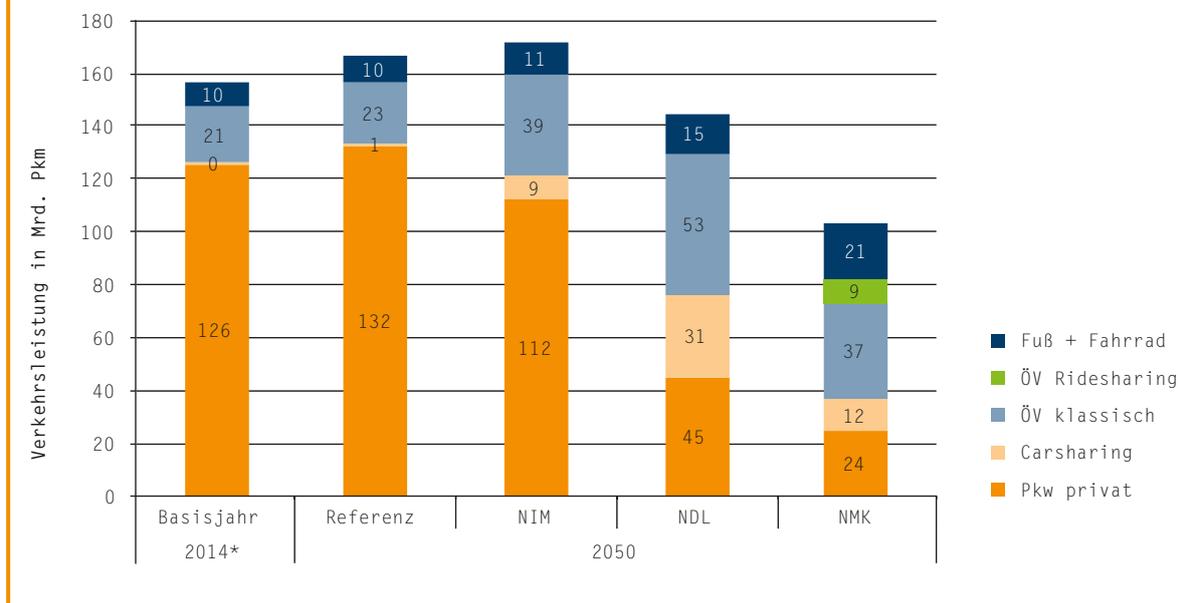


Quelle: eigene Berechnungen

In den anderen beiden Szenarien hat sich die Verkehrsleistung dagegen analog zum Referenzszenario erhöht (Steigerung um 6 bzw. 2%). Der für diese Szenarien angenommene Anstieg der MIV- und ÖV-Wegelängen ist hierfür ein Grund. Gleichzeitig wird bei diesen Szenarien aber auch von einer mehr oder weniger starken Reduktion der Autoaffinität und der Pkw-Besitzquote ausgegangen. Dies erklärt, warum es anders als im Referenzszenario bei der Verkehrsleistung der privaten Pkw zumindest zu einer gewissen Reduktion und beim ÖV zu einer deutlichen Steigerung kommt. Trotz dieser Verschiebungen dominiert in beiden Szenarien allerdings im Jahr 2030 weiterhin der private MIV.

Analog zu den Ergebnissen zum Verkehrsaufkommen ist außerdem in allen drei Szenarien die Bedeutung der Carsharing-Angebote noch relativ gering. Zentral für dieses Ergebnis ist die Annahme, dass vollständig autonom fahrende Pkw ein bedeutender Treiber für das Carsharing sind und diese erst nach 2030 zur Verfügung stehen.

ABBILDUNG 5.8: VERKEHRSLEISTUNG IM PERSONENVERKEHR IN DEN SZENARIEN FÜR DAS JAHR 2050



Quelle: eigene Berechnungen

Im Szenario „Neue Individualmobilität“ steigt die Verkehrsleistung bis zum Jahr 2050 weiter an. Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ geht sie dagegen noch einmal deutlich nach unten, sodass gegenüber dem Status quo letztendlich eine Reduktion um 34 % vorliegt. Und beim Szenario „Neue Mobilitätsdienstleistungen“ ergibt sich gegenüber dem Status quo kein Anstieg mehr, sondern eine geringfügige Reduktion. Dies dürfte durch die Verschiebungen beim Modal Split des Verkehrsaufkommens hin zum Fuß- und Radverkehr erzeugt werden. Denn sie sind nach 2030 stärker (siehe die Ergebnisse zum Verkehrsaufkommen), sodass die Auswirkungen der längeren durchschnittlichen Wegestrecken und der höheren Bevölkerungsanzahl letztendlich überkompensiert werden. Blickt man auf die Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsmittel, zeigt sich ein ähnliches Bild wie im Falle des Verkehrsaufkommens: Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ geht die Leistung der Privat-Pkw weiter zurück, sodass der überwiegende Anteil der Verkehrsleistung nun von anderen Verkehrsträgern erzeugt wird. Neben der veränderten Verkehrsmittelwahl sind hierfür die geringeren Pkw-Wegelängen infolge der angestiegenen Nahraumorientierung verantwortlich. Der ÖV (inklusive öffentlichem Ridesharing) ist in diesem Szenario nun das Verkehrsmittel mit dem größten Anteil an der Verkehrsleistung.

Abweichend zum Jahr 2030 ist im Szenario „Neue Dienstleistungen“ die Dominanz des privaten MIV nun ebenfalls gebrochen. Ein zentraler Grund ist hierfür die starke Stellung des Carsharing (hohe Carsharing-Affinität und hervorragende Angebote in allen Räumen), sodass in diesem Szenario im Jahr 2050 ein erheblicher Umfang der Verkehrsleistung auf solche Angebote fällt. Darüber hinaus ist aber auch die Verkehrsleistung des ÖV erheblich angewachsen. Im Szenario „Neue Individualmobilität“ besitzt der private MIV auch 2050 noch seine Vormachtstellung. Durch die verbesserten Alternativen zum privaten MIV und dem damit einhergehenden Wandel der Mobilitätsorientierungen (leichter Rückgang der Autoaffinität und deutliche Steigerung der Affinität hin zur Multimodalität) kommt es aber zumindest zu einer weiteren geringen Reduktion, während es insbesondere beim ÖV und Carsharing Zugewinne gibt.

Zu beachten ist: Es sind ebenso Entwicklungen denkbar, in denen die Attraktivität des Pkw durch autonomes Fahren im Verhältnis zu den anderen Verkehrsmitteln wieder deutlich steigt. Die komfortable Nutzung sowie die Möglichkeit, Reisezeit im (privaten) Pkw für andere Tätigkeiten zu nutzen, könnten also auch einen Anstieg der Pkw-Verkehrsleistung zur Folge haben.

## 5.2. GÜTERVERKEHRSNACHFRAGE

### 5.2.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Schwerpunkt dieser Studie bilden das Mobilitätsverhalten und damit der Personenverkehr. Um aber Aussagen hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung des Verkehrssystems treffen zu können, ist es wesentlich, auch den Güterverkehr zu berücksichtigen. Daher wurde dieser ebenfalls im Sinne der drei Szenariophilosophien im Projekt mitgeführt, wenn auch in einer geringeren Detailtiefe hinsichtlich der Modellierung als der Personenverkehr.

Beim Güterverkehr wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- ▶ In einem ersten Schritt wurde ein Referenzszenario erstellt.
- ▶ In einem zweiten Schritt wurde betrachtet, welchen Effekt die Dekarbonisierung der Gesamtwirtschaft, welche in allen drei Szenarien (NIM, NDL, NMK) erfolgt, auf das Güterverkehrsaufkommen hat (z. B. Reduktion Kohle/Gas/Mineralöl).
- ▶ In einem dritten Schritt wurden szenarioabhängige Anpassungen der Wachstumsraten je Gütergruppe und Verkehrsträger vorgenommen. Wichtige Treiber sind hier z. B. regionale Kreislaufwirtschaft, langlebigere Produkte und die teilweise starke Reduktion bei der Produktgruppe „Fahrzeuge“.

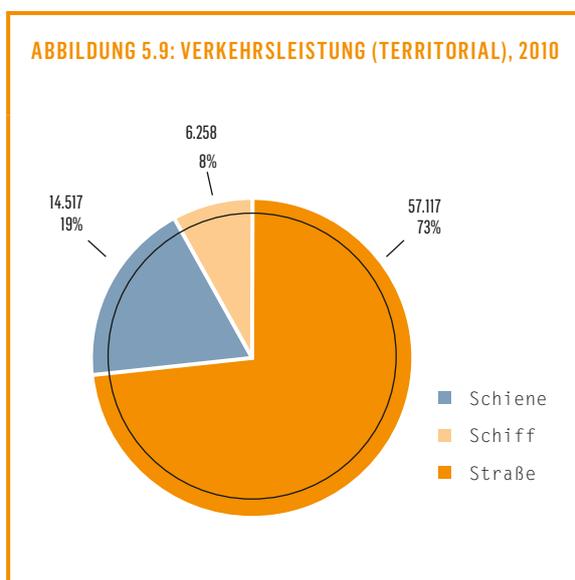
### 5.2.2. SYSTEMGRENZEN UND AUSGANGSBASIS

Der Güterverkehr wird vom Binnenschiff, der Eisenbahn und dem straßengebundenen Transport abgewickelt. Die Methodik bei der Luftfracht ist im Kapitel zum Luftverkehr beschrieben.

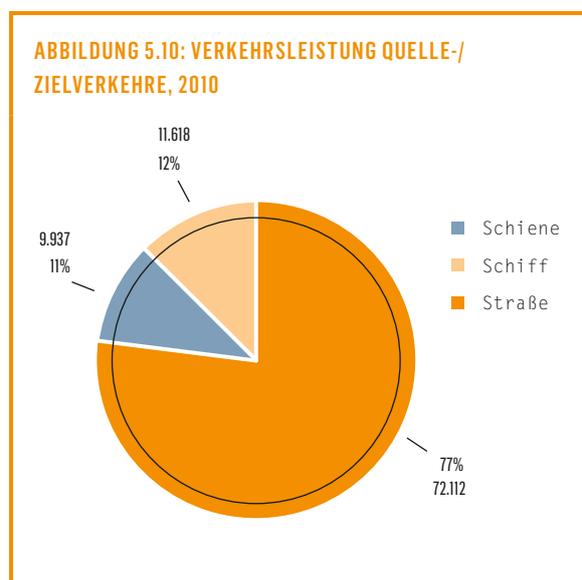
Als Ausgangsbasis wird – ebenso wie beim Personenverkehr – auf die Eckwerte der Verkehrsverflechtungsprognose (Schubert 2014) aufgesetzt. Zusätzlich wird auf Angaben zur Verkehrsleistung des Statistischen Landesamtes von Baden-Württemberg (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2016) zurückgegriffen.

Systemgrenze sind die Landesgrenzen von Baden-Württemberg. Im Einzelnen heißt das: Der Binnenverkehr wird komplett erfasst, beim grenzüberschreitenden Verkehr wird nur der in Baden-Württemberg stattfindende Verkehr berücksichtigt. Gleiches gilt für den Transitverkehr.

Zu beachten ist hierbei der hohe Anteil des Transitverkehrs bei den auf Baden-Württembergs Schienen und Straßen abgewickelten Gütertransporten. Daher unterscheidet sich die Verkehrsleistung nach Territorialprinzip deutlich von der Verkehrsleistung der Verkehre mit Quelle oder Ziel im Land. Dies zeigt der Vergleich von Abbildung 5.9 und Abbildung 5.10. Der Modal Split der territorialen Verkehrsleistung weist dabei eine ähnliche Struktur auf wie der gesamte Güterverkehr in Deutschland.



Quelle: eigene Darstellung nach Schubert 2014

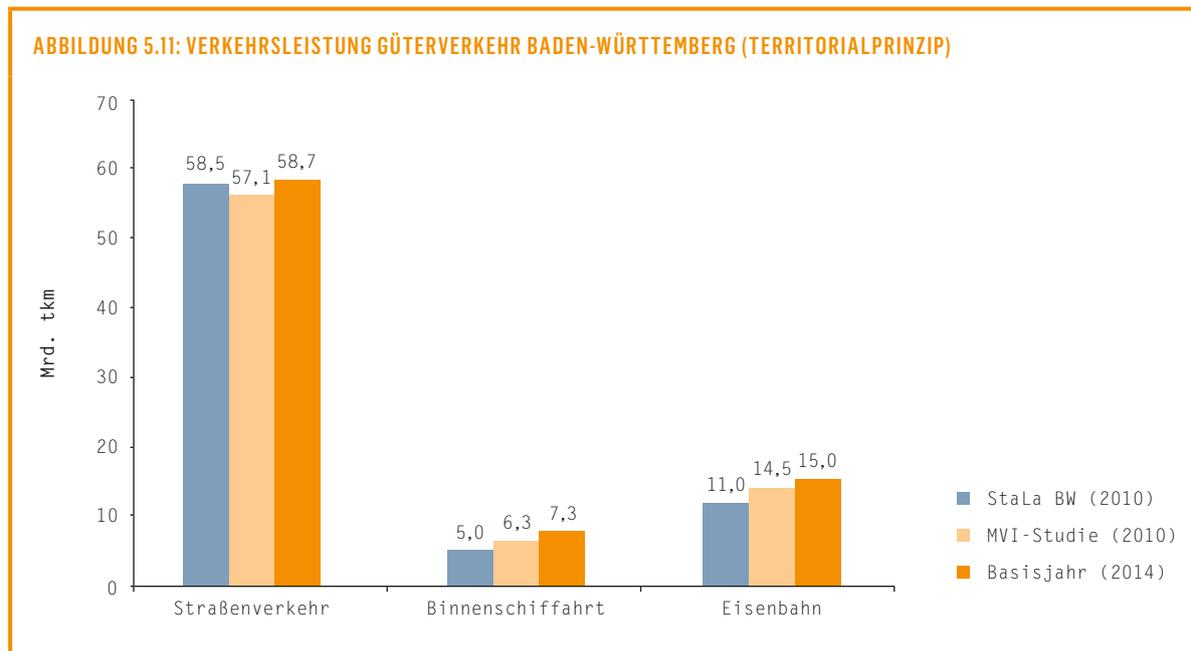


Quelle: eigene Darstellung nach Schubert 2014

Basisjahr der vorliegenden Studie ist das Jahr 2014. Werte für 2014 werden bestimmt, indem Veränderungs-raten je Verkehrsträger gemäß den Daten des Statisti-schen Landesamtes auf die Eckwerte der MVI-Studie aus 2010 (nach Territorialprinzip) angewendet werden.

Abbildung 5.11 zeigt die Verkehrsleistung des Güterver-kehrs in Baden-Württemberg der beiden genannten Quellen sowie die Werte für das Basisjahr 2014.

► Zum Schienengüterverkehr liegen vergleichs-weise genaue Daten vor. Datengrundlage ist hier eine Quelle-Ziel-Matrix des Statistischen Bundesamtes (Destatis-Genesis, Datenbank-nummer 64131-0013 und 64131-0015) mit Güter-transporten, die bundesweit auf NUTS-2-Ebene vorliegt und das Ausland pauschal als weitere Zone auffasst. Baden-Württemberg besteht aus vier NUTS-2-Regionen, die identisch mit den vier



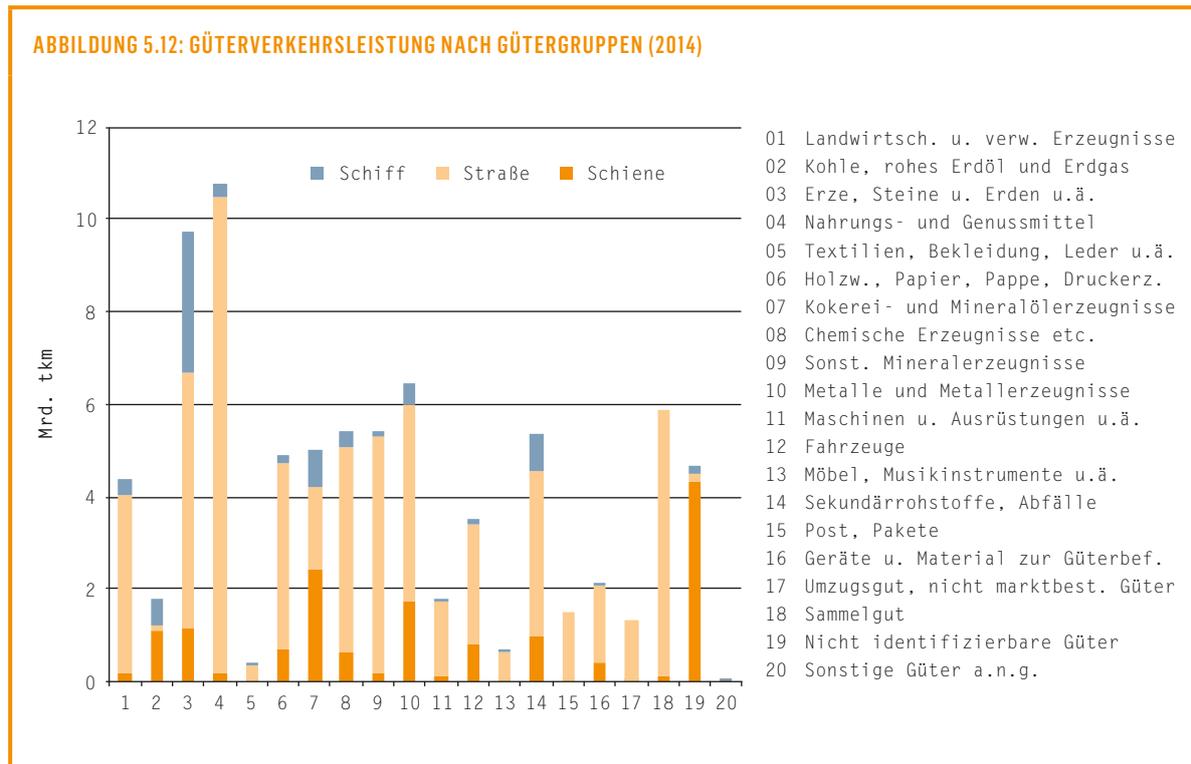
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2016; Schubert 2014 sowie eigene Berechnungen

Für die Ableitung der Szenarien ist eine Disaggregie-rung des Verkehrs nach Gütergruppen notwendig. Hierbei wurde wie folgt vorgegangen:

- Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr werden mithilfe von Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (KBA 2015) auf Gütergruppen umgelegt. Die Angaben umfassen insbesondere Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung, beziehen sich jedoch nur auf in Deutschland zugelassene Lkw und gene-rell auf das gesamte Bundesgebiet, jedoch nicht auf einzelne Bundesländer. Für den Straßengü-terverkehr in Baden-Württemberg wird dem-nach die gleiche Güterstruktur angenommen wie für das gesamte Bundesgebiet. Außerdem wird angenommen, dass die Güterstruktur ausländischer Lkw die gleiche ist wie die inländischer Lkw.

Regierungsbezirken sind. Die Transporte sind außerdem nach Gütergruppen entsprechend der NST-2007-Systematik gegliedert. Die Daten enthalten somit Verkehr ab bzw. nach Baden-Württemberg und Binnenverkehr, sofern er über Regierungsbezirksgrenzen hinausgeht. Da Schienengüterverkehr in der Regel erst für lange Strecken infrage kommt, dürfte damit der komplette Schienenbinnenverkehr Baden-Württembergs abgedeckt sein. Nicht enthalten ist der Transitverkehr. Ähnlich wie beim Straßenverkehr wird angenommen, dass der Transitverkehr dieselbe Güterstruktur aufweist wie der Verkehr, der aufgrund der Angaben des Statistischen Bundesamtes bekannt ist.

- Für die Binnenschifffahrt liegen ebenfalls Transportbeziehungen auf NUTS-2-Ebene und nach NST-2007-Gütergruppen vor, welche für die Aufteilung auf Gütergruppen verwendet wurden.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 5.12 weist die Verkehrsleistung aller Verkehrsträger nach Gütergruppen für das Jahr 2014 aus. Den mit knapp 11 Mrd. tkm größten Anteil der Verkehrsleistung nimmt dabei der Transport von Nahrungs- und Genussmitteln ein. Daneben stellt v. a. aber auch der Transport von Erzen, Steinen, Erden u. ä. mit über 9 Mrd. tkm eine relevante Gütergruppe dar. Deutlich werden außerdem die gütergruppenspezifischen Unterschiede im Modal Split. So werden etwa Nahrungs- und Genussmittel sowie Sammelgut, Mineralerzeugnisse, Maschinen und Ausrüstungen, Pakete und Post, aber auch Möbel, Musikinstrumente und Textilien fast ausschließlich über den Verkehrsträger Straße transportiert. Dagegen wird die Bedeutung des schienen-basierten Transports insbesondere bei Metallen und Metallerzeugnissen, Kokerei- und Mineralölerzeugnissen sowie auch in der Gütergruppe „Kohle, rohes Erdöl und Erdgas“ deutlich. Wie aus Abbildung 5.12 zudem ersichtlich wird, werden „Erze, Steine und Erden“ neben der Straße auch mit dem Schiff transportiert. Daneben kommt der Schiffverkehr im geringeren Maße auch bei dem Transport von Metallen, chemischen Erzeugnissen, Sekundärrohstoffen, Abfällen, Papier, Kokerei- und Mineralölerzeugnissen sowie landwirtschaftlichen Erzeugnissen zum Einsatz.

### 5.2.3. REFERENZSZENARIO

Ebenso wie beim Personenverkehr wurde zunächst eine Referenzentwicklung abgeleitet. Diese stützt sich bis 2030 auf die Verkehrsverflechtungsprognose (Schubert 2014) und für 2030–2050 auf die Basisentwicklung aus Renewbility III (2030–2050). Es wurden aus der Verkehrsverflechtungsprognose bzw. aus Renewbility III jährliche Wachstumsraten für jede Gütergruppe identifiziert und dann auf die Szenarien übertragen.

#### 5.2.4. SZENARIOSPEZIFISCHE ANNAHMEN

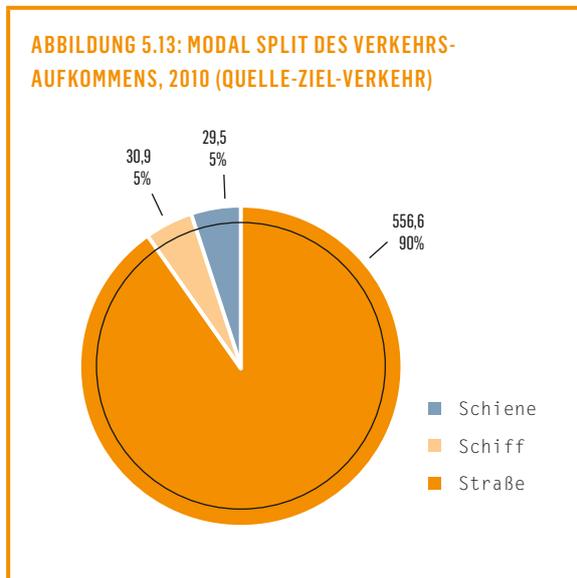
Ausgehend von der Referenzentwicklung wurde die „dekarbonisierte Welt“ abgeleitet, welche Grundlage aller drei Szenarien ist, da in allen Szenarien von einer Erreichung der Klimaschutzziele ausgegangen wird. Die Ableitung wurde in Anlehnung an Renewbility III vorgenommen. Von der Referenzentwicklung ausgehend wurde das Aufkommen in bestimmten Gütergruppen reduziert (insbesondere fossile Energieträger, aber auch Rohstoffe für die Zementherstellung und andere).

Aufbauend auf der dekarbonisierten Welt wurden dann szenariospezifische Anpassungen der Wachstumsrate (je Periode und Verkehrsträger) umgesetzt. Den Annahmen liegen einerseits Überlegungen zum Modal Split und Verlagerungspotenzialen sowie andererseits Annahmen zur Wirkung bestimmter Treiber in den Szenarien (wie z. B. regionaler Wirtschaftskreisläufe) zu Grunde.

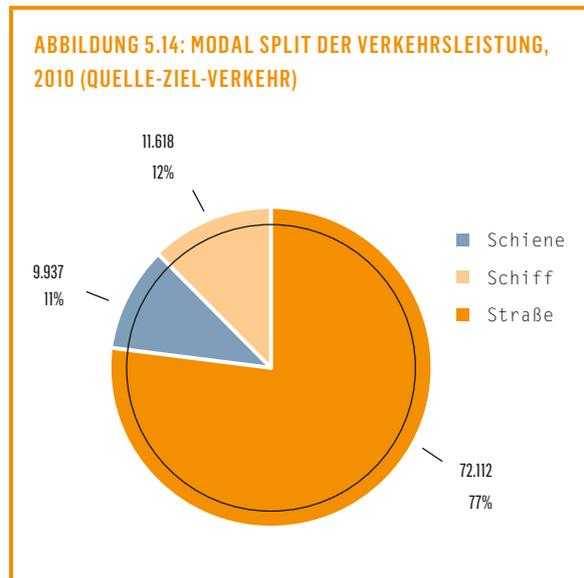
#### ÜBERLEGUNGEN ZUM VERLAGERUNGSPOTENZIAL AUF DEN SCHIENENGÜTERVERKEHR

Fahrten müssen ein bestimmtes Profil haben, um potenziell auf Schiene oder Binnenschiff verlagert werden zu können. Dazu gehören die Länge der Fahrtstrecke, die Distanz zu einem Güterbahnhof bzw. Hafen sowie weitere Zeit- und Kostenaspekte. Bei einem Großteil der Güterverkehrsrelationen in Deutschland besteht daher keine intermodale Konkurrenz.

Abbildung 5.13 und Abbildung 5.14 zeigen den Modal Split von Verkehrsaufkommen bzw. -leistung im Vergleich für die Quelle-Ziel-Verkehre mit Baden-Württemberg (also hier nicht in territorialer Abgrenzung). Da die Transportweiten von Binnenschiff und Schiene höher sind als bei der Straße, liegt der Modal Split des Straßenverkehrs bezogen auf das Verkehrsaufkommen mit rund 90 % deutlich höher als bezogen auf die Verkehrsleistung (rund 77 %).



Quelle: eigene Darstellung nach Schubert 2014



Quelle: eigene Darstellung nach Schubert 2014

Aufgrund der höheren Transportweiten von Schiene und Binnenschiff würde ein Anteil von 25 % am Verkehrsaufkommen also einem deutlich höheren Anteil an der Verkehrsleistung entsprechen.

Eine Studie für das BMVI (Lobig et al. 2017) kommt in einem Szenario zu dem Ergebnis, dass sich der Verkehrsleistungsanteil der Schiene von 18 % auf 27 % erhöht (d. h. +50 %). Hierfür sind jedoch deutliche Änderungen der Rahmenbedingungen notwendig.

In den Szenarien wird auf Basis dieser Überlegungen als Randbedingung angenommen, dass der Modal-Split-Anteil der Schiene auf maximal gut 30 % ansteigen kann und zusätzlich (in begrenzterem Ausmaß) Verlagerungspotenzial aufs Binnenschiff besteht. Zwar stimmen die Entwicklungen im Schienenverkehr der letzten Jahre wenig optimistisch, aber es gibt große Potenziale zur Attraktivitätssteigerung. Hierzu zählen neben dem klassischen Güterverkehr auch Alternativen für den städtischen Güterverkehr wie z. B. Cargo-S-Bahnen oder Cargo-Trams sowie der Einsatz von Lastenrädern in der City-Logistik.

#### WACHSTUMSRATEN JE GÜTERGRUPPE

Weiterhin werden szenariospezifische Annahmen zu den Wachstumsraten je Gütergruppe und Verkehrsträger getroffen:

- ▶ Der Transport von Fahrzeugen geht – je nach Szenario – durch den Rückgang von Pkw-Neuzulassungen und Bestand zurück.
- ▶ Regionale Wirtschaftskreisläufe führen – v. a. im Szenario NMK – zu einem Rückgang gegenüber der Referenz, so z. B. bei landwirtschaftlichen Produkten und Nahrungsmitteln; aber auch beim Straßen- und Tiefbau werden regionale Recycling- und Wiederverwertungspotenziale gehoben.
- ▶ Abfallvermeidung führt zu einem Rückgang des Transports von Abfällen.

Besonders starkes Wachstum, gemessen in absoluten Mengen, findet statt in den Gütergruppen 6 (Holzwaren, Papier, Pappe, Druckerzeugnisse), 10 (Metalle und Metallerzeugnisse), 14 (Sekundärrohstoffe, Abfälle) und insbesondere 19 (Güterart unbekannt, in der Regel Container, die in hohem Maße aus dem Überseeverkehr stammen). Diese Gütergruppen werden somit in besonderem Maße auf die Schiene verlagert. Einen geringeren Beitrag leisten die Gütergruppen 1 (landwirtschaftliche Erzeugnisse), 8 (chemische Erzeugnisse) und 11 (Maschinen und Ausrüstungen u. ä.). Eine Übersicht über die hinterlegten Wachstumsraten liefert Tabelle 5.10.

**TABELLE 5.10: WACHSTUMSRATEN DER VERKEHRSLEISTUNG JE GÜTERGRUPPE IN DEN SZENARIEN**

| Nr. | Veränderung in Prozent              | 2014-2030 |       |       |       | 2030-2050 |       |       |       | Fundamentaltreiber                         |
|-----|-------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|--|
|     |                                     | Ref.      | NIM   | NDL   | NMK   | Ref.      | NIM   | NDL   | NMK   |  |
| 1   | Landw. Erzeugnisse                  | 38,7      | 31,3  | 19,9  | -1,9  | 3,5       | -2,1  | -9,6  | -13,0 | Stärkere regionale Versorgung              |
| 2   | Kohle, Erdöl, Erdgas                | -32,8     | -93,1 | -93,1 | -93,2 | -18,7     | -95,0 | -95,0 | -95,0 | Fast vollständige Dekarbonisierung         |
| 3   | Erze, Steine, Erden                 | 18,6      | 15,9  | 17,1  | -5,5  | 9,5       | 5,3   | 5,2   | 3,5   | Geringere Bautätigkeit, reg. Kreisläufe    |
| 4   | Nahrungs- u. Genussmittel           | 34,2      | 25,6  | 18,9  | -12,5 | 1,6       | -5,0  | -10,6 | -42,1 | Stärkere regionale Versorgung              |
| 5   | Textilien, Bekleidung u.ä.          | 29,2      | 21,2  | 17,3  | 13,9  | -11,1     | -21,4 | -32,0 | -31,7 | Langlebigere Produkte                      |
| 6   | Holz, Papier, Druckerz.             | 28,0      | 23,4  | 16,6  | 9,6   | -1,3      | -2,3  | -9,7  | -14,6 | Nachhaltiger Konsum                        |
| 7   | Kokerei- u. Mineralerzeugnisse      | 0,1       | -10,6 | -10,6 | -10,5 | -6,5      | -17,1 | -17,1 | -17,1 | Dekarbonisierung                           |
| 8   | Chem. Erzeugnisse etc.              | 26,7      | 25,2  | 22,5  | 10,2  | -3,0      | -4,9  | -6,7  | -7,6  | Geringeres Wachstum als Referenz           |
| 9   | Sonst. Mineralerzeugnisse           | 30,0      | 27,5  | 25,6  | 19,0  | -0,2      | -4,7  | -4,7  | -4,8  | Geringeres Wachstum als Referenz           |
| 10  | Metalle/Metallerzeugnisse           | 35,5      | 33,5  | 29,6  | 27,0  | 3,4       | 12,0  | 7,8   | 1,9   | Geringeres Wachstum als Referenz           |
| 11  | Maschinen, Ausrüstungen             | 32,4      | -10,8 | 23,1  | -18,7 | -9,3      | -13,4 | -16,6 | -25,1 | Geringeres Wachstum als Referenz           |
| 12  | Fahrzeuge                           | 33,0      | -14,0 | -36,1 | -56,8 | 0,7       | -12,3 | -28,5 | -66,1 | Reduzierter Kfz-Besitz                     |
| 13  | Möbel, Musikinstrumente             | 35,2      | 27,5  | 19,9  | 6,7   | -10,8     | -17,5 | -23,4 | -36,2 | Langlebigere Produkte                      |
| 14  | Sek. Rohstoffe, Abfälle             | 24,2      | 27,1  | 17,2  | 15,6  | 2,4       | 1,7   | 1,3   | -2,0  | Reduzierung von Abfall                     |
| 15  | Post, Pakete                        | 29,6      | 24,1  | 3,9   | 14,6  | 3,8       | -1,7  | -9,2  | 3,8   | Zunehmende Nutzung von Online-Bestellungen |
| 16  | Gerät/Material zur Güterbeförderung | 49,1      | 48,4  | 42,3  | 21,7  | -29,7     | -34,7 | -52,1 | -46,7 | Effizientere Ausnutzung v. Transportgerät  |
| 17  | Umzugsgut                           | 36,4      | 24,9  | 10,8  | 6,5   | 19,2      | 4,7   | -10,8 | -20,8 | Effizientere Ausnutzung v. Transportgerät  |
| 18  | Sammelgut                           | 34,1      | 23,3  | 9,5   | -4,2  | -3,7      | -17,0 | -32,4 | -40,7 | Effizientere Ausnutzung v. Transportgerät  |
| 19  | N. ident. Güter                     | 47,8      | 43,3  | 37,6  | 56,2  | 52,9      | 47,2  | 33,8  | 10,4  | Überdurchschnittl. Wachstum (Container)    |
| 20  | Sonst. Güter a.n.g.                 | 0,0       | 27,4  | 38,0  | 69,8  | 0,0       | 30,2  | 10,2  | 38,0  |  |

Quelle: eigene Darstellung

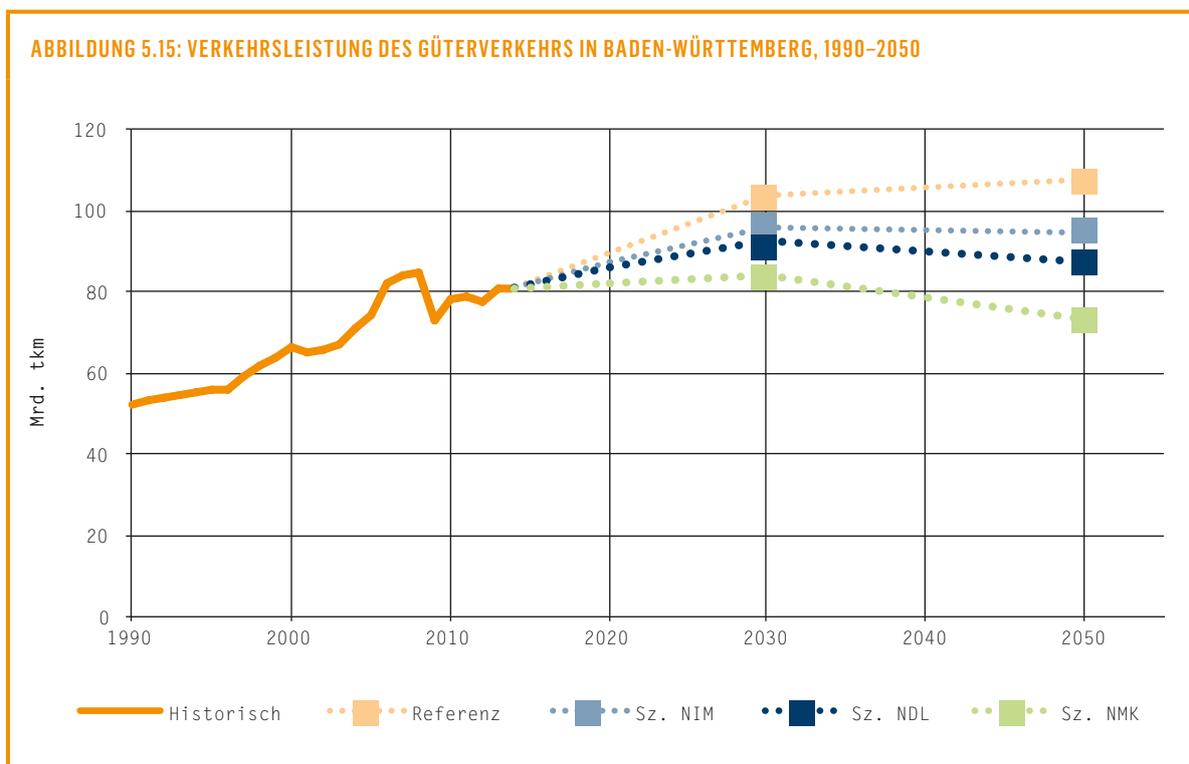
## 5.2.5. ERGEBNISSE VERKEHRSNACHFRAGE GÜTERVERKEHR

### 5.2.5.1. VERKEHRSLAISTUNG IM ÜBERBLICK

Abbildung 5.15 weist die Verkehrsleistung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg sowohl hinsichtlich seiner historischen Entwicklung als auch bzgl. der drei Szenarien aus.

wird von einem weiteren – wenn auch weniger stark wachsenden – Anstieg der Verkehrsleistung bis 2050 ausgegangen. Im Szenario NIM bleibt der Güterverkehr nach 2030 auf etwa ähnlichem Niveau, während er in den Szenarien NDL und NMK zurückgeht.

Ursache für den Rückgang ist im Szenario NMK vor allem eine Rückbesinnung auf die Nahversorgung mit hochwertigen und langlebigen Produkten. Dadurch liegt die Verkehrsleistung in 2050 in diesem Szenario



Quelle: eigene Darstellung

Beginnend im Jahr 1990 zeigt sich seitdem ein deutlicher Anstieg der Verkehrsleistung von 53 Mrd. tkm im Jahr 1990 auf 81 Mrd. tkm im Jahr 2014, mit einem deutlich sichtbaren Einbruch durch die Wirtschaftskrise.

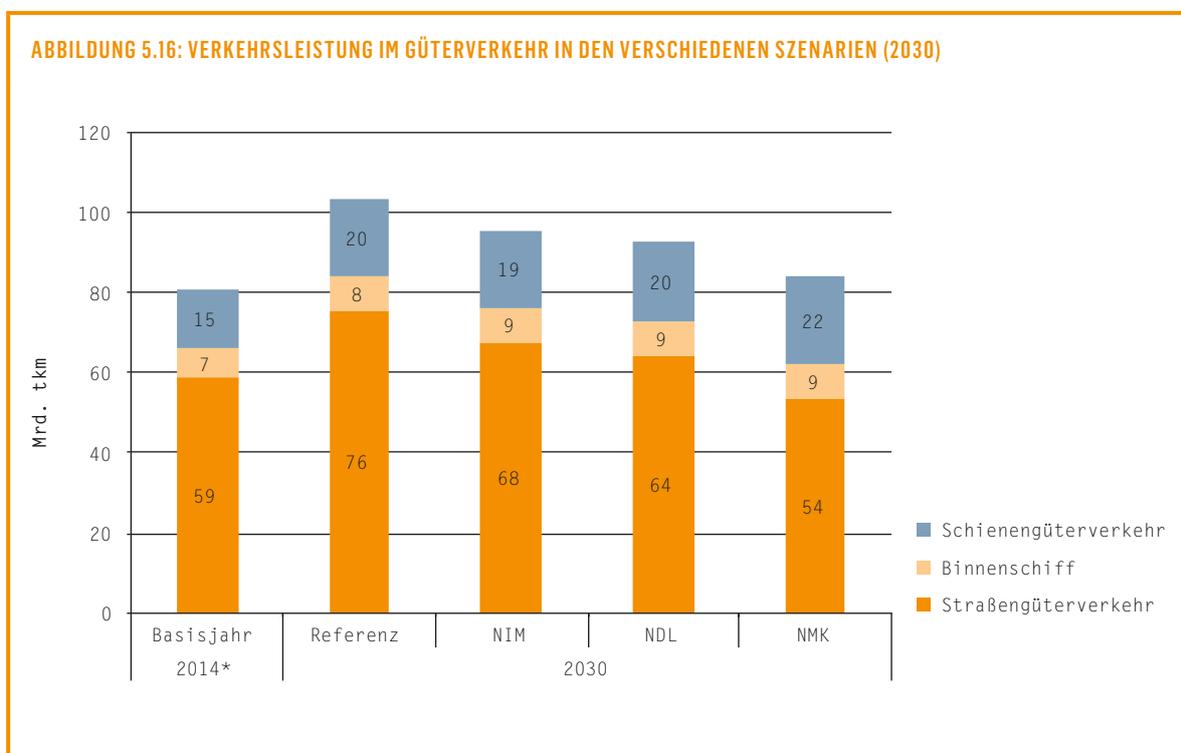
Bis zum Jahr 2030 steigt die Verkehrsleistung in allen Szenarien weiter an. Im Szenario NMK ergibt sich dabei jedoch nur ein geringer Zuwachs. Die beiden anderen Szenarien liegen zwischen dem Szenario NMK und den (an der Verkehrsprognose orientierten) Referenzentwicklungen. Ab 2030 differenzieren sich die Entwicklungen in den einzelnen Szenarien noch stärker. Bei der Referenzentwicklung der BaWü-Szenarien

sogar unter dem Vergleichswert des Jahres 2014. Im Szenario NDL gewinnen der Sharing-Trend und damit die Produktqualität an Bedeutung. Die damit einhergehende höhere Qualität treibt den Güterverkehr weniger stark als in der Vergangenheit an.

### 5.2.5.2. VERKEHRSLEISTUNG UND MODAL SPLIT 2030

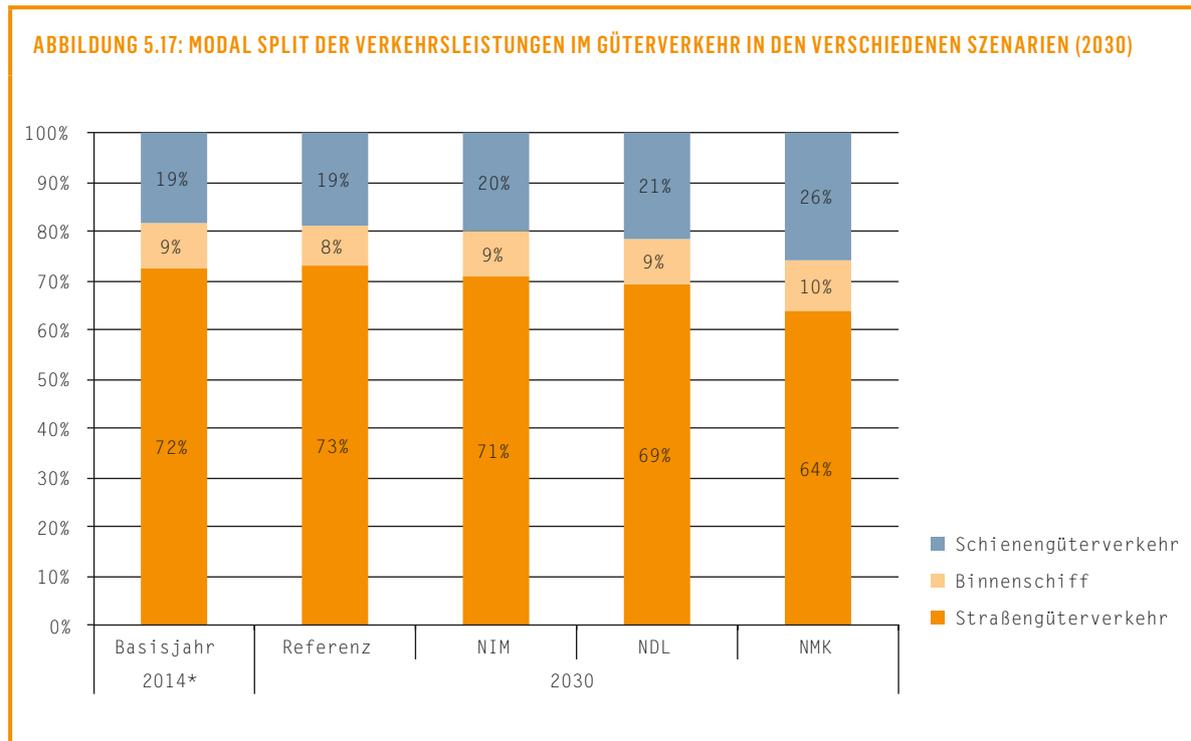
Abbildung 5.16 weist die Verkehrsleistung im Güterverkehr in den drei Szenarien bis 2030 aus. Deutlich wird zunächst der Anstieg der Verkehrsleistung in allen Szenarien für das Jahr 2030. Am stärksten fällt diese für das Referenzszenario mit einer Steigerung von insgesamt 23 Mrd. tkm auf 104 Mrd. tkm aus. Die Verkehrsleistung nimmt dabei vor allem im Straßengüterverkehr zu.

Die absoluten Werte der Verkehrsleistungen in den beiden weiteren Szenarien (NDL und NIM) pendeln sich bzgl. des Schienengüterverkehrs und der Binnenschifffahrt ebenfalls in diesem Bereich ein. Bedingt durch die weiterhin bestehende Dominanz und Attraktivität des Straßengüterverkehrs in den Szenarien NDL und NIM steigt die Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs mit 64 Mrd. tkm (NDL) bzw. 68 Mrd. tkm (NIM) gegenüber dem Basisjahr 2014 weiter an.



Quelle: eigene Darstellung

Szenario NMK weist dagegen die geringste Steigerung der Verkehrsleistung bis 2030 auf. Die Gesamtverkehrsleistung wird hier nur minimal gesteigert (Anstieg gegenüber Basisjahr 2014 um nur 4 Mrd. tkm). Wichtiger jedoch ist die dabei inkludierte Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene und das Schiff. So steigt die Verkehrsleistung der Schiene auf 22 Mrd. tkm (+7 Mrd. tkm) und die der Binnenschifffahrt auf 9 Mrd. tkm (+2 Mrd. tkm).



Quelle: eigene Darstellung

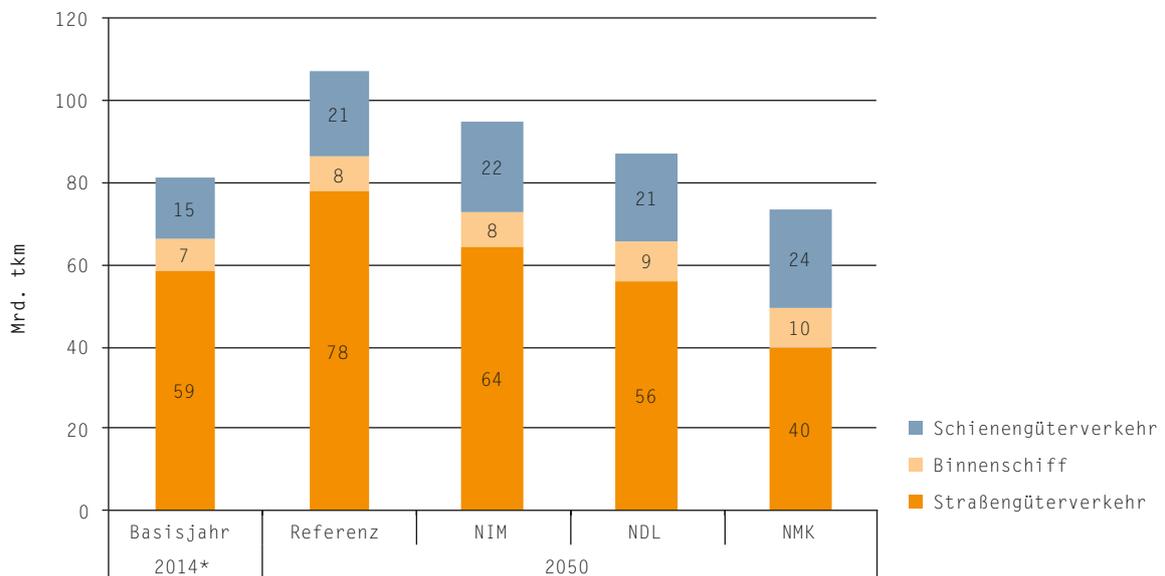
Ein Blick auf den Modal Split der Verkehrsleistungen im Güterverkehr (Abbildung 5.17) veranschaulicht die Unterschiede zwischen den Szenarien weiter. Im Referenzszenario steigt der Straßengüterverkehr anteilig an der Gesamtverkehrsleistung zu Ungunsten der Binnenschifffahrt um 1% an. Bei allen weiteren Szenarien (NMK, NDL, NIM) zeigt sich ein prozentualer Rückgang des Straßengüterverkehrs am Modal Split. Getrieben durch den rückläufigen Straßengüterverkehr fällt dieser im Szenario NMK erwartungsgemäß zu den neuen Mobilitätsdienstleistungen mit 64% für 2030 am größten aus (-9% ggü. Referenz). Die Szenarien NDL und NIM bleiben mit 69 bzw. 71% Anteil des Straßengüterverkehrs dahinter zurück, aber auch bei ihnen kann eine Reduktion erzielt werden (-4 bzw. -2% ggü. Referenz). Daneben zeigt sich im Modal Split aller drei Szenarien (NMK, NDL, NIM) vor allem die Verlagerung von der Straße auf die Schiene. Insbesondere im Szenario

NMK kommt es hier im Vergleich zum Referenzszenario zu einer deutlichen Steigerung des Modal Split des Schienengüterverkehrs in 2030 um 7% auf dann 26% Anteil. Der im Weißbuch Verkehr geforderte Anteil an Schiene und Binnenschifffahrt von 30% in 2030 kann dabei also von dem NMK- sowie NDL-Szenario erreicht werden; das NIM-Szenario bleibt mit einem Anteil der Schiene und Binnenschifffahrt am Modal Split von 29% nur knapp darunter.

### 5.2.5.3. VERKEHRSLEISTUNG UND MODAL SPLIT 2050

Neben der Verkehrsleistung im Güterverkehr bis 2030 sollen an dieser Stelle auch deren Entwicklungen in den verschiedenen Szenarien bis 2050 genauer erläutert werden. Abbildung 5.18 gibt hierzu einen Überblick.

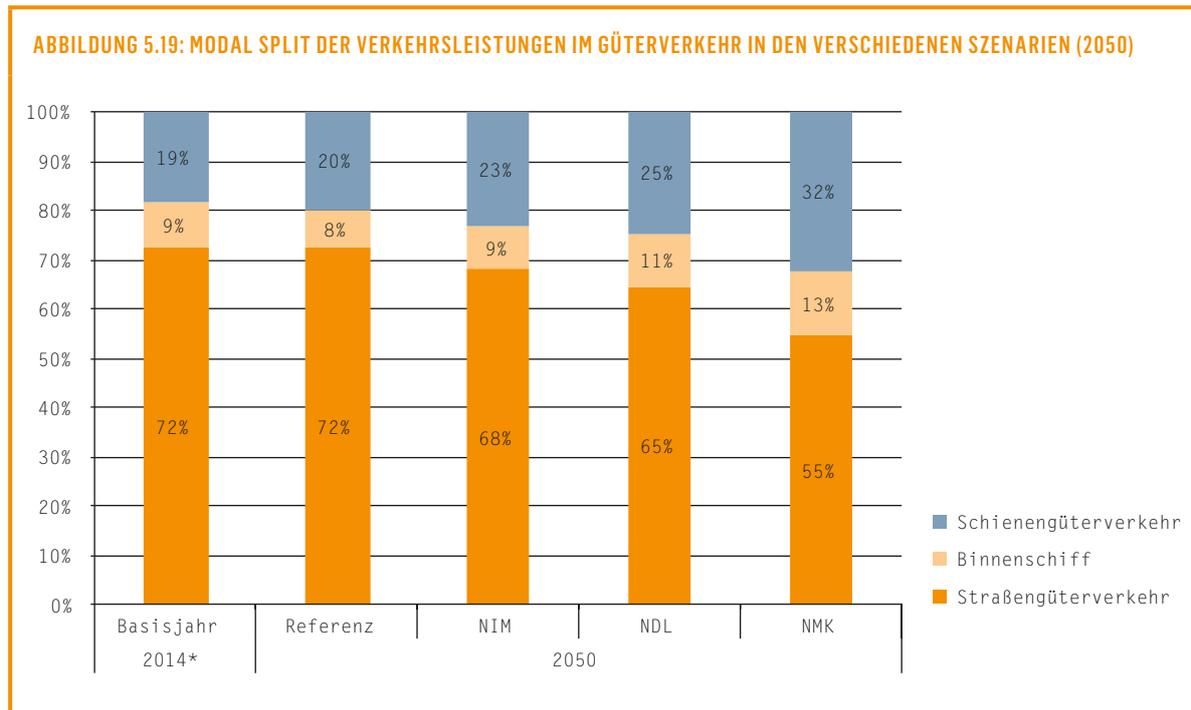
ABBILDUNG 5.18: VERKEHRSLEISTUNG IM GÜTERVERKEHR IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN (2050)



Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich zu den Werten von 2030 steigt hier die Verkehrsleistung im Referenzszenario sowohl durch einen erhöhten Straßengüterverkehr (+2% ggü. 2030) als auch einen erhöhten Schienengüterverkehr (+1% ggü. 2030) weiter an. Dagegen kann in den drei Szenarien vor allem durch den Rückgang der straßen-basierten Verkehrsleistung der Güterverkehr gegenüber den Werten von 2030 weiter minimiert werden. Durch die starke Nachfrage nach regionalen und langlebigen Produkten bleibt Szenario NMK bei einer geringen Erhöhung der Verkehrsleistung auf der Schiene (+2% ggü. 2030) und dem Schiff (+2% ggü. 2030) sowie vor allem einer starken Reduktion des Straßengüterverkehrs (-14% ggü. 2030) sogar unter der Verkehrsleistung von 2014 (-7% ggü. 2014). Die Verkehrsleistungen im Szenario der neuen Dienstleistungen (NDL) profitieren von

einer höheren Produktqualität, die sich positiv auf ein nur langsames Wachstum des Güterverkehrs auswirkt. So liegt dieser mit 86 Mrd. tkm nur knapp über dem Wert des Basisjahrs 2014 und profitiert dabei vor allem durch eine starke Reduzierung der Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs (-8% ggü. 2030). Die schwächsten Einsparungen der Verkehrsleistung zeigen sich im Szenario NIM, bei dem das Gütertransportvolumen und die Zahl der Transportfahrten mit dem weiteren Anstieg des Bruttoinlandsprodukts weiter zunehmen. Hier können gegenüber 2030 dennoch weitere 4% im Straßengüterverkehr eingespart werden. Da dieser Anteil der Verkehrsleistung jedoch auf die Schiene und die Binnenschifffahrt verlagert wird, bleibt die Gesamtverkehrsleistung in diesem Szenario gegenüber 2030 konstant auf 94 Mrd. tkm.



Quelle: Eigene Darstellung

Aus Abbildung 5.19 geht der Modal Split der Verkehrsleistungen im Güterverkehr in den verschiedenen Szenarien bis 2050 hervor. Während sich der Anteil der Verkehrsträger Schienen-, Schiff- und Straßengüterverkehr im Referenzszenario sowohl gegenüber dem Basisjahr 2014 als auch gegenüber dessen Werten von 2030 weitestgehend konstant verhält, kann in allen drei Szenarien eine weitere Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene festgestellt werden. Der im Weißbuch Verkehr geforderte Anteil an Schiene und Binnenschifffahrt von über 50 % in 2050 wird jedoch mit keinem der Szenarien erreicht. Im Szenario NMK fällt dieser mit einem Plus von 6 % (ggü. 2030) auf nun 32 % Anteil des Schienengüterverkehrs im Modal

Split am höchsten aus. In den weiteren Szenarien kann der Anteil der Schiene am Modal Split immerhin um weitere 4 % (von 21 auf 25 %) im NDL-Szenario bzw. weitere 3 % (von 20 auf 23 %) im NIM-Szenario gesteigert werden. Der Straßengüterverkehr wird dementsprechend in allen drei Szenarien reduziert: im Szenario NMK sinkt der Anteil des Straßengüterverkehrs auf 55 % (ggü. 2030: -9 %), im Szenario NDL auf 65 % (ggü. 2030: -4 %) sowie im Szenario NIM auf 68 % (ggü. 2030: -3 %). Der prozentuale Anteil der Binnenschifffahrt kann im Szenario NMK von 10 auf 13 % gesteigert werden (ggü. 2030) sowie im Szenario NDL um immerhin noch 2 % (von 9 auf 11 %).

## 5.3. LUFTVERKEHR

### 5.3.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Im internationalen Luftverkehr gibt es ohne weitere Maßnahmen eine große Dynamik – so beispielsweise einen Anstieg der Verkehrsleistung im Personenverkehr bis 2030 um 80 % und bis 2050 um rund 150 % gegenüber 2010 (Renewability III). Das bedeutet, je Einwohner wird im Jahr 2050 rund 2,7 Mal so viel geflogen wie heute.

Der Luft- und Seeverkehr ist nicht Bestandteil des Pariser Klimaabkommens. Die bisherigen Initiativen der internationalen Organisationen sind hinsichtlich Klimaschutzanforderungen sehr schwach. Ein weiteres Problem ist: Die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte des Luftverkehrs bleiben auch beim Einsatz CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoffe erhalten. Die besonders starke Klimarelevanz pro Kopf und Reise kombiniert mit starken Wachstumsraten machen den Luftverkehr also zu einem wesentlichen Handlungsfeld für den Klimaschutz im Verkehrssektor. Daher wird der Luftverkehr in dieser Studie mit betrachtet, wenngleich (wie der Güterverkehr) in geringerer Detailtiefe als der landgebundene Personenverkehr.

Es wird in folgenden Schritten vorgegangen:

1. Ableitung der Verkehrsnachfrage einer Referenzentwicklung (orientiert an VP 2030/ Renewability)
2. Berücksichtigung des Effektes strombasierter Kraftstoffe auf die Nutzerkosten und die Nachfrage
3. Szenariospezifische Annahmen in den drei Szenarien

### 5.3.2. SYSTEMGRENZEN UND AUSGANGSBASIS

Bezüglich der Wahl der „richtigen“ Bilanzgrenze stellt der Luftverkehr eine Herausforderung dar. Theoretisch denkbar sind z.B. folgende Bilanzgrenzen:

1. Verkehrsleistung, die „über“ dem Territorium von Baden-Württemberg erbracht wird (Territorialprinzip)
2. Abgehende Flüge aus Baden-Württemberg
3. Von Baden-Württemberg induzierter Luftverkehr (Luftfracht, welche von der baden-württembergischen Wirtschaft verursacht wird sowie Flugreisen der Inländer)

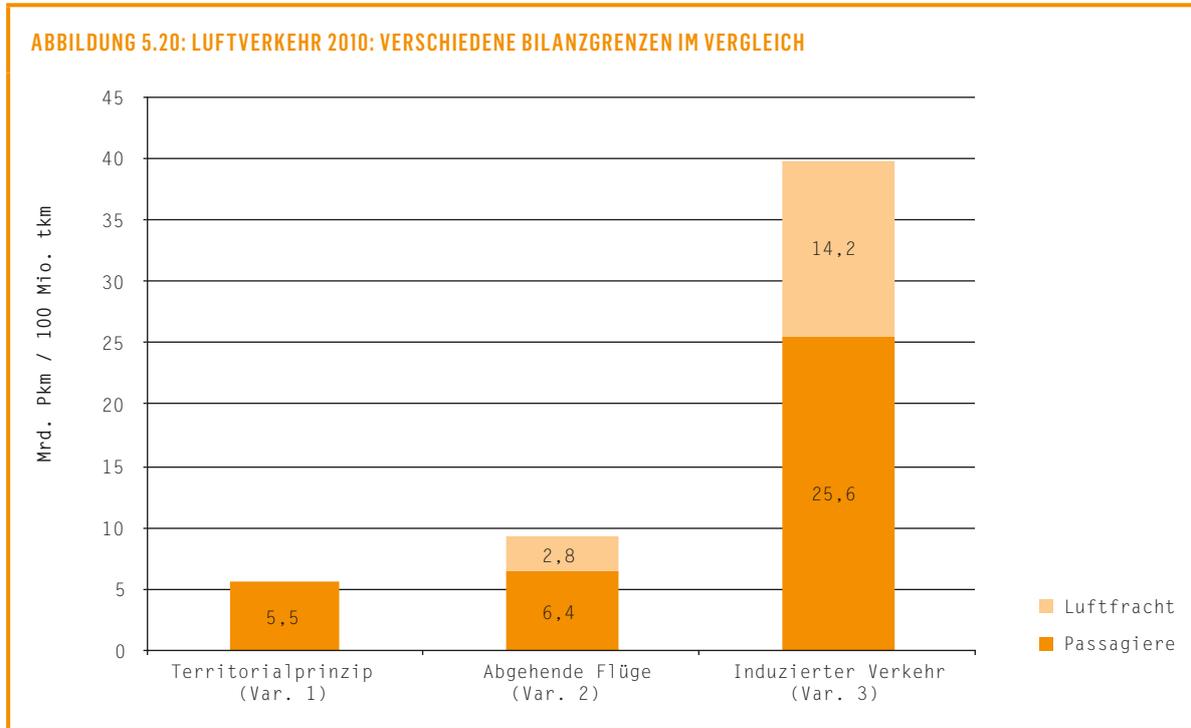
Das Territorialprinzip wird – für Gesamtdeutschland – beispielsweise für die in „Verkehr in Zahlen“ oder die in Verkehrsprognose 2030 (Schubert 2014) dargestellten Verkehrsleistungen verwendet. Hier besteht jedoch die Schwierigkeit, dass diese Territorialverkehrsleistung kaum mit dem Kerosinabsatz korreliert und daher diese Abgrenzung für die Projektion von Energiebedarf und Emissionen kaum geeignet ist. Für die Erstellung von Treibhausgasinventaren werden daher meist die abgehenden Flüge bis zur ersten Landung (Variante 2) als Abgrenzung verwendet. Für Gesamtdeutschland dürfte diese Abgrenzung relativ gut mit der Variante 3 („Inländerkonzept“) übereinstimmen, da ein Großteil des Luftverkehrs von deutschen Personen und Gütern auch über deutsche Flughäfen abgewickelt wird.

Bezogen auf Baden-Württemberg ist es jedoch so, dass relevante Verkehrsflughäfen (an prominenter Stelle bspw. Frankfurt/Main) außerhalb der Landesgrenzen liegen und sich daher die Varianten 2) und 3) deutlich unterscheiden.

Daten zu dem von Baden-Württemberg induzierten Luftverkehr liegen nicht vor. Unter der Annahme, dass in Baden-Württemberg ebenso viel geflogen wird wie im Bundesschnitt, lässt sich jedoch der mit dieser Annahme der Baden-Württemberg zuzuordnende Luftverkehr (in etwa) ermitteln. Abbildung 5.20 zeigt den Luftverkehr nach unterschiedlichen Bilanzgrenzen im Vergleich. Der Unterschied zwischen den aus Baden-Württemberg abgehenden Flügen (Variante 2) und dem über den Bevölkerungsanteil Baden-Württemberg zugeordneten Verkehr (Variante 3) liegt bei einem Faktor von etwa 4.

Ebenfalls dargestellt ist der Personenluftverkehr nach Territorialprinzip entsprechend der Verkehrsprognose (Schubert 2014).

Jahr 2050 rund doppelt so hoch wie diejenigen fossiler Kraftstoffe. Diese Zusatzkosten werden auf den Nutzer umgelegt. Bei einem derzeitigen Anteil der Kraftstoff-



Quelle: (Schubert 2014) Daten des Statistischen Bundesamtes (Fachreihe 8 Serie 6.2), eigene Berechnungen und Darstellung

Damit in der Darstellung und Interpretation der Ergebnisse die Relevanz des Luftverkehrs nicht unterschätzt wird, wurde in Abstimmung mit Beirat und Stakeholderkreis die Variante 3 für die Darstellung des Luftverkehrs gewählt.

### 5.3.3. REFERENZSZENARIO

Für das Referenzszenario wurden die Wachstumsraten aus Renewbility III (d. h. bis 2030 basierend auf der Verkehrsverflechtungsprognose) übernommen. CO<sub>2</sub>-freie Kraftstoffe kommen im Luftverkehr im Referenzszenario nicht zum Einsatz.

### 5.3.4. SZENARIOSPEZIFISCHE ANNAHMEN

In allen Szenarien (NIM, NDL, NMK) kommen langfristig nur noch strombasierte Kraftstoffe zum Einsatz. Die Kosten für die strombasierten Kraftstoffe liegen im

kosten am Ticketpreis von rund 30 % ergeben sich dadurch eine entsprechende Erhöhung der Kraftstoffpreise und eine daraus resultierende Reduktion der Verkehrsnachfrage. Hierbei wird auf Preiselastizitäten aus Renewbility III zurückgegriffen. Die Effizienzentwicklung des Luftverkehrs liegt in allen Szenarien bei 1,5 % p.a. Zusätzlich zum Effekt der Preise werden für die Szenarien die im Folgenden dargestellten Annahmen getroffen.

#### SZENARIO „NEUE INDIVIDUALMOBILITÄT“ (NIM)

Es dominieren räumliche Ungebundenheit sowie multilokale Familienstrukturen, weiter ansteigende globale Vernetzung im Privaten und der Wirtschaft. Die Ziele einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung werden an die Politik delegiert und nicht vordergründig mit dem eigenen Lebensstil in Verbindung gebracht.

Insgesamt werden daher nur die Effekte auf die Verkehrsnachfrage durch die höheren Kosten der strombasierten Kraftstoffe berücksichtigt; es werden keine

zusätzlichen Annahmen oder Maßnahmen hinterlegt, welche zu Veränderungen der Verkehrsleistung führen könnten.

**SZENARIO „NEUE DIENSTLEISTUNGEN“ (NDL)**

Einige Trends in diesem Szenario sind ähnlich zum Szenario „Neue Mobilitätskultur“, aber deutlich weniger stark ausgeprägt. Es wird die Annahme getroffen, dass das Passagieraufkommen im Jahr 2030 um 5 % und im Jahr 2050 um 20 % niedriger liegt als im Szenario NIM.

**SZENARIO „NEUE MOBILITÄTSKULTUR“ (NMK)**

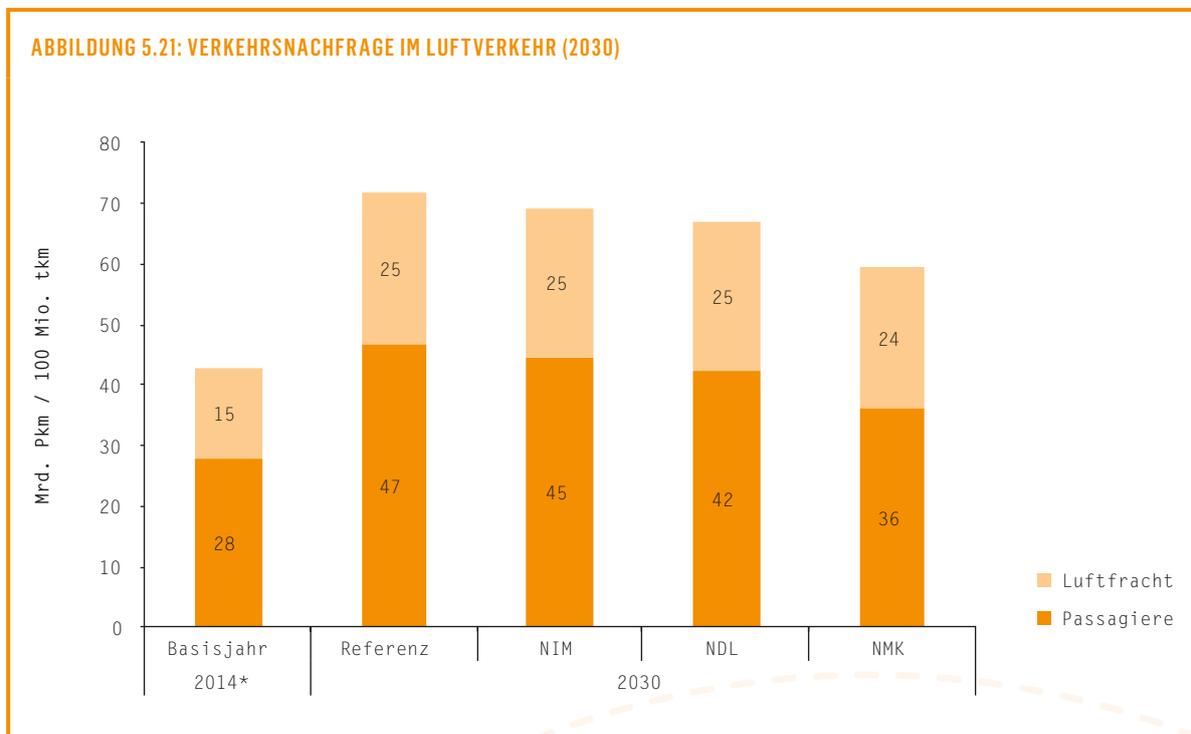
Durch Internalisierung externer Kosten kommt es in diesem Szenario zu höheren Preisen im Luftverkehr. Zusätzlich gibt es aber auch Veränderungen in Werten und Orientierungen, die eine Wirkung auf die Verkehrsnachfrage haben. Ein zunehmend hohes Umweltbewusstsein verschlechtert das Image von Flugreisen stark. Die hohe Aufenthaltsqualität am Wohnort, Gemeinschaftsaktivitäten und ein entschleunigter Lebensstil verringern das Bedürfnis nach Kurztrips. Auf Distanzen bis ca. 1.000 km wird der Schienenverkehr durch Komfortsteigerung und Reisezeitverkürzung eine attraktive Alternative.

Insgesamt wird die Annahme getroffen, dass das Passagieraufkommen im Jahr 2030 um 15 % und im Jahr 2050 um 60 % niedriger liegt als im Szenario NIM. Für die Luftfracht wird angenommen, dass diese gegenüber dem Szenario NIM bis 2030 um 5 % und bis 2050 um 30 % zurückgeht.

**5.3.5. ERGEBNISSE VERKEHRSNACHFRAGE LUFTVERKEHR**

Abbildung 5.21 zeigt die Verkehrsnachfrage im Luftverkehr gemäß der in Kapitel 5.3.2 beschriebenen Abgrenzung (d.h. der Baden-Württemberg über den Bevölkerungsanteil zugerechnete Luftverkehrsanteil von den aus Deutschland abgehenden Flügen).

Die Verkehrsnachfrage im Luftverkehr steigt in allen Szenarien bis zum Jahr 2030 an. Entsprechend der vorab dargelegten Annahmen liegt sie in den drei Szenarien etwas niedriger als in der Referenz.



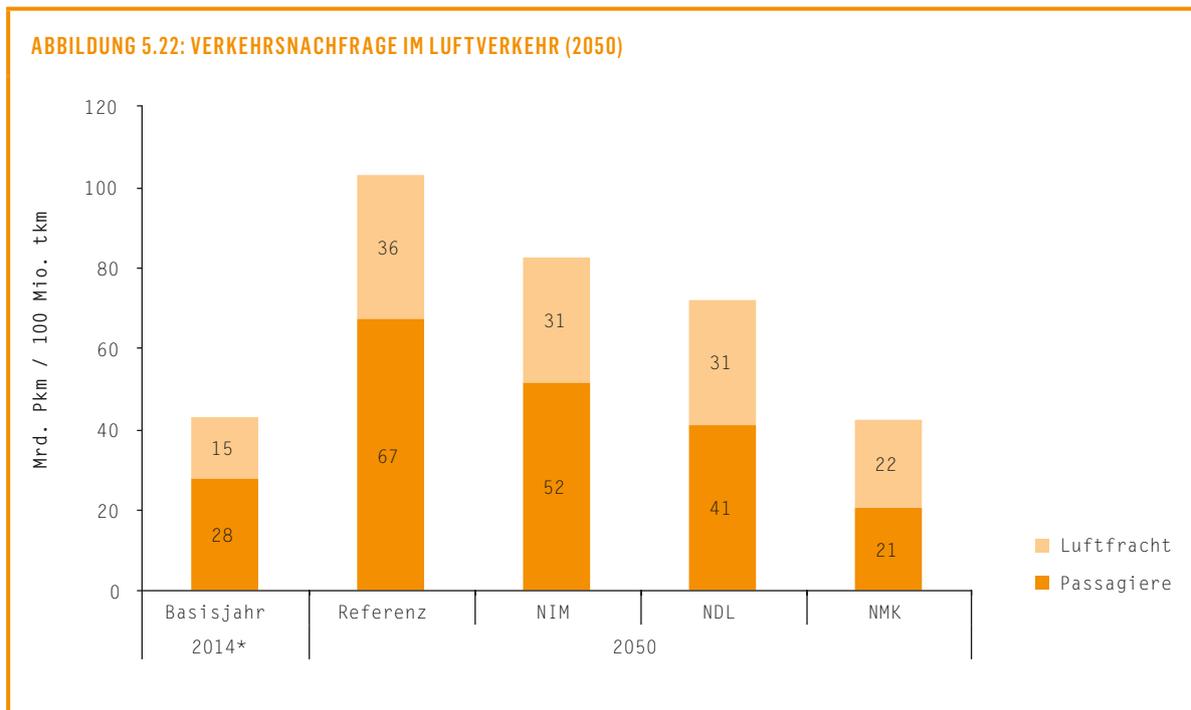
Quelle: eigene Darstellung



Bis zum Jahr 2050 sind die Unterschiede zwischen den Szenarien deutlich stärker ausgeprägt. Während sich die Verkehrsnachfrage im Referenzszenario mehr als verdoppelt, liegt die Zunahme durch den Preiseffekt strombasierter Kraftstoffe im Szenario NIM spürbar niedriger. Im Szenario NMK gelingt es durch zusätzliche Maßnahmen, unterstützt durch einen Wertewandel, den Luftverkehr in etwa auf das heutigen Niveau zu begrenzen.

#### 5.4.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Es wird das in dem Projekt Renewbility III erstellte Neuzulassungsmodell verwendet. Für das Projekt Mobiles Baden-Württemberg wurde dieses Modell erweitert, unter anderem um eine Komponente zur Abbildung von Ridesharing. Darüber hinaus wurden Inputdaten aktualisiert.



Quelle: eigene Darstellung

#### 5.4. PKW-NEUZULASSUNGEN UND -BESTAND

Bei der Modellierung der Fahrzeuge wird bei Pkw und Lkw der Fahrzeugbestand detailliert mittels eines Neuzulassungs- und Bestandsmodells abgebildet. Für die übrigen Verkehrsträger (Schienenverkehr, Schifffahrt, Luftfahrt, Busse, Motorräder, Fahrräder) wird kein Fahrzeugbestand explizit berechnet, sondern es werden Annahmen zum Anteil alternativer Antriebe und zur Effizienzentwicklung getroffen. Das Vorgehen wird im Folgenden im Detail dargestellt.

Das verwendete Neuzulassungsmodell bildet die Neuzulassungsstruktur ausgehend von dem Basisjahr 2014 bis in das Jahr 2050 ab. Dabei wird nach folgenden Parametern differenziert:

- ▶ Antriebsart
- ▶ Größenklasse
- ▶ Haltergruppe
- ▶ Regionstyp

Die Berechnung der Neuzulassungsstruktur erfolgt durch Auswahl von Fahrzeugen durch Nutzer, welche im Wesentlichen durch ihre Haltergruppe und Jahresfahrleistung charakterisiert sind, basierend auf einem TCO<sup>74</sup>-Modell und einem Logit-Modell. Die verwendeten Nutzerdaten stützen sich im Wesentlichen auf die Erhebungen „Mobilität in Deutschland“ (MiD) für den privaten Kraftfahrzeugverkehr und „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland“ (KiD) für den gewerblichen Verkehr.

Dabei stehen den Nutzern für jede Antriebsart verschiedene Fahrzeugmodelle, charakterisiert durch Kosten und Verbräuche, zur Verfügung. Die realisierbaren Effizienzentwicklungen der einzelnen Fahrzeugklassen im Straßenverkehr sind differenziert nach Größenklassen in der Technologiedatenbank zusammen mit Kostenannahmen hinterlegt. Die tatsächlich realisierte Effizienzentwicklung wird im Neuzulassungsmodul bestimmt. In dem Modell wird nach folgenden Antriebsarten unterschieden:

- ▶ Ottomotor
- ▶ Dieselmotor
- ▶ Plug-in-hybrid
- ▶ Batterieelektrischer Antrieb
- ▶ Erdgasantrieb
- ▶ Brennstoffzellenantrieb

In einem ersten Schritt wird für jeden Nutzer für jede Antriebsart das nach der Kostenrechnung jeweilig günstigste Fahrzeugmodell bestimmt. In der Kostenrechnung werden neben den Anschaffungskosten auch Kraftstoff-, Wartungs- und Fixkosten über die Haltedauer und ein Fahrzeugrestwert berücksichtigt. Die Fixkosten wie z.B. die Kfz-Steuer berücksichtigen dabei die Differenzierungen nach Antriebstyp. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen

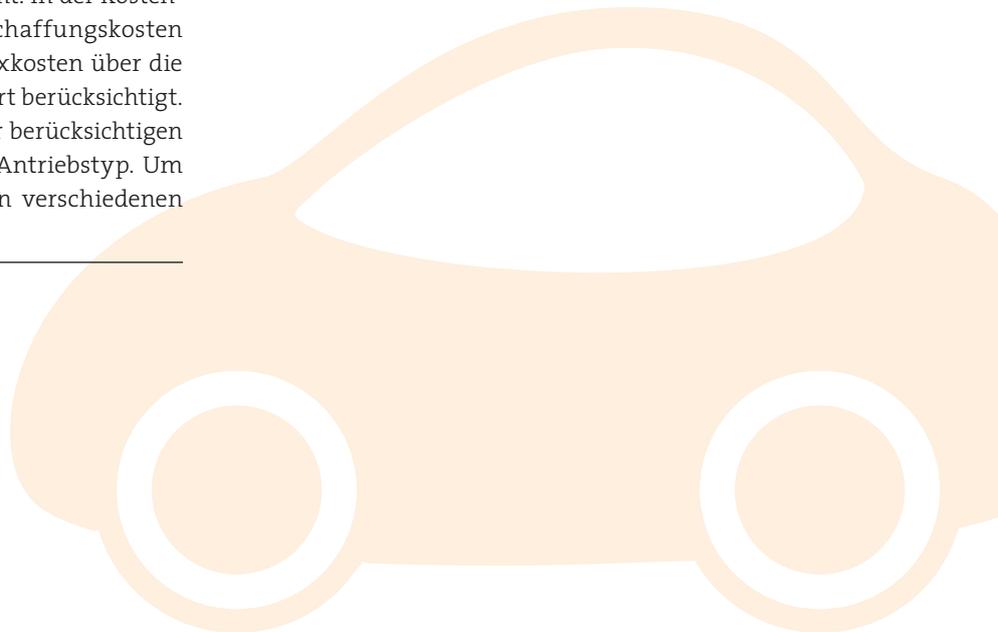
Jahren der Modellierung zu gewährleisten, werden alle Kosten auf das Jahr 2010 diskontiert. Anschließend werden über ein Logit-Modell Auswahlwahrscheinlichkeiten jedes Nutzers der verschiedenen Antriebsarten bestimmt.

Durch Anpassung der Kaufpreise für Pkw relativ zum fahrzeugspezifischen Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten wird gewährleistet, dass die Emissionsstandards nach EU-Regulierung eingehalten werden. Dieser Modellierungslogik liegt die Überlegung bzw. Annahme zugrunde, dass die Fahrzeughersteller – um den jeweiligen Grenzwert über die gesamten Neuzulassungen einzuhalten – nötigenfalls die Gewinnmarge bei effizienten Fahrzeugen verringern werden und dafür weniger effiziente Fahrzeuge zu einem höheren Preis auf dem Markt anbieten werden.

Für Fahrzeuge mit Reichweitenbeschränkung wird eine Begrenzung der Auswahl durch Nutzer berücksichtigt. Dazu wird auf Basis der MiD-Daten eine Poissonverteilung der reichweitenüberschreitenden Fahrten in Abhängigkeit von Größenklasse und Fahrzeugstandort (Stadt/Umland) ermittelt. Anschaffungskosten der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge werden basierend auf der vom Öko-Institut erstellten Technologiedatenbank (Hülsmann et al. 2014) verwendet und sind abhängig von der Effizienzvariante. Die Restwertberechnung der Fahrzeuge berücksichtigt neben dem Neupreis die nutzerspezifische Fahrleistung und Haltedauer.

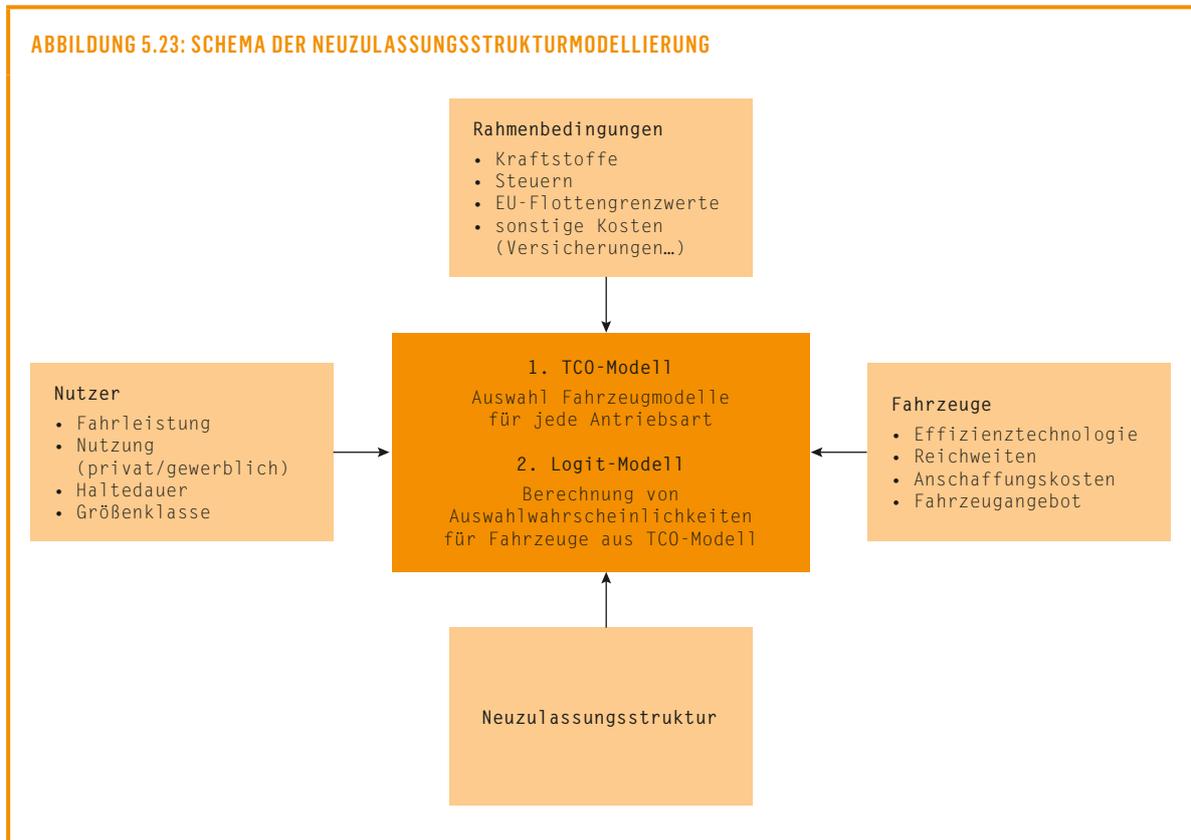
---

74 Total Cost of Ownership



Ergebnisse des Modells sind die Neuzulassungsstruktur nach den oben genannten Parametern und die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Da es sich um ein Modell handelt, sind Vereinfachungen der Realität notwendig und nicht alle Aspekte der komplexen Kaufentscheidungsprozesse sowie der Ent-



Quelle: Renewbility III, eigene Darstellung

Das Neuzulassungsmodell reagiert auf Veränderungen der Rahmenbedingungen (insbesondere Kraftstoffpreise und Pkw-Grenzwerte) und ermittelt eine unter diesen Rahmenbedingungen plausible Neuzulassungsstruktur. D. h. die ermittelten Neuzulassungen halten die Pkw-Grenzwerte ein, für die Fahrzeughersteller ergeben sich keine Veränderungen ihres Gewinns über die gesamte Flotte, und je höher die Kraftstoffpreise sind, desto effizientere Fahrzeuge werden angeschafft.

wicklung des Bestands können in dem Modell abgebildet werden. Nicht berücksichtigt sind z.B. der Gebrauchtwagenmarkt sowie die Anzahl der Fahrzeuge im Haushalt bzw. im Fuhrpark. Beim Thema lange Fahrten/ Reichweite kann die Möglichkeit des Ausweichens auf ein anderes Fahrzeug und damit die Frage, wie viele Pkw prinzipiell zur Verfügung stehen, eine Rolle spielen. Unsicherheiten des Modells bestehen vor allem hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung von Modellparametern wie z. B. der Attraktivität von Elektrofahrzeugen, welche sich im Modell in den Logit-Parametern widerspiegelt.

## 5.4.2. DATENBASIS UND PARAMETER

### 5.4.2.1. HALTERGRUPPEN

Für die Abbildung der Nutzerseite im Modell und die TCO-Rechnung wird unterschieden nach privaten und gewerblichen Nutzern, da unterschiedliche Entscheidungslogiken bei der Kaufentscheidung zu berücksichtigen sind. Die gewerblichen Neuzulassungen werden zudem weiter differenziert in Carsharing-Pkw, Ridesharing-Pkw und sonstige gewerbliche Neuzulassungen. Insgesamt werden also vier Haltergruppen im Modell berücksichtigt.

### 5.4.2.2. FAHRZEUGGRÖSSENKLASSEN

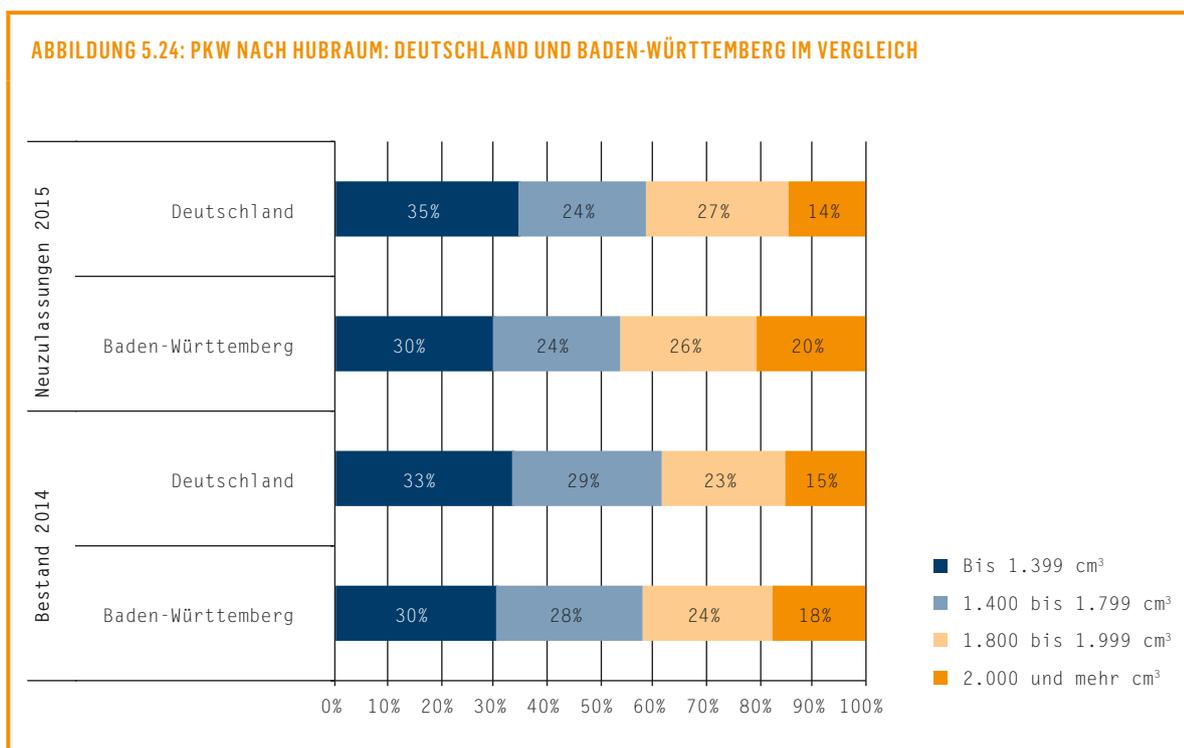
Bei Pkw wird nach den Größenklassen klein, mittel, groß unterschieden. Die Zuordnung der KBA-Segmente zu Größenklassen wurde an die Segmentzuordnung des Modells TREMOD des ifeu-Instituts angepasst, um kompatibel zu der dort verwendeten Methodik und der Emissionsberichterstattung zu sein.

In Baden-Württemberg gibt es einen im Bundesvergleich überdurchschnittlich hohen Anteil großer Fahrzeuge, sowohl bei Neuzulassungen als auch beim Bestand (siehe Abbildung 5.24).

Bei den großen Fahrzeugen über 2.000 cm<sup>3</sup> ist Baden-Württemberg derzeit bundesweit (fast) „führend“, nur in Hamburg ist der Anteil höher. Der durchschnittliche Hubraum des Fahrzeugbestandes in Baden-Württemberg im Jahr 2014 lag bei rund 1.763 cm<sup>3</sup>; dagegen in Deutschland insgesamt bei rund 1.714 cm<sup>3</sup> – d. h. in Baden-Württemberg liegt der Hubraum im Schnitt 3 % höher als im gesamten Bundesgebiet.

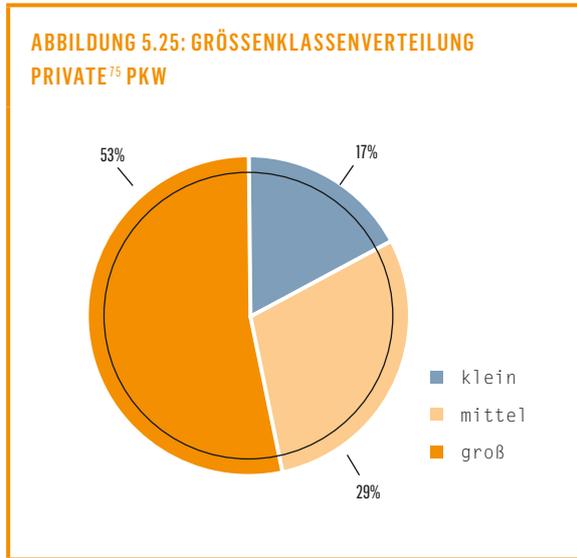
Der größere Hubraum lässt auch auf einen höheren Kraftstoffverbrauch und damit höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen schließen. Schätzungen auf Basis der EU-Monitoring-Datenbank zu Pkw ergeben, dass die Emissionen neu zugelassener Pkw in Baden-Württemberg derzeit rund 2 % höher liegen dürften als im Bundesschnitt und damit etwa 9 % höher als im EU-Schnitt.

Bei privaten Fahrzeugen ist zwischen 2010 und 2014 eine starke Zunahme bei den großen Fahrzeugen zu verzeichnen. Dieser derzeit zu beobachtende Trend einer weiteren Zunahme großer Pkw bei den Neuzulassungen, insbesondere privater Halter wird bis zum Jahr 2020 fortgeschrieben. Es wurde daher die Annahme getroffen, dass die Anteile der kleinen, mittleren und großen Pkw bei den privaten Neuzulassungen sich bis 2020 an das Niveau der gewerblichen Zulassungen aus dem Jahr 2014 angleichen.

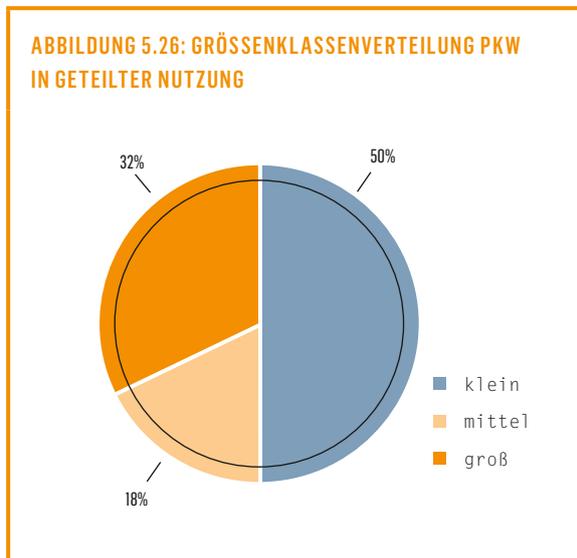


Quelle: eigene Darstellung auf Basis von KBA-Daten

Für Fahrzeuge im Carsharing und Ridesharing wurde dagegen angenommen, dass hier deutlich öfter auch kleinere Fahrzeuge zum Einsatz kommen (50%).



Quelle: eigene Darstellung



Quelle: eigene Darstellung

#### 5.4.2.3. RAUMKATEGORISIERUNG

Um verschiedene Rahmenbedingungen wie z. B. Carsharing oder emissionsfreie Innenstädte bei der Neuzulassungsmodellierung zu berücksichtigen, wird nach Raumtypen differenziert. Dabei wurde wie in Renewbility III die Einteilung nach Ortsgrößenklassen verwendet.

#### 5.4.2.4. NUTZERPROFILE

Aus der Kombination von drei Fahrzeuggrößenklassen, vier Haltergruppen und sechs Ortsgrößenklassen ergeben sich insgesamt 72 Gruppen. Für jede dieser Gruppen wiederum wurden in der Modellierung zehn verschiedene Nutzerprofile verwendet, d. h. insgesamt  $10 \cdot 36 = 360$  Profile. Die Nutzerprofile wurden auf Basis von MiD (für private Halter) sowie KiD (für gewerbliche Halter) abgeleitet.

Zu den zukünftigen Einsatzprofilen von Carsharing- und Ridesharing-Fahrzeugen gibt es bisher noch keine Daten, sodass hierfür eigene Annahmen getroffen werden mussten. Hinterlegt wurde eine Jahresfahrleistung dieser Fahrzeuge von 80.000 km.

#### 5.4.2.5. TECHNOLOGIEDATEN UND REALVERBRAUCH

Die Daten zu Fahrzeugtechnologien, deren Minderungspotenzial und Kosten basieren auf der Technologiedatenbank des Öko-Instituts (Hülsmann et al. 2014). Für die Verwendung im Modell wurden die vorhandenen Technologiedaten aufbereitet. Die Technologiedaten und Minderungspotenziale beziehen sich auf den derzeit gültigen Testzyklus NEFZ, welcher mindestens bis 2021 maßgeblich sein wird zur Erreichung der EU-Grenzwerte.

Energieverbrauch und Emissionen von Pkw liegen im realen Betrieb höher als die im Testzyklus (derzeit: NEFZ) gemessenen Werte. Die Abweichung zwischen den im NEFZ gemessenen Testzyklusemissionen und dem realen Verbrauch wird jedoch im Modell berücksichtigt. Dabei werden bis 2015 die Abweichungen aus (Tietge et al. 2016) übernommen.

Im Zeitraum 2001–2015 ist demnach die Abweichung zwischen NEFZ und Realverbrauch von 8% auf rund 40% angestiegen.

<sup>75</sup> Gemäß der Definition in 5.1.2, d.h. inkl. gewerblich zugelassene Fahrzeuge ohne Carsharing und Ridesharing

Ohne Einführung des neuen Testzyklus WLTP könnte die Diskrepanz weiter auf 49 % im Jahr 2021 ansteigen (Miller 2016). Mit Einführung des WLTP (ab 2017) kann die Diskrepanz zwischen Testzyklus und Realverbrauch reduziert werden und liegt nach Annahmen des ICCT im Jahr 2021 bei 23 % statt 49 %. Allerdings findet im Zuge der Umstellung von NEFZ auf WLTP durch den sogenannten „Korrelationsprozess“ auch eine Umrechnung der im Prüfstand gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in WLTP auf NEFZ statt. Es wird angenommen, dass der durchschnittliche Korrelationsfaktor/Umrechnungsfaktor zwischen NEFZ und WLTP bei 1,15 liegen wird. Für die Bestimmung des Gesamteffektes der Einführung des WLTP müssen diese beiden Effekte berücksichtigt werden: Einerseits die Reduktion der Diskrepanz (im Jahr 2021: von 49 % auf 23 %), andererseits der Umrechnungsfaktor von 1,15. Insgesamt bedeutet das, dass die realen Emissionen neu zugelassener Pkw im Jahr 2021 um rund 5 % niedriger liegen könnten als ohne Einführung des WLTP (5 % = 1 - 1,15 \* 1,23 / 1,49).

Auch beim WLTP gibt es Flexibilität, welche von den Fahrzeugherstellern genutzt werden können. Das ICCT geht daher davon aus, dass die Diskrepanz zwischen WLTP-Testzyklus und Realverbrauch weiter ansteigen wird, und zwar auf 31 % im Jahr 2025. Die 31 % beruhen auf bereits bekannten Flexibilität des WLTP und stellen daher eher eine Untergrenze für die zu erwartenden Abweichungen dar, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden (Miller 2016). Diese Annahme wird in den Szenarien verwendet.

#### 5.4.2.6. BATTERIEPREISENTWICKLUNG

Für die Entwicklung der Batteriesystemkosten werden folgende Annahmen getroffen:

| Jahr | Kosten in Euro/kWh |
|------|--------------------|
| 2015 | 250                |
| 2020 | 150                |
| 2025 | 120                |
| 2030 | 100                |
| 2035 | 95                 |

Quellen: Wolfram und Lutsey 2016; Hackmann et al. 2015, eigene Darstellung

Die dabei zugrunde gelegte Batteriekapazität beträgt 25 kWh in 2015 und 40 kWh ab 2020. Bei niedrigeren Batteriekapazitäten wie z. B. bei Plug-in-Hybridfahrzeugen sind die spezifischen auf die Kilowattstunde bezogenen Kosten höher, bei höheren Kapazitäten werden sie durch den niedrigeren Anteil der Systemkosten geringer.

Es wurde die Annahme getroffen, dass sich die durchschnittliche Reichweite batterieelektrischer Fahrzeuge von 150 Kilometern im Jahr 2010 bis zum Jahr 2020 auf 300 Kilometer erhöht. Dabei handelt es sich um die tatsächlich realisierbare Reichweite, d. h. unter Berücksichtigung der Tatsache, dass im realen Betrieb nicht die Reichweiten des Testzyklus (NEFZ) realisiert werden.

#### 5.4.2.7. FIXKOSTEN UND VARIABLE KOSTEN

Fixkosten und variable Kosten der Pkw-Nutzung werden aus Renewbility III übernommen. Zu den Fixkosten der Fahrzeugnutzung zählen der Anschaffungspreis (gemäß Technologiedatenbank) sowie jährliche Fixkosten, d. h. die Kfz-Steuer sowie Kosten für Versicherung.

Variable Kosten der Fahrzeugnutzung sind zum einen die Kraftstoffkosten (in Abhängigkeit der Kraftstoffpreise). Bei den elektrischen Fahrzeugen sind dabei in den Szenarien die Kosten für die Ladeinfrastruktur enthalten. Dazu kommen als weitere variable Kosten die Kosten für Reifen, Pflege, Wartung, Reparatur.

#### 5.4.2.8. MOTORISIERUNGSRATE

Die Größe des Pkw-Bestandes insgesamt ist (über die Motorisierungsrate) Inputgröße in die Modellierung. Die Motorisierungsrate wird auf Basis der Pkw-Besitzquoten (siehe Kapitel 5.1.6) sowie Annahmen zur Nutzung/Auslastung von Carsharing- und Ridesharing-Pkw abgeleitet.

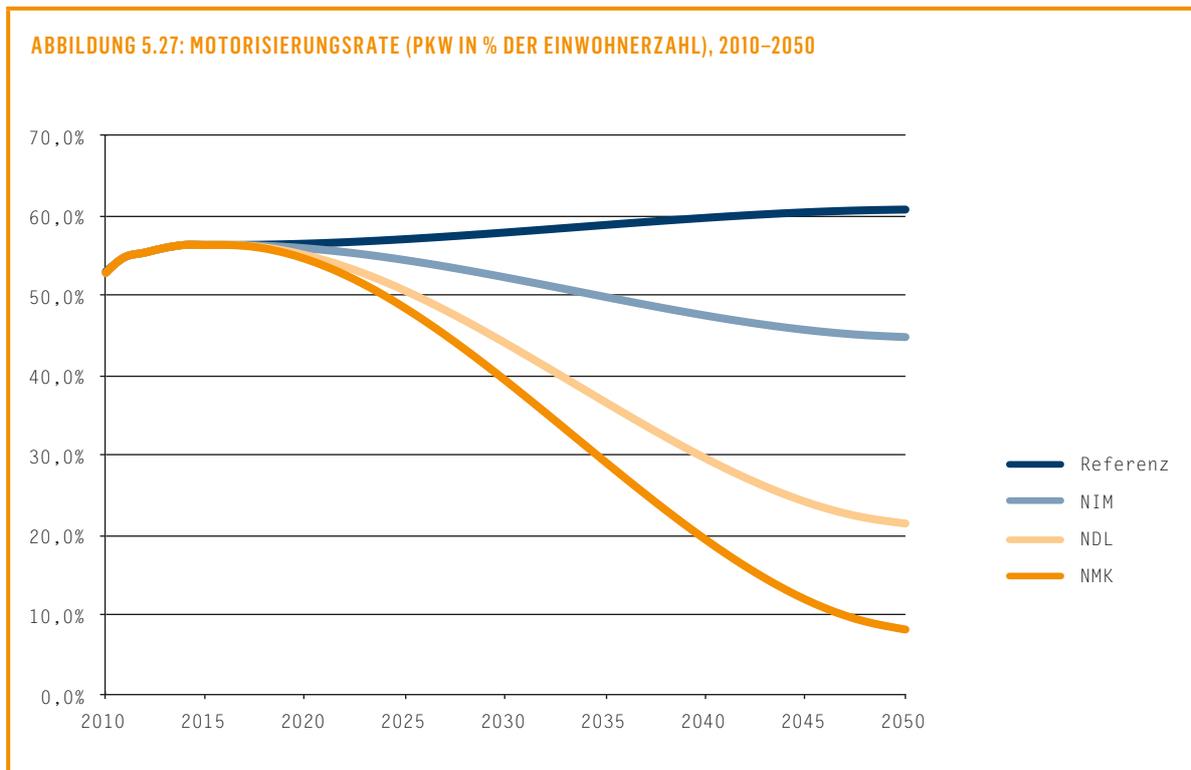
Für die Bestimmung der Anzahl der Pkw im Jahr 2050 ist zu differenzieren zwischen Carsharing- und Ridesharing-Fahrzeugen einerseits und den „klassischen“ Pkw andererseits (hier vorwiegend Pkw privater Halter, aber auch gewerbliche Fahrzeuge).

Für letztere Gruppe wird die Annahme getroffen, dass das heutige Verhältnis aus Pkw-Besitzquote der Haushalte (Anteil der Personen in Haushalten mit mindes-

tens einem Pkw; 2010: 84 %) und Motorisierungsrate der Bevölkerung (Verhältnis von Pkw-Zahl zu Bevölkerungsanzahl; 2010: 53 %) konstant bleibt; d. h. die in Kapitel 5.1.6 hergeleiteten Veränderungen der Pkw-Besitzquote lassen sich auf die Pkw-Anzahl übertragen.

Hinzu kommen die Pkw, welche im Carsharing- und Ridesharing-System eingesetzt werden. Deren Anzahl wird bestimmt, indem die Gesamtfahrleistung von Carsharing- bzw. Ridesharing-Fahrzeugen, die sich aus der Herleitung der Verkehrsnachfrage ergibt, durch die angenommene durchschnittliche Jahresfahrleistung von 80.000 Kilometern dividiert wird.

Für die Entwicklung des Pkw-Bestandes bis 2015 wird auf Daten des Kraftfahrtbundesamtes zurückgegriffen. Insgesamt ergibt sich der in Abbildung 5.27 dargestellte Verlauf des Verhältnisses von Pkw-Bestand zu Bevölkerungszahl. Im Zeitraum 2010–2015 war ein Anstieg um gut 3 %-Punkte auf 56,3 % zu verzeichnen. Im Referenzszenario nimmt der Pkw-Bestand weiter zu auf 58 % im Jahr 2030 und 61 % im Jahr 2050. In den Szenarien dagegen geht die Motorisierungsrate langfristig zurück. Im Szenario NIM liegt sie mit 447 Pkw/Tsd. EW etwas unter dem Niveau von 2010. Ein deutlicher Rückgang ergibt sich im Szenario NDL (214 Pkw/Tsd. EW) und im Szenario NMK (81 Pkw/Tsd. EW).



Quelle: eigene Berechnungen

### 5.4.3. MODELLIERUNG DER KAUFENTSCHEIDUNG

Die Kaufentscheidung wurde mit einem zweistufigen Modell, bestehend aus einem TCO-Modell und einem Logit-Modell, abgebildet. Das Logit-Modell dient dabei dazu, antriebstypenspezifische Nutzenunterschiede, die über die rein ökonomische Betrachtung hinausgehen, zu berücksichtigen.

#### 5.4.3.1. TCO-MODELL

Das TCO-Modell ermittelt die Gesamtkosten der Fahrzeugnutzung über die Haltedauer des Fahrzeugs aus Perspektive des Nutzers. In die TCO-Berechnung fließen folgende Kostenkomponenten ein:

- ▶ Anschaffungspreis,
- ▶ Kraftstoffkosten,
- ▶ Kfz-Steuer,
- ▶ Steuerersparnis durch Abschreibung (bei gewerblichen Nutzern),
- ▶ Sonstige Fixkosten (Wartung, Reparatur etc.),
- ▶ Restwert.

Je Antriebstyp und Größenklasse stehen dem Käufer verschiedene Fahrzeuge mit unterschiedlich hohem Verbrauch und damit unterschiedlichen Anschaffungspreisen und Kraftstoffkosten zur Auswahl. Die TCO-Kosten ergeben sich dann unter Berücksichtigung der Haltedauer und der jährlichen Fahrleistung des Nutzerprofils.

Bei privaten Fahrzeugkäufern werden die langfristigen Kosten der Fahrzeughaltung und -nutzung in der Kaufentscheidung meist nicht berücksichtigt, d. h. es findet eine gedankliche Abzinsung statt (Mock 2010). Es wird angenommen, dass die privaten Pkw-Käufer nur die ersten drei Jahre bei ihrer Kaufentscheidung zugrunde legen und für zukünftige Zahlungen eine Diskontrate von 10 % anwenden. Bei gewerblichen Haltern wird eine Nutzungsdauer von vier Jahren und eine Diskontrate von 5 % hinterlegt.

Zusätzlich wird bei gewerblichen Haltern die Abschreibung berücksichtigt, welche mindernd auf die Unternehmenssteuern wirkt. Es wird dabei ein Unternehmenssteuersatz von 30 % zugrunde gelegt, sowie eine Abschreibungsdauer von neun Jahren.

Für die Restwerte werden bei Pkw analog zum Vorgehen in Hacker et al. (2015) Regressionskurven zugrunde gelegt, welche den Restwert eines Fahrzeugs unter Berücksichtigung von Anschaffungspreis, Fahrleistung und Fahrzeugalter ermitteln. Der Restwert wird mittels dieser Kurve auf Basis der geplanten Haltedauer berechnet. Bei privaten Nutzern wird der Restwert nach sechs Jahren in der Kaufentscheidung berücksichtigt.

#### 5.4.3.2. LOGIT-MODELL

Ergebnis der TCO-Modellierung sind die Kosten aus Perspektive des Nutzers für verschiedene Antriebe und Effizienzvarianten – jeweils pro Nutzerprofil. Zu welchen Anteilen entscheiden sich nun aber die Nutzer für die verschiedenen Antriebe? Eine reine Auswahl auf Basis der Kostenrechnung wäre nicht geeignet, die antriebsspezifischen Charakteristika bei der Pkw-Wahl zu berücksichtigen und würde somit z. B. zu einem sehr hohen Anteil an Erdgas- und Flüssiggasfahrzeugen führen, welche sich im realen Kaufverhalten jedoch nicht widerspiegelt. Die antriebsspezifischen Charakteristika werden daher über ein Logit-Modell abgebildet.

Zunächst wird dafür angenommen, dass sich der Nutzer *innerhalb* eines Segmentes und eines Antriebstyps für das jeweils günstigste Fahrzeug entscheiden würde. Mit dem Logit-Modell wird dann modelliert, für welchen Antriebstyp sich der Nutzer unter diesen Fahrzeugen entscheidet.

Die Wahrscheinlichkeit für den Kauf eines Pkw mit dem Antrieb  $i$  kann mit dem Logit-Modell beschrieben werden mittels der Gleichung

$$P(X_i) = \frac{\exp(\text{val}(X_i))}{\sum \exp(\text{val}(X_i))}.$$

Dabei bezeichnet  $X_i$  einen Pkw mit Antrieb  $i$ .  $\text{val}(X_i)$  ist eine Wertfunktion, die der TCO des Fahrzeugs  $X_i$  entspricht und sich je nach Käufer unterscheidet, denn sie hängt u. a. von der Haltergruppe (gewerblich/privat) und dem geplanten Fahrleistungsprofil des Käufers ab.

Die Logit-Parameter des Modells wurden auf Basis des Fahrzeugdatensatzes der MiD 2008 geschätzt, und zwar je Antriebstyp und Halter (Follmer et al. 2010). Nur für Antriebstypen, die in dem Datensatz ausreichend vorkommen – d. h. Benzin und Diesel, konnten daher Logit-Parameter geschätzt werden. Das Modell

bildet mit den auf Basis der MiD-Daten ermittelten Parametern für Benzin und Diesel deren Neuzulassungsanteile in den Jahren 2010–2014 hinreichend gut ab. Für die Ermittlung von Logit-Parametern von alternativen Antrieben lagen keine ausreichenden empirischen Daten vor. Die Parameter für alternative Antriebe wurden deshalb so gewählt, dass die ermittelten Neuzulassungsanteile in den Jahren 2010–2014 möglichst gut zu den tatsächlichen Anteilen passen.

Bei Benzin- und Dieselfahrzeugen wurden die Logit-Parameter konstant gelassen, d. h. es wurde angenommen, dass sich – bis auf die Kosten – keine Veränderung ihrer Attraktivität ergibt. Bei elektrischen Fahrzeugen dagegen wurden die Logit-Parameter nicht konstant gelassen, denn es ist davon auszugehen, dass elektrische Fahrzeuge in Zukunft u. a. durch eine zunehmende Anzahl von Modellen attraktiver werden. Maßgeblich für die Fortschreibung der Logit-Parameter war die VP 2030, d. h. unter den Rahmenbedingungen der VP sollten die dort hinterlegten Anteile von sechs Mio. Elektrofahrzeugen im Jahr 2030 erreicht werden.

Es wurde die Annahme getroffen, dass batterieelektrische Fahrzeuge bis zum Jahr 2050 und Plug-in-Fahrzeuge bis zum Jahr 2030 ebenso attraktiv sind (d. h. denselben Logit-Parameter haben) wie Benzin-Fahrzeuge. Mit dieser Annahme konnten die in der VP 2030 hinterlegten Bestandszahlen erreicht werden. Vor dem Hintergrund der derzeit sinkenden Batteriepreise und damit ggf. schnelleren Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen handelt es sich jedoch möglicherweise um eine eher konservative Annahme.

#### 5.4.3.3. LANGE FAHRTEN ALS RESTRIKTION FÜR DIE ANSCHAFFUNG VON ELEKTROFAHRZEUGEN

Ist bei der Anschaffung eines Pkw für den Käufer klar, dass mit diesem Fahrzeug mehrfach im Jahr lange Fahrten durchgeführt werden sollen, so kann dies eine Restriktion für die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs darstellen. Dies wurde mit einer an dem Projekt OPTUM (Zimmer et al. 2011) orientierten Methodik im Neuzulassungsmodell abgebildet.

Die Anzahl „langer Fahrten“ je Fahrzeug liegt im Fahrzeugdatensatz von MiD bzw. KiD nicht vor. Daher wurde zunächst aus dem Wegedatensatz von MiD bzw. KiD die durchschnittliche jährliche Anzahl von Fahrten, welche über eine bestimmte Distanz hinausgehen, ermittelt. Dies erfolgte für  $i=30$  Gruppen, wel-

che differenziert sind nach Haltergruppe, Größenklasse, und unterteilt nach der Jahresfahrleistung der Pkw (<10.000, 10.000–20.000 und über 20.000 Kilometer bei privaten Pkw, bzw. Einsatzbereich nah/fern bei gewerblichen Pkw). Ist  $\lambda_i$  die durchschnittliche Anzahl langer Fahrten in einer Gruppe  $i$ , so wurde anschließend hinterlegt, dass die Anzahl langer Fahrten eines bestimmten Fahrzeugs dieser Gruppe einer Poissonverteilung mit Mittelwert  $\lambda_i$  folgt. Hieraus lässt sich dann die Wahrscheinlichkeit berechnen, dass eine bestimmte Anzahl  $x$  von langen Fahrten überschritten wird. Für die hinterlegte Anzahl langer Fahrten siehe Renewability III.

Es wird analog zu dem Projekt OPTUM (Zimmer et al. 2011) die Annahme getroffen, dass beim Kauf eines batterieelektrischen Pkw maximal acht Fahrten pro Jahr länger sein dürfen als die Reichweite des Fahrzeugs. Für Plug-in-Hybridfahrzeuge wird ein elektrischer Fahranteil in Höhe von 75 % der Fahrleistung hinterlegt.

#### 5.4.3.4. BERÜCKSICHTIGUNG DER GRENZWERTE IN DER MODELLIERUNG

Bei einer ambitionierten Fortschreibung der Pkw-Emissionsstandards können diese durch die Hersteller unter Umständen nur eingehalten werden, wenn sie Anreize für den Kauf besonders effizienter Pkw schaffen. Dies wird im Modell über eine Anpassung der Kaufpreise durch die Hersteller berücksichtigt, bei der Fahrzeuge mit besonders niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen günstiger werden und Fahrzeuge mit besonders hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gegenzug teurer werden. Dies wird so ausgestaltet, dass der Gesamtgewinn der Hersteller gleich bleibt. Dieser Modellierungslogik liegt die Überlegung bzw. Annahme zugrunde, dass die Fahrzeughersteller – um den jeweiligen Grenzwert über die gesamten Neuzulassungen einzuhalten – nötigenfalls die Gewinnmarge bei effizienten Fahrzeugen verringern werden und dafür weniger effiziente Fahrzeuge zu einem höheren Preis auf dem Markt anbieten werden.

Dabei wird folgendermaßen vorgegangen: Wird durch das Ergebnis von TCO-Modell und Logit-Modell (ohne Kaufanreize) der jeweils gültige Grenzwert nicht eingehalten, so werden mehrere Iterationsschritte mit dem Modell durchgeführt. Dabei wird der Kaufpreis in Abhängigkeit vom CO<sub>2</sub>-Ausstoß so lange variiert, bis der Grenzwert eingehalten wird.

#### 5.4.4. BESTANDSMODELLIERUNG

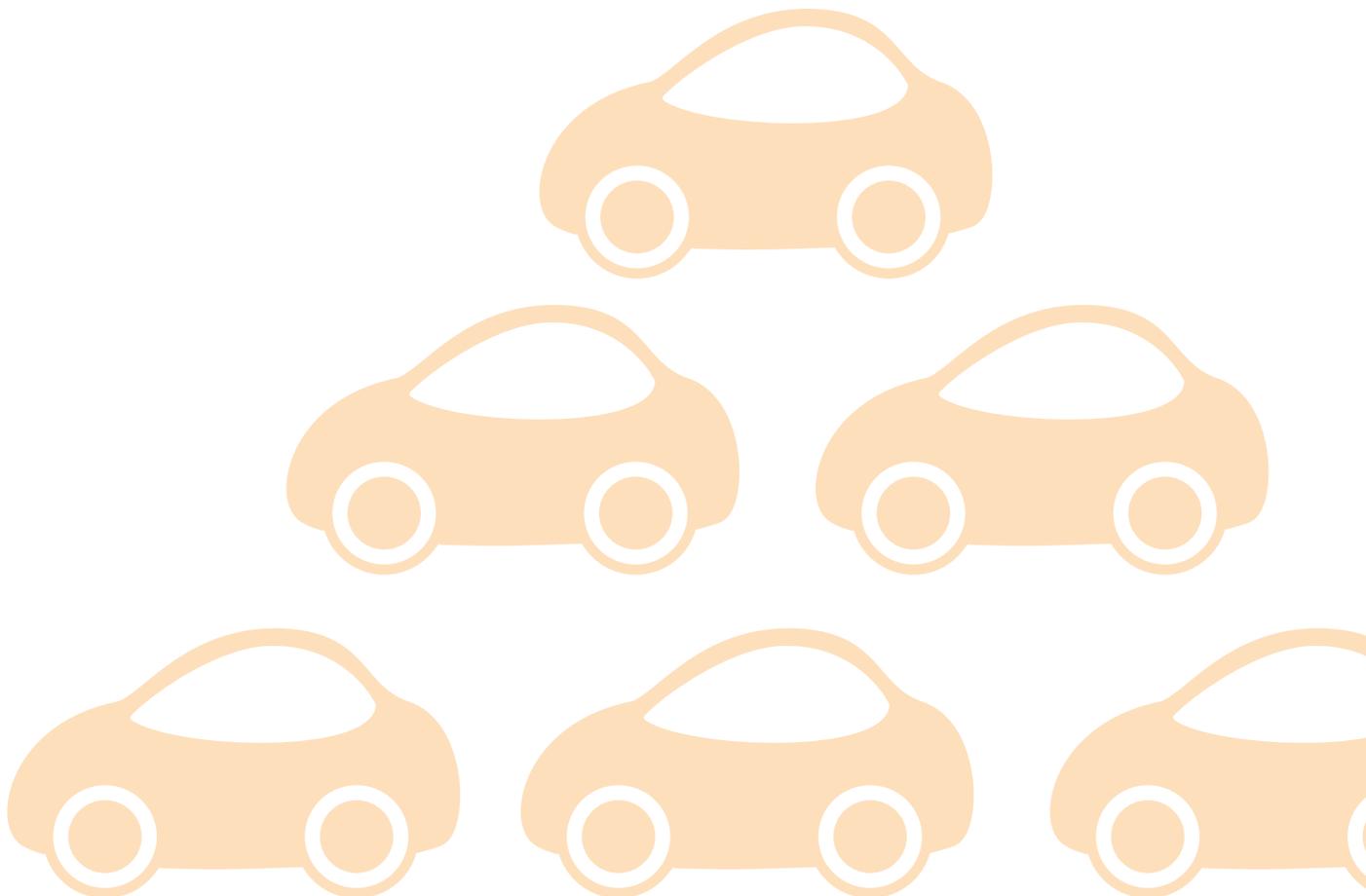
Die Größe des Pkw-Bestandes insgesamt ist (über die Motorisierungsrate) Inputgröße in die Modellierung. Es wird ebenso wie in TREMOD jeweils der Bestand zur Mitte eines Jahres modelliert, da dieser als Proxy für die durchschnittlichen jährlichen Emissionen der Pkw in dem entsprechenden Jahr besser geeignet ist als der Pkw-Bestand zum Beginn oder zum Ende des Jahres.

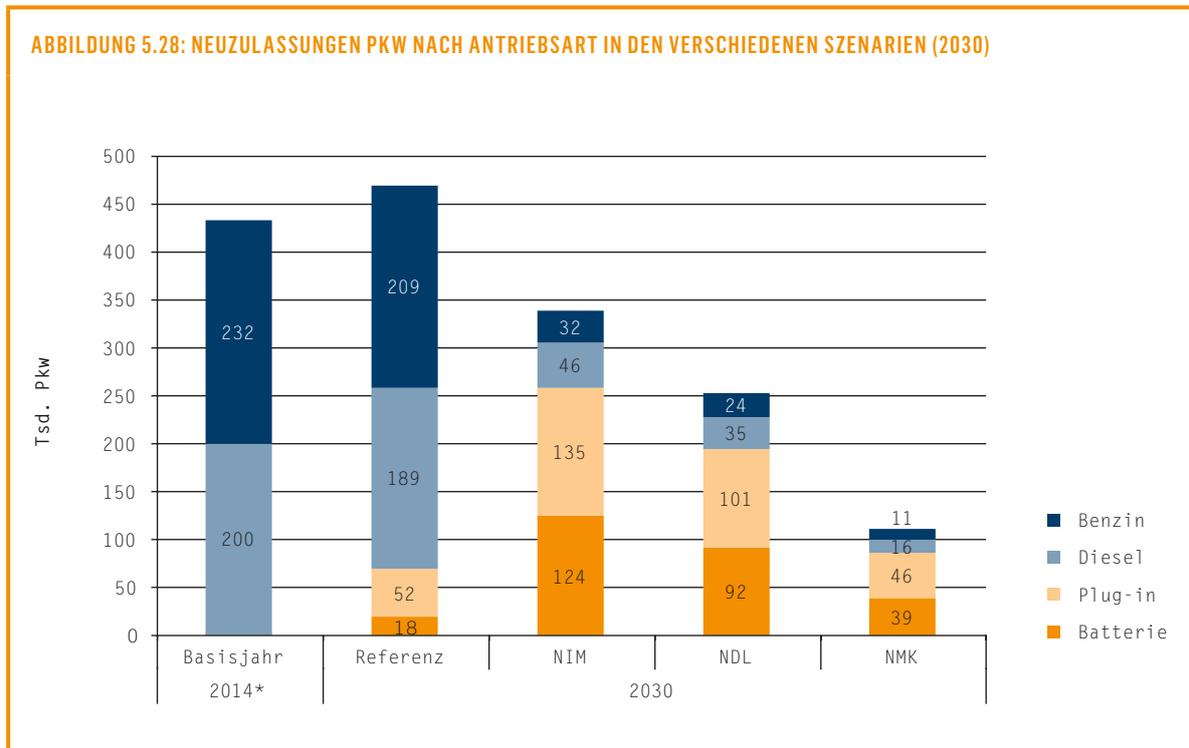
Für das Basisjahr wurden Bestandsdaten von TREMOD genutzt. Diese wurden an die Größenklassenzusammensetzung und Antriebszusammensetzung in Baden-Württemberg angepasst; d. h. die Fahrzeuge sind im Schnitt etwas größer und haben höhere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen (s. o.).

Die Lebensdauer im deutschen Pkw-Bestand wird über Überlebenskurven abgebildet, welche aus dem Modell TREMOD übernommen wurden (Knörr et al. 2012). Diese Überlebenskurven sind abhängig von Größen-

klasse und Antrieb. Sie bilden die derzeit typische Fahrzeugnutzung ab. Werden Fahrzeuge intensiver genutzt, so ist von einer kürzeren Lebensdauer auszugehen. Für Carsharing- und Ridesharing-Fahrzeuge wird angenommen, dass sie dreimal so schnell aus dem Bestand gehen wie die übrigen Fahrzeuge.

Die Anzahl der Neuzulassungen zwischen zwei Zeitpunkten  $i$  und  $i+1$  (d. h. z. B. zwischen dem 1.7.2020 und dem 1.7.2021) ergibt sich, indem von der Anzahl der Fahrzeuge zum 1.7.2021 (Modellinput) die Anzahl der Fahrzeuge abgezogen wird, welche bereits am 1.7.2020 zugelassen waren und auch noch ein Jahr später im Bestand sind (berechnet mittels der Überlebenskurven). Welchen Anteil die verschiedenen Antriebe an den Neuzulassungen haben und wie effizient die neu zugelassenen Pkw sind, ergibt sich aus dem Neuzulassungsmodell. Dabei wird dann jeweils zur Hälfte die ermittelte Neuzulassungsstruktur für die Jahre  $i$  und  $i+1$  verwendet (im Beispiel also 2020 und 2021).





Quelle: eigene Darstellung

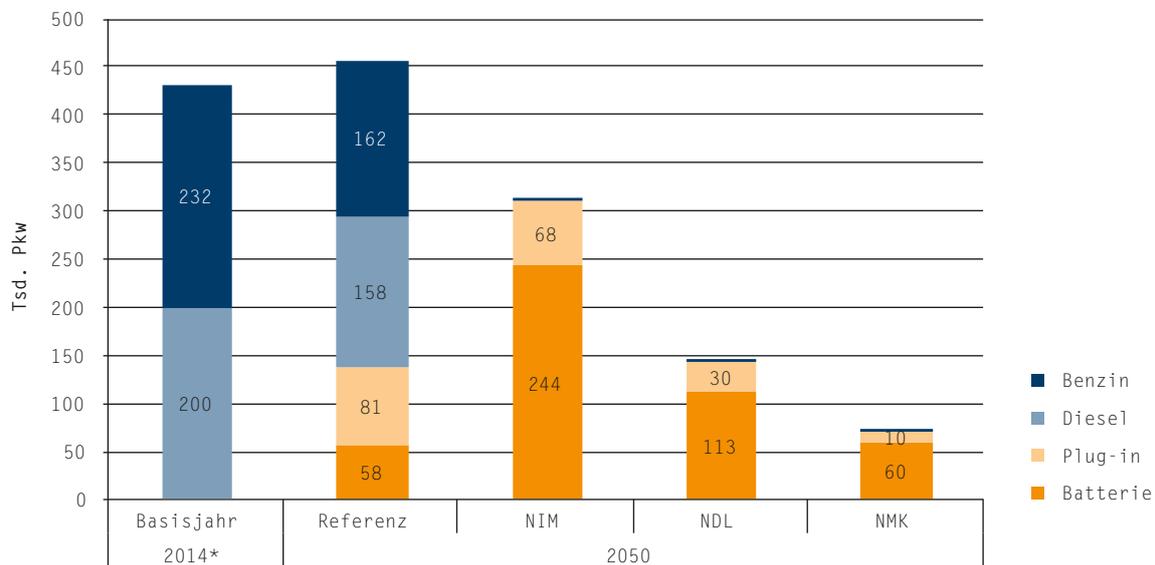
### 5.4.5. ERGEBNISSE PKW

Abbildung 5.28 weist die Neuzulassungen pro Jahr im Pkw-Bereich nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2030 aus.

Im Basisjahr 2014 dominieren Benzin- und Dieselfahrzeuge. Für 2030 zeigt sich im Referenzszenario weiterhin die Dominanz konventioneller Fahrzeuge, wenngleich sich eine aufkommende Verbreitung von elektrischen Fahrzeugen (Plug-in, Batterie) in den Neuzulassungen niederschlägt. Insgesamt wird dabei die Zahl an Neuzulassung gegenüber 2014 im Referenzszenario noch leicht gesteigert. Bedingt unter anderem durch eine mittlere (NIM) bis hohe (NDL, NMK) Affinität zur multimodalen Verkehrsmittelwahl geht die Zahl an Neuzulassungen in allen drei Szenarien dagegen zurück. Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ reduziert sich die Nachfrage nach neuen Pkw sogar um rund 75% gegenüber dem Basisjahr.

In allen drei Szenarien hinterlegt ist die Annahme, dass bereits bis 2030 deutliche Maßnahmen zur Unterstützung des Umstiegs vom Verbrennungsmotor auf den elektrischen Antrieb umgesetzt werden (z.B. Grenzwerte bzw. E-Fahrzeug-Quote sowie flankierende Maßnahmen). Dadurch steigt die Zahl an Plug-in- und batterieelektrischen Fahrzeugen stark an, sodass diese in allen Szenarien die Neuzulassungen dominieren.

ABBILDUNG 5.29: NEUZULASSUNGEN PKW NACH ANTRIEBSART IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN (2050)

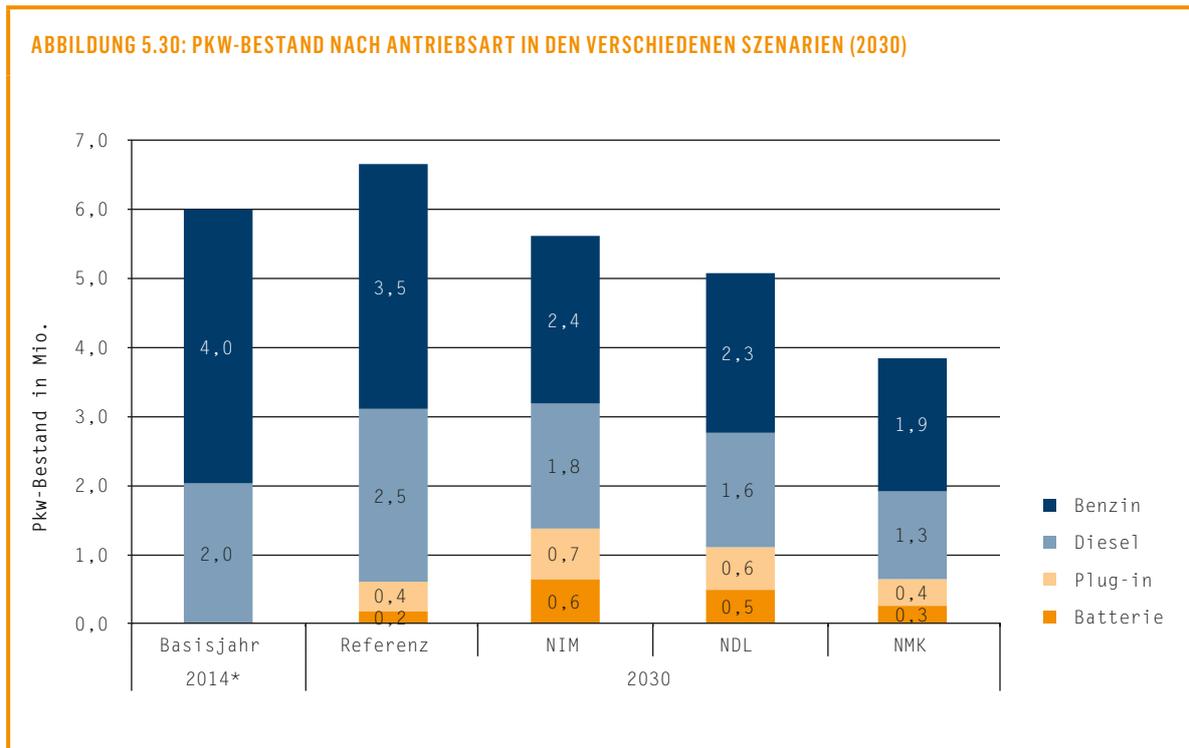


Quelle: eigene Darstellung

Die Szenarien stellen eine mögliche Entwicklung dar. Je nach den Rahmenbedingungen sind auch andere Entwicklungen denkbar. Beispielsweise könnte der Anteil von Dieselfahrzeugen niedriger ausfallen, wenn es nicht gelingt, bei Dieselfahrzeugen zügig die Schadstoffemissionen im Realbetrieb einzuhalten und dadurch politische Restriktionen (wie Fahrverbote) drohen. Andererseits könnten die Anteile rein batterieelektrischer Fahrzeuge auch höher liegen, da diese zu niedrigeren Kosten verfügbar sind als Plug-in-Fahrzeuge. Bei zunehmend attraktiven batterieelektrischen Modellen sowie einer zuverlässigen Ladeinfrastruktur könnten also batterieelektrische Fahrzeuge auch einen höheren Anteil ausmachen.

Gegenüber 2030 (siehe Abbildung 5.28) wächst die Bedeutung von elektrischen Antrieben (Plug-in, Batterie) auch im Jahr 2050 bei den Neuzulassungen der Pkw in den Szenarien noch weiter an (Abbildung 5.29). Im Referenzszenario basiert dagegen ein Großteil der Neuzulassungen weiterhin auf Benzin- und Dieselfahrzeugen. In den Szenarien NIM, ND und NMK hingegen geht der Anteil an Benzin- und Dieselfahrzeugen (nahezu) auf null zurück. Neuzugelassene Fahrzeuge sind demnach in 2050 vorwiegend batterieelektrische Fahrzeuge, welche um Plug-in-Fahrzeuge ergänzt werden. Auch wird die Zahl an Neuzulassungen in den drei Szenarien gegenüber 2030 nochmals weiter reduziert.

Neben der Antriebsstruktur gibt es auch Veränderungen bezüglich der Besitzstruktur: So steigt der Anteil der Carsharing-Fahrzeuge an den Neuzulassungen von unter 0,1% in 2014 im Szenario ND auf 16% und im Szenario NMK auf 12% der Pkw-Neuzulassungen.



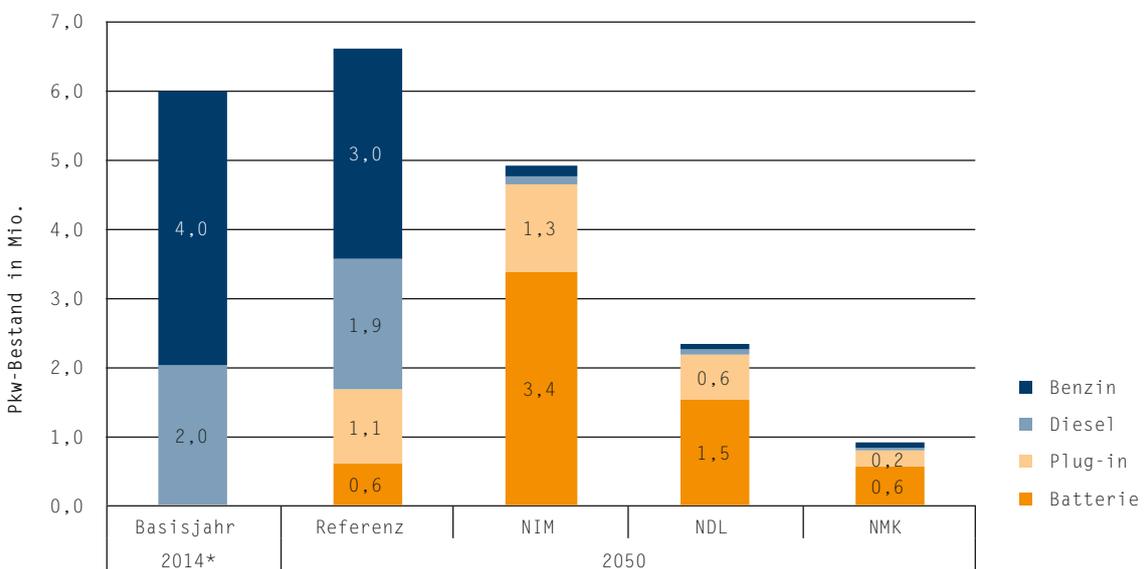
Quelle: eigene Darstellung

Im Pkw-Bestand zeigt sich, dass in allen Szenarien die Benzin- und Dieselfahrzeuge im Jahr 2030 noch dominierend sind (Abbildung 5.30), was an der Lebensdauer der Pkw liegt und damit daran, dass sich hohe Neuzulassungsanteile alternativer Antriebe erst mit Verzögerung im Fahrzeugbestand widerspiegeln.

Gegenüber dem Basisjahr 2014 steigt im Referenzszenario zunächst der Gesamtbestand an Pkw um 645.000 Fahrzeuge an. Dabei ist eine Zunahme an Plug-in- (432.000 Fzg.) wie auch batterieelektrischen Fahrzeugen (185.000 Fzg.) zu verzeichnen. Daneben geht die Zahl an Benzinfahrzeugen im Bestand um 433.000 Fahrzeuge zurück, was jedoch weitestgehend durch den Anstieg an Dieselfahrzeugen ausgeglichen wird (+ 461.000 Fzg.). Im Vergleich dazu wird in den Szenarien NIM, NDL und NMK der Bestand an Pkw bis 2030 um bis zu 36 % gegenüber 2014 (NMK) gesenkt.

Der Rückgang der Gesamtfahrzeuge im Bestand schlägt sich dabei vor allem durch einen starken Rückgang an Benzin- und Dieselfahrzeugen nieder. Zudem machen sich 2030 auch der zunehmende Anteil an Plug-in- und batterieelektrischen Fahrzeugen bei den Neuzulassungen in den drei Szenarien bemerkbar, welche den Pkw-Bestand mit konventionellen Antriebsarten um 17 % (NMK) bis zu 25 % (NIM) ergänzen.

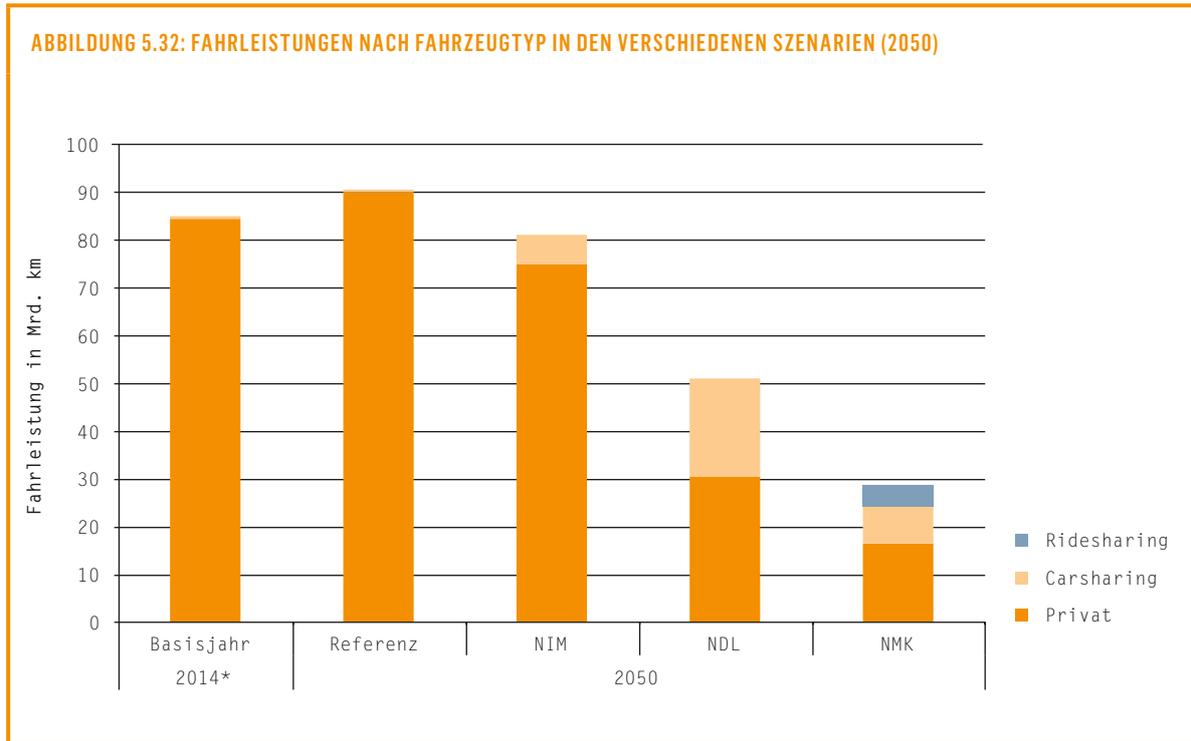
ABBILDUNG 5.31: PKW-BESTAND NACH ANTRIEBSART IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN (2050)



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 5.31 weist den Pkw-Bestand nach Antriebsart in den verschiedenen Szenarien im Jahr 2050 aus. Im Referenzszenario dominieren weiterhin konventionelle Fahrzeuge. Der Bestand geht hierbei zwar gegenüber 2030 insgesamt um 27.000 Fahrzeuge zurück, liegt aber weiterhin über dem Vergleichswert von 2014. Der Bestand an Plug-in- und batterieelektrischen Fahrzeugen erhöht sich im Referenzszenario auf einen Anteil von 25%. In den Szenarien NIM, NDL und NMK liegt hingegen in 2050 eine vollkommen gewandelte Struktur im Pkw-Bestand vor. Der Anteil an Plug-in- und batterieelektrischen Fahrzeugen im Pkw-Bestand liegt im Jahr 2050 bei rund 90% des Gesamtbestands. Zudem geht der Gesamt-Pkw-Bestand in allen Szenarien zurück, wenngleich auch in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Gegenüber 2014 wird der Pkw-Bestand in den Szenarien damit um bis zu 85% (NMK) reduziert.

Neben dem Fahrzeugbestand spielt bei der Beurteilung des zukünftigen Verkehrsaufkommens insbesondere auch die Fahrleistung eine entscheidende Rolle. Abbildung 5.32 gibt hierzu für das Jahr 2050 einen Einblick in die Auswirkungen der verschiedenen postulierten Szenarien auf die angenommene Fahrleistung je Fahrzeugtyp.



Quelle: eigene Darstellung

Die Fahrleistung liegt im Basisjahr 2014 bei insgesamt 84 Mrd. km, wobei diese zu 99,9 % aus Fahrten mit dem privaten Pkw besteht. Auch im Referenzszenario ändert sich an der Dominanz des privaten Pkws relativ wenig; auch hier geht in 2050 nur knapp 1% der Fahrleistung auf das Carsharing zurück. Zudem ist im Referenzszenario für 2050 ein Anstieg der Gesamtfahrleistung um 5,8 Mrd. km zu verzeichnen. Die Fahrleistungen in den Szenarien NIM, NDL und NMK gehen durch einen anteiligen Umstieg auf ÖV und NMIV hingegen von einer Reduktion der Pkw-basierten Fahrleistung aus. Die größten Einsparungen zeigen sich dabei erneut im NMK-Szenario, bei dem die Fahr-

leistung gegenüber dem Referenzszenario um 68% geringer ausfällt. Zudem steigt in allen drei Szenarien die Bedeutung des Carsharings an. Als Ergänzungsleistung und in der Stadt genutzt werden im NIM-Szenario dabei 7% der Fahrleistung durch diese neue Form der Mobilität erbracht. Als wesentlicher Bestandteil neuer Dienstleistungen ist das Carsharing gerade im NDL-Szenario von zentraler Bedeutung und nimmt hier sogar 40% an der Gesamtfahrleistung ein. Das NMK-Szenario reiht sich mit einem Carsharing-Anteil von 28% dazwischen ein. In diesem Szenario werden zudem rund 15% durch Ridesharing – als Unterstützung zum integrierten ÖV – geleistet.



## 5.5. LKW-NEUZULASSUNGEN UND -BESTAND

### 5.5.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Die Lkw-Neuzulassungen werden ähnlich wie die Pkw, allerdings über einen rein kostengetriebenen (d.h. TCO-)Ansatz, modelliert. Je nach Szenario unterscheiden sich die Kosten für Anschaffung, Kraftstoffe, Versicherung und Maut und somit auch die Antriebswahl.

### 5.5.2. DATENBASIS UND PARAMETER

Neben den leichten Nutzfahrzeugen werden bei Lkw die Fahrzeuge nach zulässigem Gesamtgewicht unterschieden, und zwar in den folgenden vier Größenklassen:

- ▶ Lkw 3,5-7,5 t zGG
- ▶ Lkw 7,5-12 t zGG
- ▶ Lkw >12 t zGG
- ▶ Last- und Sattelzüge

Die Anteile der Größenklassen an den Neuzulassungen sind Modellinput. Die Daten zu Fahrzeugtechnologien, deren Minderungspotenzial und Kosten basieren auf der Technologiedatenbank des Öko-Instituts (Hülsmann et al. 2014). Für die Verwendung im Modell wurden die vorhandenen Technologiedaten aufbereitet, wobei dasselbe Vorgehen angewendet wurde wie bei den Pkw.

Bei den Lkw und leichten Nutzfahrzeugen wurden je Größenklasse 30 Nutzerprofile verwendet. Diese wurden aus der KiD abgeleitet.

Wesentliche Annahme stellt die Verfügbarkeit bestimmter Technologien dar. Bei Lkw werden unterschiedliche technologische Optionen zum Erreichen von Klimaschutzzielen diskutiert, so beispielsweise

- ▶ die heute etablierten Dieselfahrzeuge in Kombination mit dem Einsatz von strombasierten Kraftstoffen,
- ▶ LNG-Lkw (ebenfalls mit strombasierten Kraftstoffen),
- ▶ Oberleitungs-Lkw.

Die Kombination von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen mit strombasierten Kraftstoffen hat einen sehr hohen Bedarf an strombasierten Kraftstoffen zur Folge. In den drei Szenarien wurde daher angenommen, dass der europaweite Aufbau einer Infrastruktur für Oberleitungs-Lkw erfolgt. Hierbei wurde auf die Annahmen aus Renewbility III zurückgegriffen.

### 5.5.3. MODELLIERUNG DER KAUFENTSCHEIDUNG

Die Kaufentscheidung wird mittels eines TCO-Modells abgebildet. Ebenso wie bei Pkw fließen neben den Kosten der Fahrzeuganschaffung auch die variablen Kosten für Kraftstoffe, Reifen, Wartung, Kfz-Steuer in die Modellierung ein. Angenommen wird, dass jeweils das für das jeweilige Einsatzprofil aus TCO-Sicht günstigste verfügbare Modell gewählt wird. Diese Annahme stellt eine (für die Abbildbarkeit im Modell notwendige) Abstraktion dar. Denn de facto werden heute nicht immer die aus TCO-Perspektive günstigsten Fahrzeuge gewählt. Dies liegt unter anderem auch an der mangelnden Informationslage, da es bisher in der EU bei Lkw im Gegensatz zu Pkw (und im Gegensatz zu den USA) keinen verpflichtenden Testzyklus zur Ermittlung der spezifischen Verbräuche gibt<sup>76</sup>. Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Effizienztechnologien wird eine Annahme hinsichtlich der maximalen jährlichen Effizienzsteigerung der auf dem Markt verfügbaren Lkw getroffen. Diese liegt im Referenzszenario (bei den schweren Lkw) bei 1% p. a. und in den anderen Szenarien bei 1,4%. Auch bei der Wahl zwischen Technologiealternativen (Oberleitungs-Lkw vs. konventionelle Antriebstypen) wurde angenommen, dass die Kaufentscheidung rein ökonomisch getrieben erfolgt. Dies setzt also voraus, dass der Oberleitungs-Lkw die Anforderungen erfüllen kann, die heutige Diesel-Lkw mit sich bringen.

### 5.5.4. BESTANDSMODELLIERUNG

Die Bestandsmodellierung von Lkw wurde analog zur Bestandsmodellierung der Pkw durchgeführt. Analog zu TREMOD wird als Ausgangspunkt der deutsche Lkw-Bestand verwendet, welcher anhand der Fahrleistung auf Baden-Württemberg heruntergebrochen wurde. Die Verwendung des deutschen Fahrzeugbestandes als Ausgangsbasis stellt eine Vereinfachung

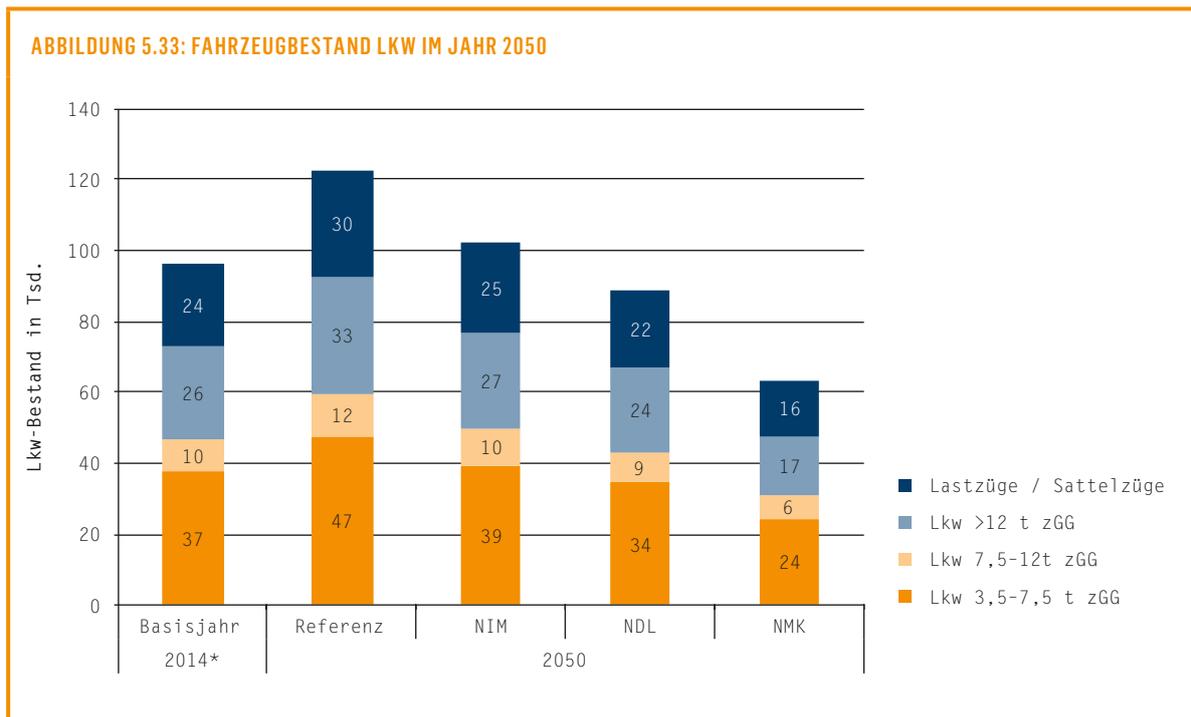
<sup>76</sup> Ein solcher Testzyklus wird aktuell auf EU-Ebene entwickelt.

dar, da gerade bei Lkw ein relevanter Teil der Fahrleistung von ausländischen Lkw erbracht wird. Es wird also implizit die Annahme getroffen, dass sich die Effizienz der Lkw im europäischen Ausland entsprechend zu der Effizienz der in Deutschland zugelassenen Lkw entwickelt. Die Größe des Lkw-Bestandes ist Inputgröße in die Modellierung, und hängt von der Güterverkehrsnachfrage ab.

Lastzüge und Sattelzüge haben (im Basisjahr) einen Anteil von rund 70% an der Fahrleistung der Lkw und 80% an den CO<sub>2</sub>-Emissionen. In diesem Segment kommen in den Szenarien langfristig Oberleitungs-Lkw zum Einsatz. Hierdurch steigt der Anteil der elektrisch erbrachten Fahrleistung deutlich (siehe Abbildung 5.34).

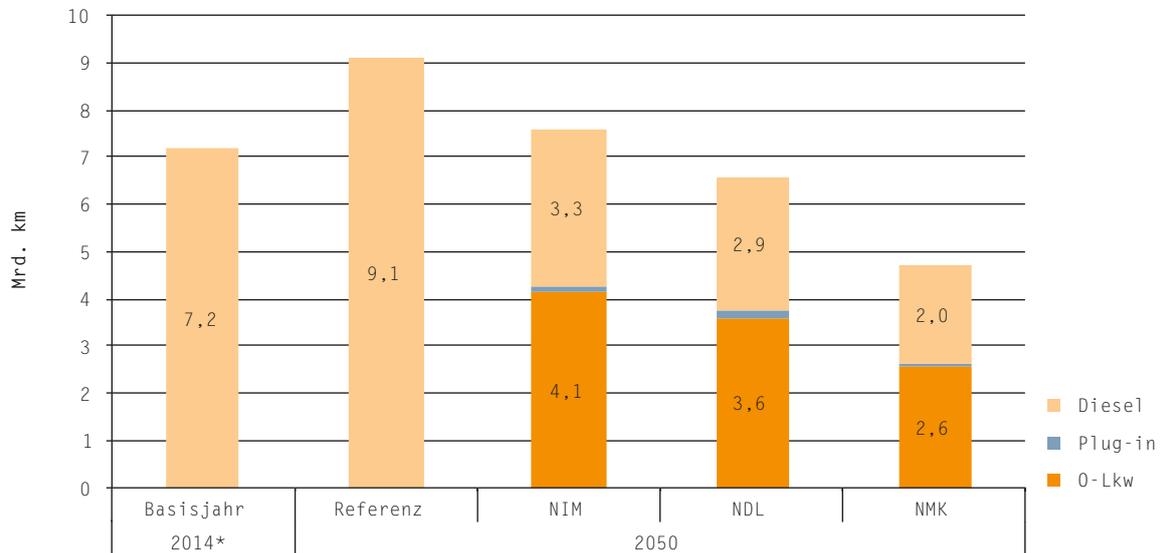
### 5.5.5. ERGEBNISSE LKW UND LEICHTE NUTZFAHRZEUGE

Abbildung 5.33 zeigt den Fahrzeugbestand der Lkw im Jahr 2050 differenziert nach Größenklassen. Gemäß der Annahme, dass sich der Fahrzeugbestand in gleichem Maße wie die Lkw-Fahrleistung verändert, ist der Fahrzeugbestand je nach Szenario unterschiedlich hoch.



Quelle: eigene Darstellung

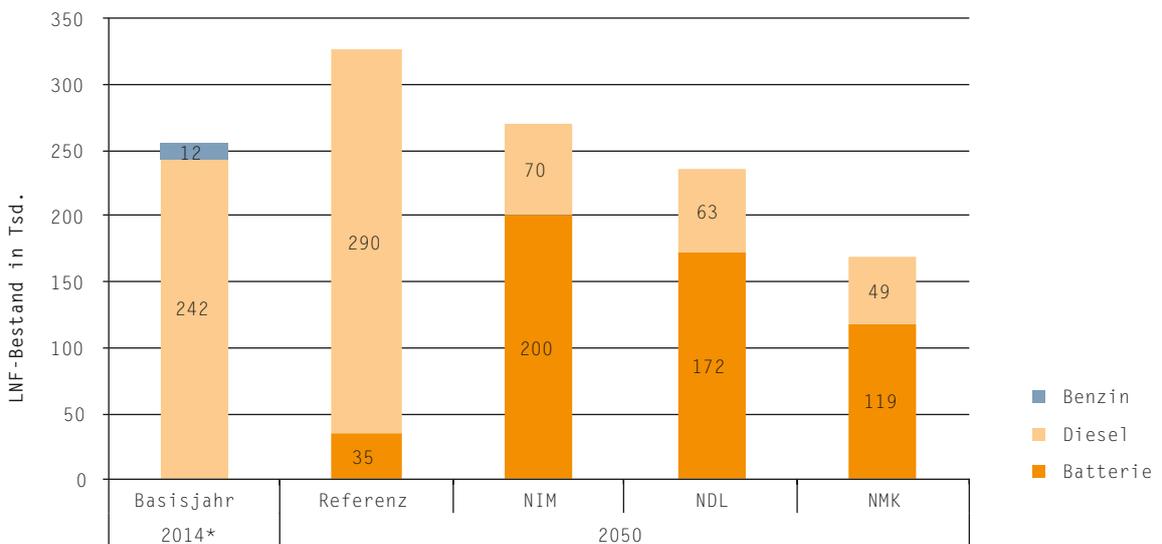
ABBILDUNG 5.34: FAHRLEISTUNG DER LKW NACH ANTRIEBEN IM JAHR 2050



Quelle: eigene Darstellung

Einen deutlichen Anstieg der Elektrofahrzeuge gibt es auch im Segment der leichten Nutzfahrzeuge (siehe Abbildung 5.35). Diese sind – bei einem steigenden Anteil strombasierter Kraftstoffe – auch aus Kostensicht deutlich günstiger als verbrennungsmotorische Fahrzeuge.

ABBILDUNG 5.35: BESTAND LEICHTER NUTZFAHRZEUGE NACH ANTRIEBEN IM JAHR 2050



Quelle: eigene Darstellung

## 5.6. ENDENERGIE UND THG-EMISSIONEN

### 5.6.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Der Endenergiebedarf des Verkehrs wird Bottom-up auf Grundlage der spezifischen Energieverbräuche und der Fahr- und Verkehrsleistungen berechnet.

Bei Pkw und Lkw ist die Effizienzentwicklung der Fahrzeuge Ergebnis der Neuzulassungs- und Bestandsmodellierung (s. o.). Bei den übrigen Verkehrsträgern wurden Neuzulassungen und Bestand nicht explizit modelliert, sondern es werden Annahmen zum Anteil alternativer Antriebe sowie zur Effizienzentwicklung je Personenkilometer bzw. Tonnenkilometer getroffen. Diese werden aus Renewbility III übernommen (für das Referenzszenario aus dem Basisszenario von Renewbility und für die übrigen Szenarien aus dem Szenario „Effizienz“ von Renewbility).

Auf der Basis der Energieverbräuche werden die THG-Emissionen berechnet. Hierfür relevant sind die Annahmen zum Kraftstoffmix und den Anteilen von erneuerbaren Energien im Verkehr.

### 5.6.2. STRATEGISCHE ÜBERLEGUNGEN ZUM EINSATZ ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE

Anteile alternativer (erneuerbarer) Kraftstoffe sind für die Entwicklung der direkten Treibhausgasemissionen im Verkehr ein wesentlicher Einflussfaktor.

In allen drei Szenarien ist eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050 eine gemeinsame Prämisse. Derzeit wird der EE-Anteil im Verkehr im Wesentlichen von Biokraftstoffen erbracht: Im Jahr 2014 lag der (energetische) Anteil von Biokraftstoffen im Verkehr bei rund 5%. Das nachhaltig verfügbare Potenzial von Biokraftstoffen zum Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr ist jedoch eng begrenzt und ihr tatsächlicher Klimaschutzbeitrag ist umstritten. Schon seit Langem ist durch zahlreiche Ökobilanzen bekannt, dass konventionelle Biokraftstoffe gegenüber der Herstellung und Nutzung fossiler Kraftstoffe keinen klaren Vorteil bringen – vor allem dann, wenn man die Effekte durch indirekte Landnutzungsänderungen berücksichtigt. Aber auch das Potenzial von Biokraftstoffen aus Abfall- und Reststoffen, die nicht um begrenzte Landflächen konkurrieren, ist sehr begrenzt (siehe Renewbility III (UBA 2012)).

Da nicht in allen Verkehrsträgern die direkte Stromnutzung eine bis 2050 plausible Option darstellt, wird in den Szenarien angenommen, dass für die verbleibenden Bedarfe strombasierte Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Darunter sind solche Kraftstoffe zu verstehen, die über die Elektrolyse und weiterführende Syntheseprozesse aus Strom hergestellt werden. PtL ist der Überbegriff für flüssige Kohlenwasserstoffe; PtG bezieht sich auf Energieträger, die bei Normalbedingungen gasförmig vorliegen.

Wichtig dabei ist: Je nach Prozess ist die Herstellung strombasierter Kraftstoffe mit hohen Wirkungsgradverlusten verbunden, welche auch zu hohen Herstellungskosten führen. Mit derselben Menge Strom kann ein Elektrofahrzeug sechs bis zehn Mal so weit fahren wie ein verbrennungsmotorisches Fahrzeug, welches mit strombasierten Kraftstoffen betrieben wird. Strombasierte Kraftstoffe sollten aus energetischer Sicht daher nur dann eingesetzt werden, wenn keine andere Option besteht, also voraussichtlich im Luft- und Seeverkehr. Dafür muss zudem sichergestellt werden, dass sie nachhaltig und ausschließlich mit zusätzlichem erneuerbarem Strom produziert werden.

Immer wieder wird auch die Funktion von strombasierten Kraftstoffen als Flexibilisierungsoption im Stromsektor als Argument für deren Nutzung verwendet. Überschussstrom ist jedoch heute nur in geringem Maße vorhanden und wird sich durch Netzausbaumaßnahmen kurzfristig reduzieren. Auch ist ein wirtschaftlicher Betrieb von Anlagen zur Produktion von strombasierten Kraftstoffen nicht denkbar, wenn nur Überschussstrom genutzt wird (Sternier et al. 2014; Flachsbarth und Kasten 2017).

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen sind aus Klimaschutz- und Plausibilitätsgründen strombasierte Kraftstoffe erst mittelfristig (post 2030) einzusetzen. Klar ist: Für die Versorgung des Verkehrssektors müssen zusätzliche EE-Stromkapazitäten gebaut werden. Dies wird wegen besserer Produktionsstandorte und niedrigerer Stromgestehungskosten wahrscheinlich zum großen Teil nicht in Deutschland sein (Öko-Institut et al. 2016). Also ergeben sich neue Importabhängigkeiten. Die Kostenannahmen für strombasierte Kraftstoffe werden ebenfalls (Öko-Institut et al. 2016) entnommen.

### 5.6.3. ANNAHMEN ZUR ENTWICKLUNG DES KRAFTSTOFFMIX

Für die kurz- bis mittelfristige Entwicklung der Zusammensetzung der Kraftstoffe werden bestehende bzw. angekündigte politische Regulierungen auf EU-Ebene berücksichtigt.

Die Renewable Energy Directive (RED) sieht vor, dass die EU-Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2020 10% des nationalen Endenergiebedarfs des Verkehrs mit erneuerbaren Energien (EE) decken müssen (Artikel 3, Absatz 4). Dazu können Biokraftstoffe und strombasierte Kraftstoffe eingesetzt werden, aber auch erneuerbarer elektrischer Strom ist mit dem 2,5-fachen des Energiegehaltes anrechenbar.

Der Vorschlag der EU-Kommission für eine Weiterentwicklung der Renewable Energy Directive nach 2030 sieht für den Verkehrssektor für das Jahr 2030 ein Ziel von 6,8% erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehr vor, welche nicht aus Nahrungsmittelpflanzen hergestellt werden. Dieses Ziel kann erfüllt werden durch:

- ▶ Biokraftstoffe – fortschrittliche (Annex IX Teil A) und konventionelle (Annex IX Teil B)
- ▶ Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien im Verkehr (inkl. Schienenverkehr)
- ▶ Abfallbasierte fossile Kraftstoffe (z. B. aus Hausmüll, Altöl)
- ▶ Nicht-biogene EE-Kraftstoffe (z. B. strombasierte Kraftstoffe)

Für fortschrittliche Biokraftstoffe (gemäß Annex IX Teil A) gibt es in dem Entwurf der EU-Kommission ein Unterziel von 3,6% im Jahr 2030. Für die Szenarien wird ein Anteil von 4% von solchen Biokraftstoffen ab 2030 angenommen. Der restliche Beitrag zur Erfüllung des Gesamtziels wird in den drei Szenarien durch strombasierte Kraftstoffe erbracht; im Referenzszenario kommen weiterhin auch noch konventionelle Biokraftstoffe zum Einsatz.

Wie oben bereits dargestellt, kommen in den drei Szenarien langfristig dann nur noch erneuerbare Kraftstoffe zum Einsatz. Im Referenzszenario dagegen wird die Zusammensetzung gegenüber 2030 nicht verändert.

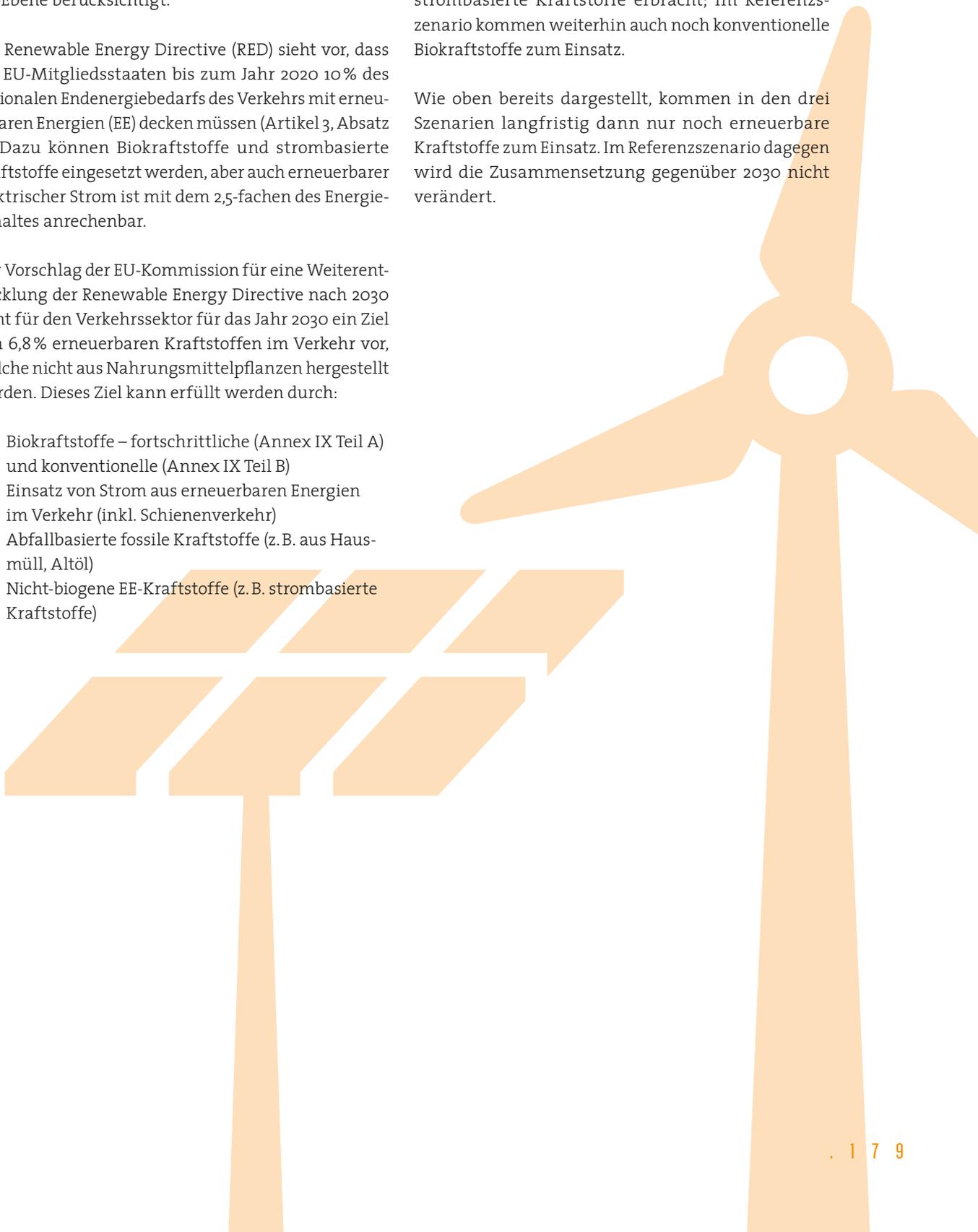
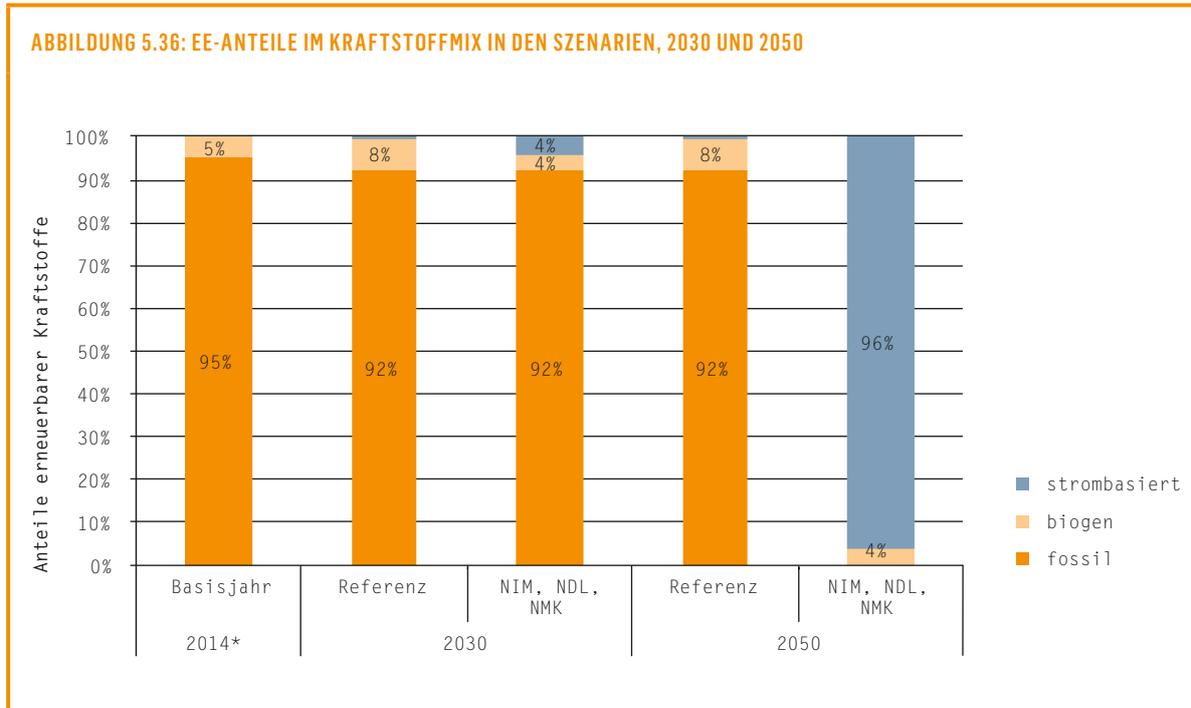


Abbildung 5.36 zeigt die Annahmen bezüglich der EE-Anteile im Verkehr (bezogen auf die Flüssigkraftstoffe, d. h. ohne Strom) in der Übersicht.



Quelle: eigene Darstellung

#### 5.6.4. BERECHNUNG DER THG-EMISSIONEN

Die direkten Emissionen, die durch die Verkehrsmittelnutzung entstehen, werden auf Basis der eingesetzten Energieträger bestimmt. Grundlage hierfür sind die Emissionsfaktoren gemäß TREMOD. Entsprechend der Methodik der Treibhausgasinventare und der Berichterstattung werden dabei die Emissionen aus der Herstellung von erneuerbaren Kraftstoffen (Biokraftstoffen, strombasierten Kraftstoffen) sowie von Strom nicht dem Verkehrssektor zugerechnet, denn erneuerbare Energien werden im Verkehrssektor mit Null-emissionen bilanziert.

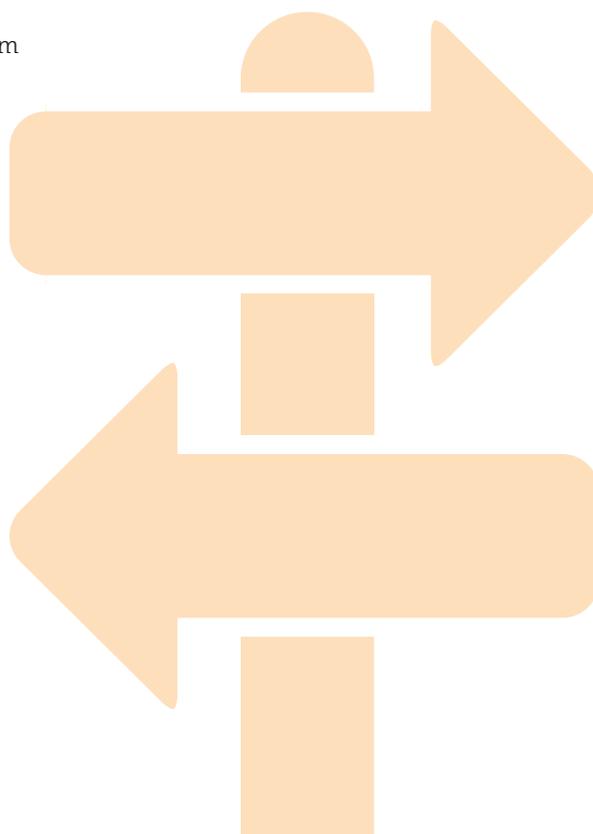
Neben den in den Treibhausgasinventaren unter „Verkehr“ bilanzierten Emissionen aus der Verbrennung fossiler Kraftstoffe gibt es jedoch auch weitere THG-Emissionen, welche vom Verkehr verursacht werden. Hierzu zählen vor allem die Emissionen bei der Herstellung von Kraftstoffen, die Materialvorleistungen der Fahrzeuge, die von Verkehrsinfrastrukturen verursachten Emissionen, sowie die durch Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte induzierte Klimawirksamkeit des Luftverkehrs. Für das übergreifende Ziel einer weltweiten Reduktion der Treibhausgasemissionen sind alle vom Verkehr verursachten Emissionen relevant. Es werden daher so weit möglich auch diese Emissionskategorien ausgewiesen:

- ▶ *Vorkette Kraftstoffe*: Für die Kraftstoffvorketten von fossilen Kraftstoffen und Biokraftstoffen werden Emissionsfaktoren aus Renewbility III verwendet. Emissionen der Stromerzeugung werden in den drei Szenarien mit Nullemissionen bewertet: Es wird demnach angenommen, dass die EE-Ausbauziele an den zusätzlichen Strombedarf des Verkehrssektors angepasst werden und dadurch der zusätzliche Strombedarf ausschließlich über erneuerbare Energien bereitgestellt wird.
- ▶ *Luft-EWF*: Der Luftverkehr ist einerseits durch die Emission von Treibhausgasen, insbesondere von CO<sub>2</sub>, direkt klimawirksam. Es gibt aber darüber hinaus noch andere Effekte, die in großer Flughöhe wirksam werden. Dazu zählen Emissionen von Stickoxiden, Rußpartikeln und Wasserdampf ebenso wie die teilweise damit verbundene verstärkte Wolken- und Kondensstreifenbildung. Die Berechnung der Klimawirkung des Luftverkehrs beziehungsweise die Festlegung auf pauschale Faktoren stellt eine besondere Herausforderung dar. Die Klimawirkung ist nämlich neben der Emissionsstärke auch vom Emissionsort, also der Höhe, der geografischen Länge und Breite, sowie von der Zeit abhängig (Sausen; Matthes 2014). Die Klimawirksamkeit kann durch die Berücksichtigung eines „Emission Weighting Factor“ (EWF) dargestellt werden. Dieser gewichtet die aus dem Flugverkehr entstehenden CO<sub>2</sub>- und Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte aus der Verbrennung der Kraftstoffe in großer Höhe gegenüber dem CO<sub>2</sub>-Effekt am Boden. Die erhöhte Klimawirksamkeit wird mit einem

mittleren Gewichtungsfaktor EWF von 2 berücksichtigt, was bedeutet, dass die tatsächliche Klimawirkung des Luftverkehrs im Mittel doppelt so hoch ist wie jene der bloßen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Je nach Ort und Höhe (und der zugrunde gelegten wissenschaftlichen Quelle) kann sich der Effekt aber in einer Spannweite von 1,2–2,7 bewegen bzw. auch höher liegen. Auch wenn CO<sub>2</sub>-freie Kraftstoffe eingesetzt werden, bleibt dieser Klimateffekt bestehen.

- ▶ Bei den *Materialvorleistungen* werden die Daten aus Renewbility III verwendet.
- ▶ *THG-Emissionen der Infrastruktur* wurden nicht mit bewertet. Hier sind allerdings auch die geringsten Unterschiede zwischen den Szenarien zu erwarten, da die Treibhausgasemissionen vor allem von Erhalt und Betrieb verursacht werden.

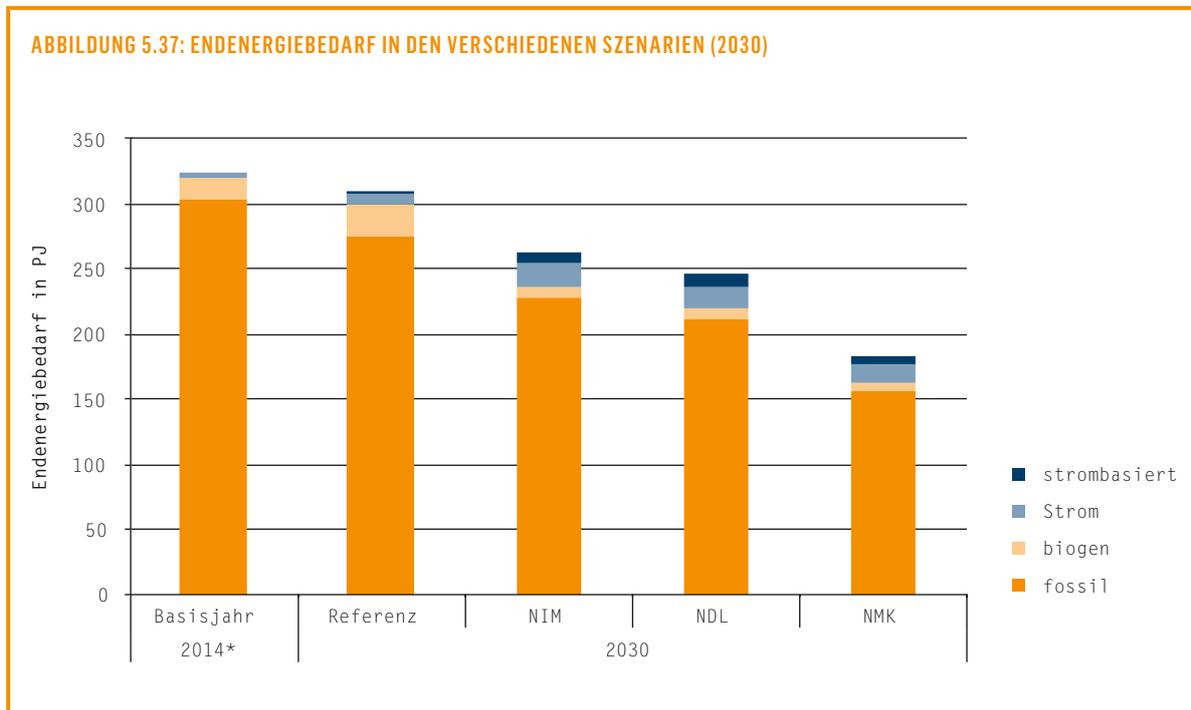
Vorkettenemissionen aus der Herstellung von erneuerbaren Kraftstoffen können im Inland oder Ausland anfallen. Nur die im Inland anfallenden Emissionen tauchen in den THG-Inventaren auf, allerdings in anderen Sektoren: So z. B. THG-Emissionen der Stromherstellung, aus der Landnutzung (für Biokraftstoffherstellung), aus Raffinerien usw. Auch die Emissionen der Materialvorleistungen fallen überwiegend im Ausland an. Die Klimawirksamkeit des Luftverkehrs wird bisher in den Inventaren und Zielen nicht berücksichtigt.



### 5.6.5. ERGEBNISSE ENDENERGIEBEDARF

Abbildung 5.37 zeigt den Endenergiebedarf in den verschiedenen Szenarien im Jahr 2030 (ohne internationalen Luftverkehr). Gesamt gesehen sinkt dieser gegenüber 2014 in allen drei Szenarien sowie in der Referenz in 2030, jedoch in sehr unterschiedlichem Ausmaß: Die Reduktion liegt bei 5 % im Referenzszenario und 43% im Szenario NMK.

auch gegenüber dem Referenzszenario für 2050, zeigt sich nicht ein deutlich verminderter Endenergiebedarf von bis zu 80 bzw. 74 % (NMK ggü. 2014 bzw. Referenz). Fossile Brennstoffe werden in allen drei Szenarien im Jahr 2050 nicht mehr eingesetzt, womit auch das Ziel der Reduktion dieser Kraftstoffe bis 2050 um 80 bis 90% (Zukunftsfähiges Deutschland) eingehalten wird. In den Szenarien gehen in etwa 50% des Endenergiebedarfs auf strombasierte Kraftstoffe zurück:



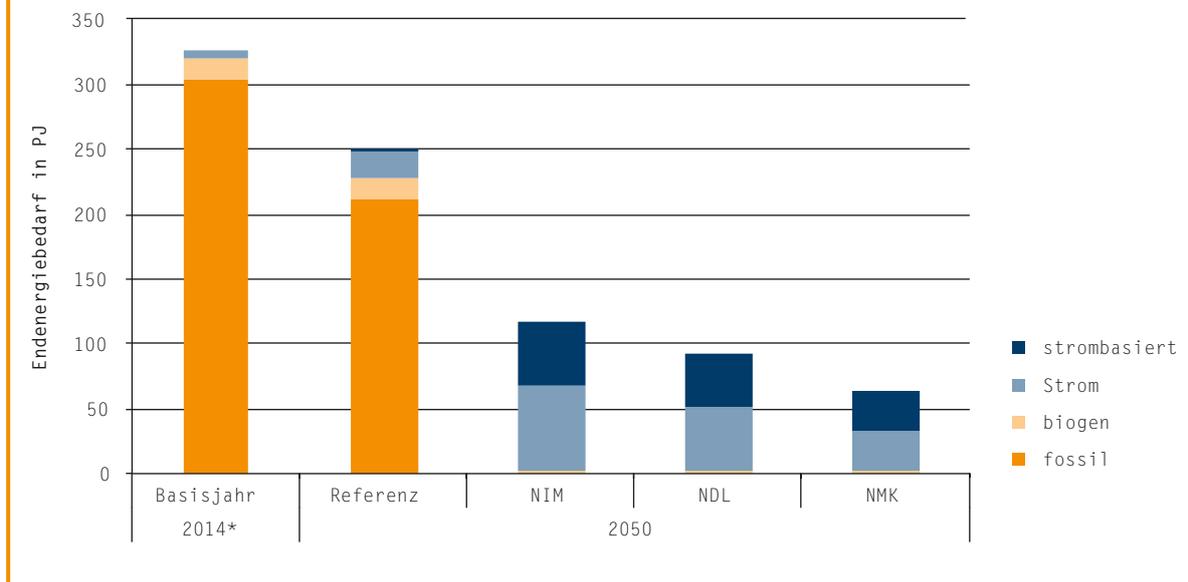
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 5.37 macht jedoch auch deutlich, dass der Anteil des Energiebedarfs fossiler Kraftstoffe bis 2030 in allen Szenarien weiterhin dominiert: Der Anteil am Gesamtendenergiebedarf liegt zwischen 85% (NMK) und 89% (Referenz). In allen drei Szenarien liegt dabei der Anteil des Stroms und strombasierten Energiebedarfs bei etwa 10%. Der Anteil des Energiebedarfs durch biogene Kraftstoffe liegt in den Szenarien mit je 3,7% deutlich unter dem im Referenzszenario (7,7%).

Denn auch wenn der Anteil der elektrischen Fahrleistung von Pkw im Jahr 2050 in den Szenarien bei rund 90% liegt und im Jahr 2050 auch der Güterverkehr zum größeren Teil elektrifiziert ist, sorgt die geringere Effizienz des Verbrennungsmotors dafür, dass der Anteil des Strombedarfs am Endenergiebedarf nicht über 50% hinausgeht. Biogene Kraftstoffe spielen mit etwa 2% Anteil am Endenergiebedarf in den drei Szenarien im Jahr 2050 eine untergeordnete Rolle.

Die Auswirkungen der Fahrzeugneuzulassungen (siehe Abbildung 5.29) sowie die verminderte Fahrleistung (siehe Abbildung 5.32) schlagen sich schließlich auch im Endenergiebedarf im Jahr 2050 nieder (Abbildung 5.38). Im Vergleich zum Basisjahr 2014, aber

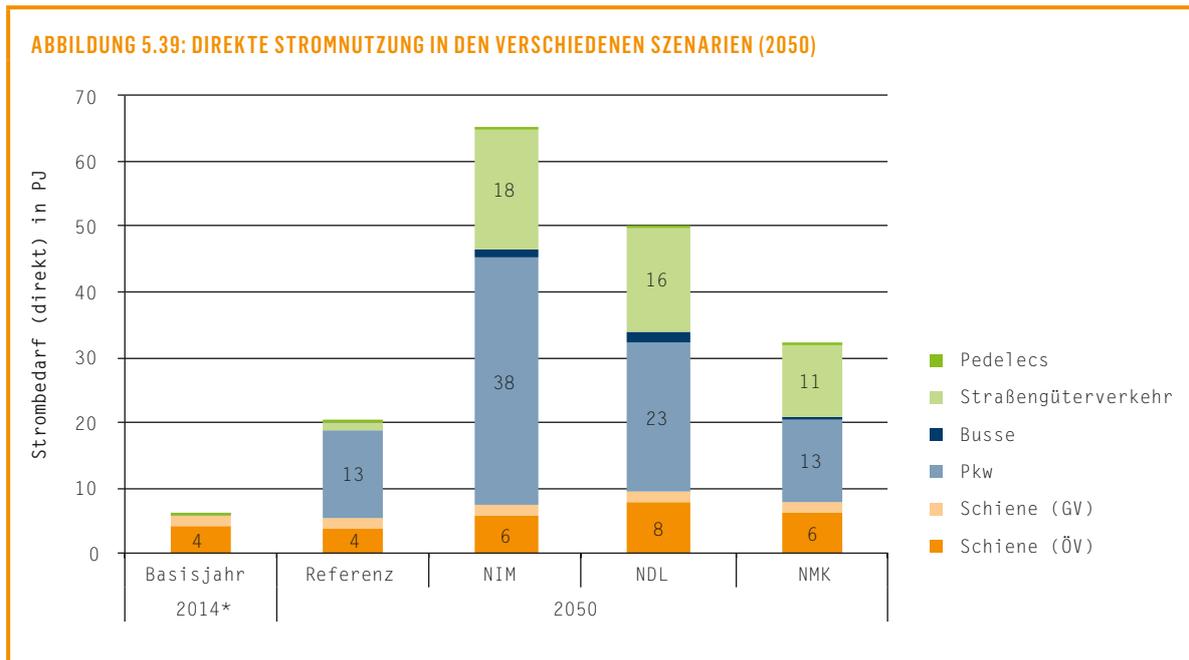
ABBILDUNG 5.38: ENDENERGIEBEDARF IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN (2050)



Quelle: eigene Darstellung

Durch die weiterhin bestehende Dominanz fossiler Kraftstoffe im Verkehrsbereich wird im Jahr 2050 für das Referenzszenario gegenüber dem Basisjahr 2014 nur ein geringer Anstieg des Strombedarfs erwartet. Anders sieht dies bzgl. des Strombedarfs in den Szenarien NIM, NDL und NMK aus. Der hohe Anteil an Plug-in- und batterieelektrischen Fahrzeugen resultiert in einem deutlich erhöhten Strombedarf von Pkw.

Dieser liegt je nach Szenario zwischen 13 und 38 PJ (Abbildung 5.39). Hinzu kommen der Strombedarf für Oberleitungs-Lkw und der steigende Strombedarf durch die Verlagerung von Verkehr auf die Schiene. Auch Busse sowie Fahrräder sind zunehmend elektrifiziert; bezogen auf den gesamten Strombedarf sind sie jedoch von untergeordneter Bedeutung.

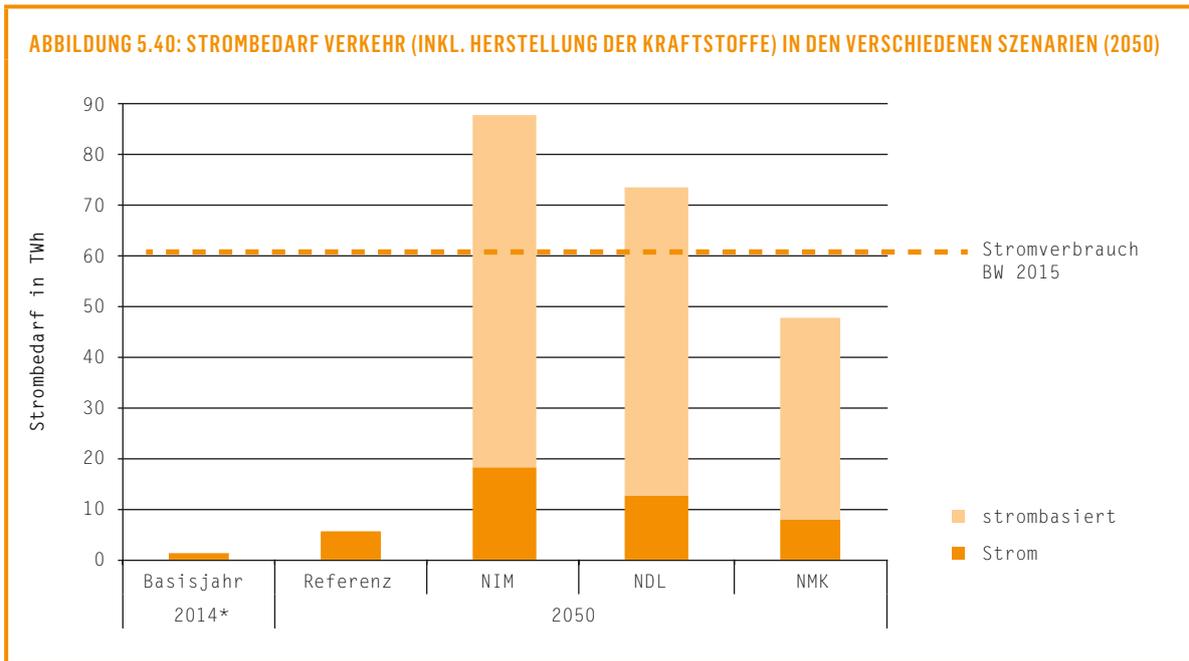


Quelle: eigene Darstellung

Ungleich höher als der direkte Strombedarf ist jedoch die Stromnachfrage des Verkehrssektors durch die Produktion der strombasierten Kraftstoffe. Die verstärkte Nachfrage und Umstellung der Fahrzeuge auf Strom bzw. strombasierte Antriebsformen bis zum Jahr 2050 wird neue Anforderungen an die Deckung des Strombedarfs stellen. Abbildung 5.40 gibt dazu für den Verkehrsbereich Auskunft. Dargestellt ist der Strombedarf inklusive der Herstellung der strombasierten Kraftstoffe mit den dabei auftretenden Wirkungsgradverlusten sowie inklusive der im Luftverkehr eingesetzten strombasierten Kraftstoffe. Wird die daraus resultierende Stromnachfrage ebenfalls mit berücksichtigt, so liegt der Strombedarf für den Verkehrssektor im Jahr 2050 für die Szenarien NIM und NDL sogar über dem Gesamtstromverbrauch Baden-Württembergs in 2015. Aber auch für das Szenario NMK, welches insbesondere durch Annahmen einer geringeren Fahrleistung und einem kleineren Fahrzeugbestand unter diesem Grenzwert bleibt, steigt der Strombedarf in 2050 gegenüber den beiden Referenzwerten mit hohem Anteil an Diesel- und Benzin-Fahrzeugen deutlich an. Zur Einordnung: Der Strombedarf des Verkehrssektors liegt im Szenario NMK bei 48 TWh.

Um diese Strommengen mit Windkraftanlagen bereitzustellen, würde man bei 3 MW-Windkraftanlagen und 1.500 Vollbenutzungsstunden rund 10.000 Anlagen alleine für den Strombedarf des Verkehrssektors benötigen. Für das Szenario NIM liegt der Bedarf dann sogar bei fast dem Doppelten.

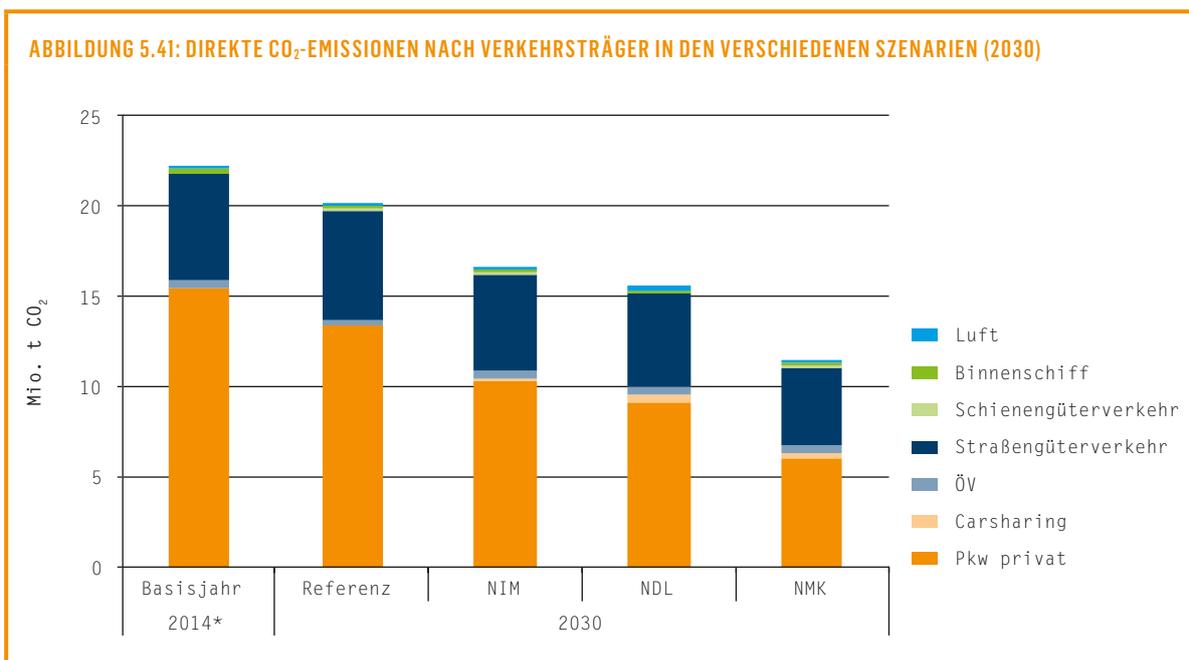
Dies macht einmal mehr deutlich, wie wichtig es ist, die Effizienz des Verkehrssystems und damit auch die Verkehrsnachfrage bei einer Klimaschutzstrategie mit zu berücksichtigen. Bei allen Verkehrsträgern, bei denen es möglich ist, sollte der Strom direkt genutzt werden und nur dann als PtX-Kraftstoff eingesetzt werden, wenn keine andere technische Option besteht, wie beispielsweise voraussichtlich im Luftverkehr. Gleichzeitig muss bei den Planungen zum Ausbau der erneuerbaren Energien ein steigender Strombedarf des Verkehrssektors frühzeitig mit berücksichtigt werden – auch wenn strombasierte Kraftstoffe aller Voraussicht nach importiert werden.



### 5.6.6. ERGEBNISSE TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Abbildung 5.41 zeigt die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Verkehrsträgern in den verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2030. Im Vergleich zu 2014 nehmen in allen Szenarien die durch den Verkehr verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Im Szenario NMK können die Emissionen gegenüber 2014 um knapp die Hälfte reduziert werden.

Der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Privat-Pkw ist im Referenzszenario mit 67% im Vergleich zu den weiteren Szenarien in 2030 am höchsten. Jedoch zeigt sich auch im NMK-Szenario, dass im Jahr 2030 53% der CO<sub>2</sub>-Emissionen weiterhin durch Pkw verursacht werden. Daneben gehen etwa ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen in 2030 auf den Straßengüterverkehr zurück. Der Einfluss der weiteren Verkehrsträger Luft, Binnenschifffahrt, Schienengüterverkehr, ÖV und Carsharing ist im Vergleich zu 2014 deutlich reduziert.

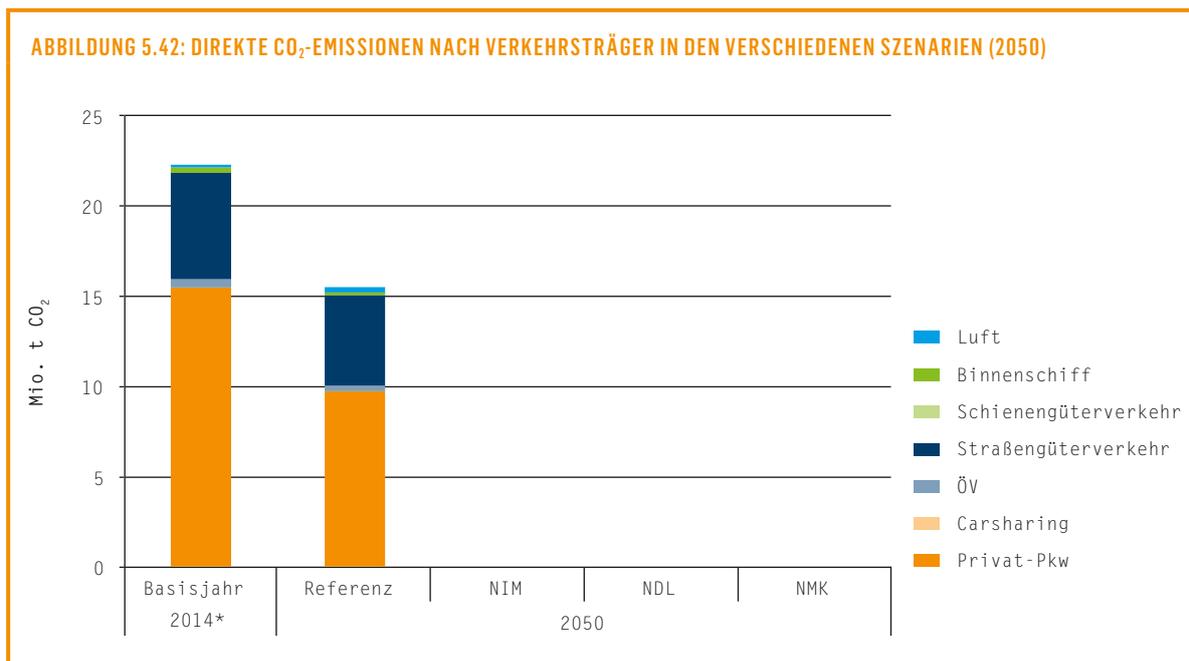


Schienengüterverkehr, ÖV und Carsharing fällt dagegen vergleichsweise gering aus – wobei beim Luftverkehr nur der nationale (d.h. innerdeutsche) Anteil berücksichtigt ist. Dies liegt zum einen in einer geringeren Fahrleistung der einzelnen Verkehrsträger begründet, aber bei ÖV, Schiene und Binnenschiff auch in deren generell geringeren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Unterschiede in den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen den drei Szenarien ergeben sich dabei vor allem aus den als unterschiedlich hoch angenommenen Fahrleistungen der einzelnen Verkehrsträger.

Da in allen drei betrachteten Szenarien eine 100%-ige Dekarbonisierung bis zum Jahr 2050 angestrebt wird, die schlussendlich durch einen 100%-igen Einsatz strombasierter Kraftstoffe erreicht wird, liegen die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen drei Szenarien im Jahr 2050 bei null (Abbildung 5.42).

Einsatz strombasierter Kraftstoffe nicht vermieden werden können. Zur Beschreibung dieser Faktoren dient der „Emission Weighting Faktor“ (EWF).

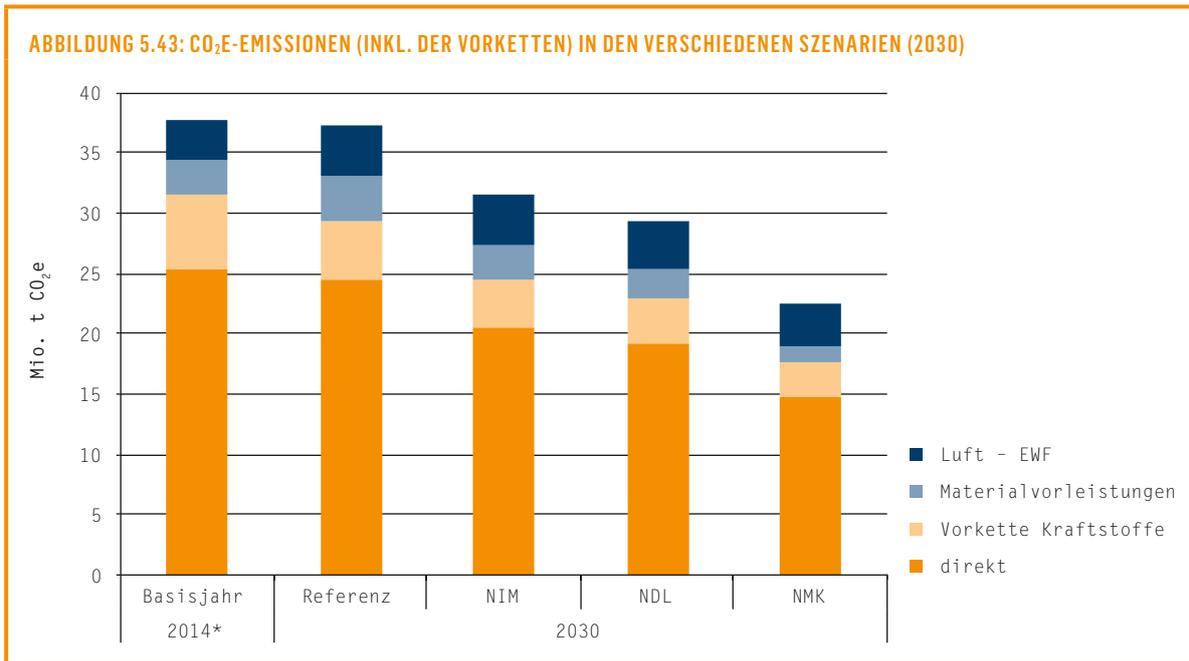
Auch bei Berücksichtigung der Vorkette erweisen sich die Szenarien NIM, NDL und NMK im Vergleich zum Basisjahr 2014 und dem Referenzszenario im Jahr 2030 hinsichtlich deren CO<sub>2</sub>-Emissionen als effizienter. Die Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen im NMK-Szenario bei 22,6 Mio. t CO<sub>2</sub>e und damit 40% unter dem Wert des Basisjahres 2014 bzw. des Referenzszenarios für 2030. Durchschnittlich entfallen in allen Szenarien zwischen 76% (Referenz 2030) und 81% (NMK) der CO<sub>2</sub>e-Emissionen auf den direkten Energieverbrauch. Während der Anteil der Vorkette der Kraftstoffe über alle Szenarien hinweg bei 13% weitestgehend konstant bleibt, zeigt sich eine leichte Abnahme der CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Materialvorleistungen vom Referenz-



Quelle: eigene Darstellung

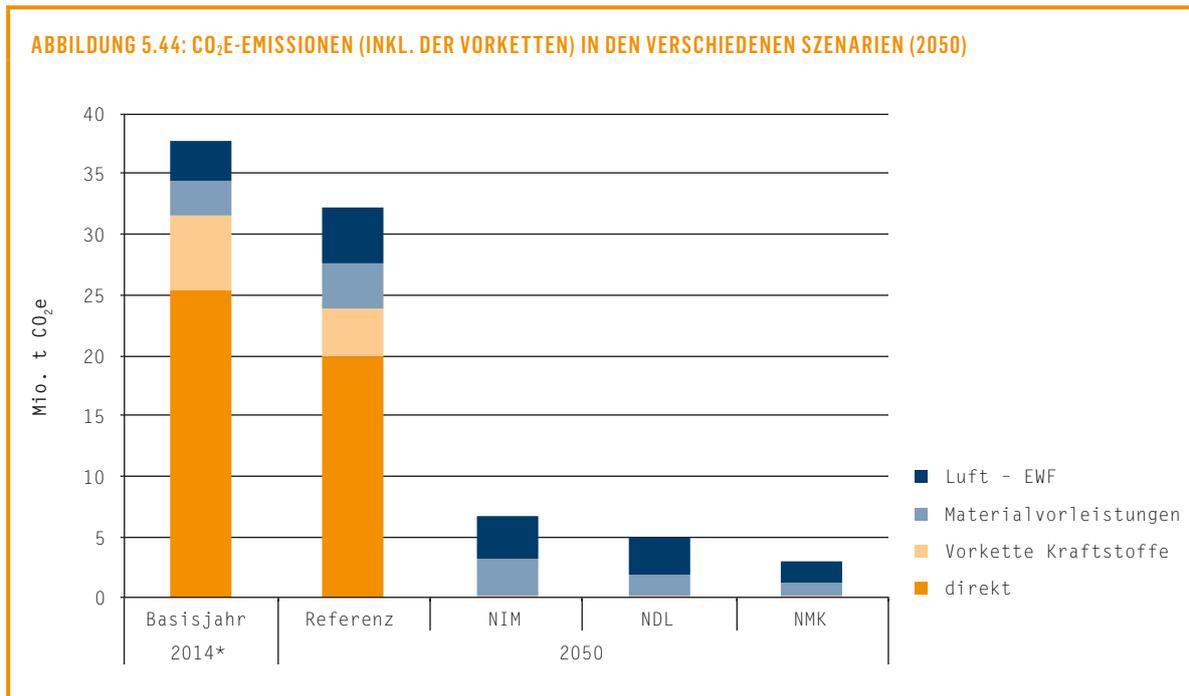
Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen, die in der Nutzungsphase der Fahrzeuge direkt anfallen, gilt es zudem aber auch die Vorketten und das dabei emittierte CO<sub>2</sub> zu beachten (Abbildung 5.43). Zusätzlich ist in der Abbildung die nicht CO<sub>2</sub>-basierte Klimawirkung des Luftverkehrs mit dargestellt. Denn neben der direkten Klimawirksamkeit der emittierten Treibhausgase gibt es zusätzliche Klimawirkungen des Luftverkehrs, die auch durch den

szenario (10%) über das NIM (9%)- und NDL-Szenario (8%) bis hin zum NMK-Szenario (6%). Das liegt vor allem daran, dass in den Szenarien weniger Fahrzeuge produziert werden, sodass auch trotz des Einsatzes von Elektrofahrzeugen und den damit je Fahrzeugeinheit höheren Materialvorleistungen dennoch insgesamt eine Reduktion resultiert.



Quelle: Privat-Darstellung

Die CO<sub>2</sub>e-Emissionen inklusive der Vorketten bleiben im Referenzszenario im Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 2030 in ihrer Zusammensetzung größtenteils unverändert; bezogen auf die Gesamt-CO<sub>2</sub>e-Emissionen lassen sich gegenüber 2030 weitere 5,4 Mio. t CO<sub>2</sub>e einsparen, sodass in 2050 im Referenzszenario ein Wert von 32,5 Mio. t CO<sub>2</sub>e erreicht werden kann (Abbildung 5.44). In den Szenarien NIM, NDL und NMK ist dagegen eine deutliche CO<sub>2</sub>e-Reduktion zu beobachten – keine direkten Emissionen sowie Emissionen der Kraftstoffvorketten mehr. Jedoch werden sie nicht auf null reduziert. Die Gesamtemissionen liegen hier bei 3 (NMK) bis maximal 7 Mio. t CO<sub>2</sub>e (NIM). Anteilig entfallen dabei 53 (NIM) bis 62 % (NDL) auf die nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte des Luftverkehrs (EWF), die auch beim Einsatz CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoffe nicht vermieden werden können. Der Rest ist dann nahezu vollständig den Materialvorleistungen mit 35 (NDL) bis zu 44 % (NIM) zuzuordnen.



Quelle: eigene Darstellung

## 5.7. EXTERNE KOSTEN

Der Verkehr verursacht neben den direkt spürbaren Kosten, etwa für Kraftstoffe oder Fahrscheine, auch externe Kosten. Dazu gehören beispielsweise Klimakosten von CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Gesundheitskosten verursacht durch Luftschadstoffe oder Verkehrslärm, Kosten durch Waldschäden oder die ökologischen sowie sozialen Kosten der Rohstoffgewinnung. Externe Kosten finden sich nicht in den Marktpreisen für Mobilität, die jeder Nutzer bezahlt, weshalb sie bei der Berechnung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) nicht berücksichtigt werden.

Bezüglich der exakten Höhe der externen Kosten bestehen je nach Kategorie unterschiedlich gelagerte Unsicherheiten. Trotz dieser Unsicherheiten lassen sich die externen Kosten für verschiedene Kategorien berechnen, etwa über Vermeidungs- oder Reparaturkosten. Die Berücksichtigung der externen Kosten ermöglicht eine umfassendere Einordnung der Szenarien.

Es wird der vereinfachte Ansatz aus Renewbility III angewendet, indem die externen Kosten in Abhängigkeit der Fahr- bzw. Verkehrsleistung berücksichtigt werden.

Es werden folgende Arten von externen Kosten berücksichtigt, für die entsprechende Daten zur Verfügung stehen:

- ▶ Kosten für die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen
- ▶ Luftschadstoffe aus Emissionen und Abrieb
- ▶ CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Up- und Downstream-Prozessen (jeweils Bau, Wartung und Entsorgung)
- ▶ Lärm und Unfallkosten

Die verwendeten Kostensätze stützen sich auf die Methodenkonvention des Umweltbundesamts (Schwermer 2012) und das „Handbook on External Costs of Transport“ (Gibson 2014). Für Treibhausgase wurden externe Kosten in Höhe von 80 Euro/Tonne hinterlegt.

### 5.7.1. ERGEBNISSE EXTERNE KOSTEN

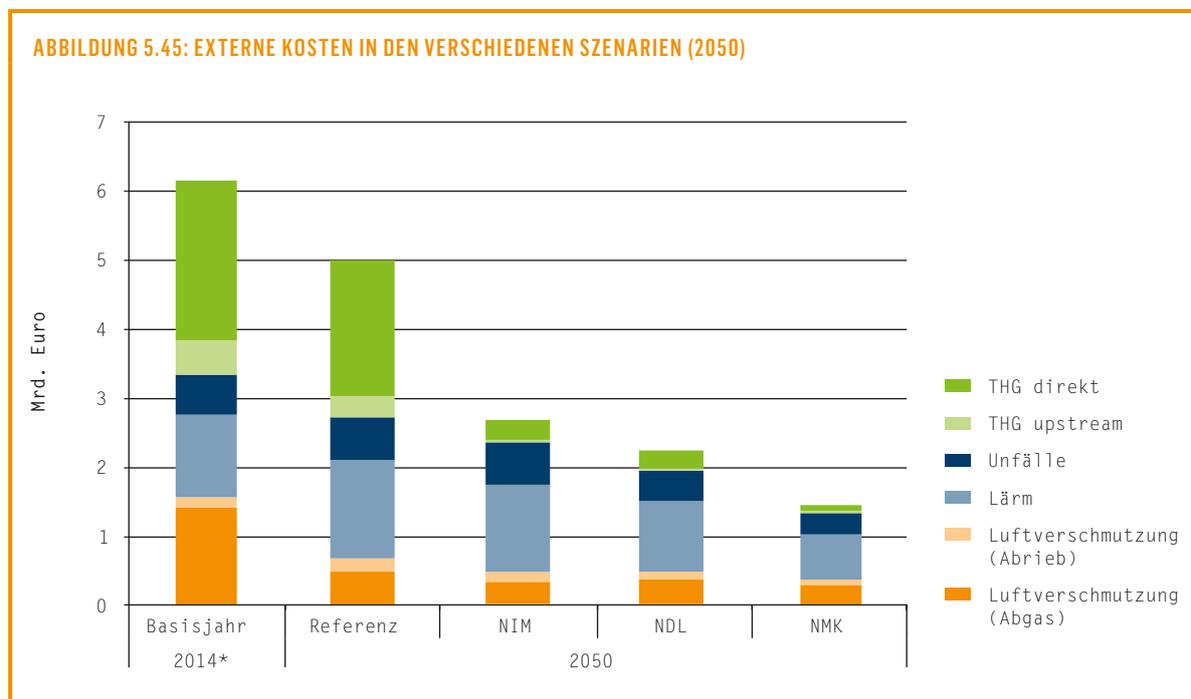
Abbildung 5.45 zeigt die externen Kosten der Szenarien im Vergleich für das Jahr 2050. Hierbei liegt die vereinfachte in Kapitel 5.7 beschriebene Methodik zugrunde, bei welcher verkehrsleistungsabhängige Kostensätze verwendet werden.

Abgesehen von einer angenommenen Reduktion der Luftverschmutzung je Kilometer durch entsprechende Regulierungen (siehe auch Kapitel 6.1.5) sind dabei keine Veränderungen in den spezifischen Kostensätzen hinterlegt. Solche Veränderungen könnten sich in den Szenarien beispielsweise im Bereich der Verkehrssicherheit/Reduktion von Unfällen ergeben oder auch beim Lärm – beispielsweise durch Tempo 30 oder durch spezifische Lärmschutzmaßnahmen.

Durch den Einsatz von 100 % erneuerbaren Kraftstoffen können in allen Szenarien die mit dem THG-Ausstoß verbundenen Kosten deutlich reduziert werden;

es verbleiben nur noch die Kosten durch die Klimawirksamkeit des Luftverkehrs. Unfallkosten gehen durch die Reduktion des Verkehrs zurück – zusätzliche Effekte könnten sich durch autonomes Fahren sowie durch die Einführung von Tempo 30 ergeben. Auch die Lärmkosten reduzieren sich; wenngleich auch hier die vereinfachte verkehrsleistungsabhängige Berechnung keine differenzierten Aussagen erlaubt.

Trotz der genannten Einschränkungen verdeutlicht die Abbildung die Relevanz der externen Kosten: Einerseits durch ihre beträchtliche Höhe von über 6 Mrd. Euro im Basisjahr sowie andererseits durch die Veränderungen, welche sich bereits durch die veränderte Verkehrsnachfrage der Szenarien ergeben könnten.



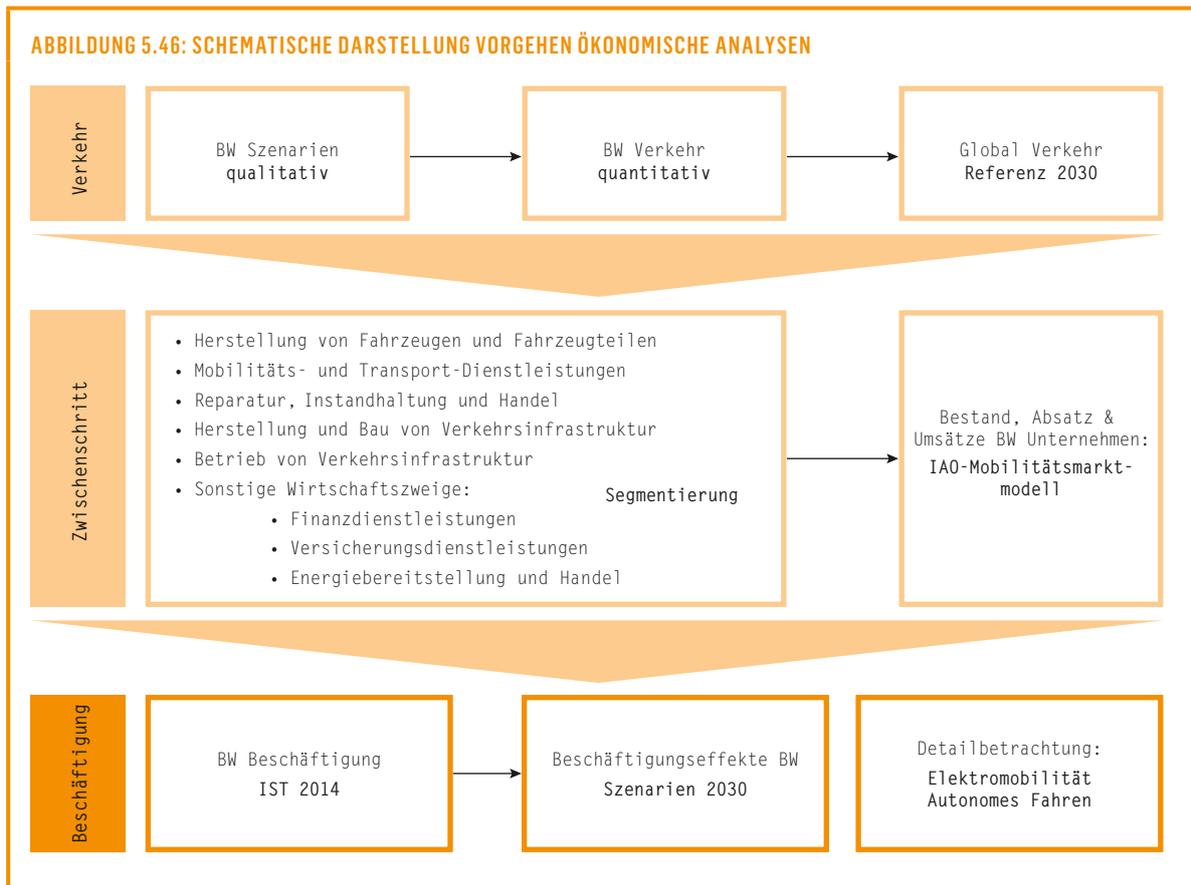
Quelle: eigene Darstellung

## 5.8. ÖKONOMISCHE ANALYSEN

### 5.8.1. ÜBERBLICK ÜBER DAS VORGEHEN

Im Folgenden wird die methodische Vorgehensweise bei der Berechnung der ökonomischen Analysen in einem Überblick beschrieben. Bei der ökonomischen Analyse steht die Betrachtung der Beschäftigungswirkungen im Vordergrund. Die Analyse der Auswirkungen auf die Umsatzauswirkungen erfolgt analog dazu und wird daher nicht separat beschrieben. Darüber hinaus werden noch technologiespezifischere Analysen für die Bereiche Elektromobilität und automatisiertes Fahren durchgeführt.

Das Vorgehen folgt grundsätzlich dem in Abbildung 5.46 dargestellten Schema.



Quelle: eigene Darstellung IAO

Die methodische Herausforderung besteht darin, dass bei einem stark exportorientierten Wirtschaftszweig wie der Mobilitätswirtschaft und hierbei insbesondere der Automobilwirtschaft, eine Betrachtung des globalen Marktes erforderlich ist. Die Entwicklung in Baden-Württemberg wird daher (unter Berücksichtigung der strukturellen Unterschiede) auf den globalen Markt übertragen.

Das Vorgehen umfasst die folgenden Analyseschritte:

- ▶ Entwicklung von narrativen Verkehrsszenarien für Baden-Württemberg
- ▶ Entwicklung quantitativer Verkehrsszenarien für Baden-Württemberg
- ▶ Transfer der quantitativen Szenarien auf den globalen Verkehrsmarkt
- ▶ Segmentierung der Wirtschaftszweige der Mobilitätswirtschaft
- ▶ Erhebung des Ist-Stands von Beschäftigung und Umsätzen je nach Wirtschaftszweig
- ▶ Modellierung der Marktimplikationen der Verkehrsszenarien
- ▶ Berechnung der Beschäftigungseffekte für die Mobilitätswirtschaft

#### **ENTWICKLUNG VON NARRATIVEN VERKEHRSSZENARIEN FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG**

Die Berechnungen basieren auf den Annahmen der für Baden-Württemberg im Stakeholder-Prozess erarbeiteten Szenarien sowie der daraus resultierenden Quantifizierungen der verkehrlichen Aspekte. Hierzu sind die methodischen Erläuterungen in Kapitel 5.1 zu beachten.

#### **ENTWICKLUNG QUANTITATIVER VERKEHRSSZENARIEN FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG**

Für die weitere Berechnung der Beschäftigungseffekte steht bei den verkehrlichen Aspekten die Kennzahl der Verkehrsleistung im Vordergrund der Betrachtung. Hierzu wird zunächst ein Referenzszenario für Baden-Württemberg gebildet, das sich weitgehend an den Vorgaben der Verkehrs- und Infrastrukturplanung der Verkehrsministerien in Deutschland und Baden-Württemberg orientiert. Aus der Gegenüberstellung des Referenzszenarios und der drei Szenarien NIM, ND1, NMK ergibt sich für jeden Verkehrsträger bzw. jedes betrachtete Verkehrsangebot eine relative Abweichung, die als „Szenariofaktor“ interpretiert werden kann.

#### **TRANSFER DER QUANTITATIVEN SZENARIEN AUF DEN GLOBALEN VERKEHRSMARKT**

Im nächsten Schritt ist dann die Bildung eines Referenzszenarios für den globalen Verkehr erforderlich. Dieses Referenzszenario dient als Zwischenschritt, um die Verkehrsleistungen in den Szenarien für Baden-Württemberg auf das globale Verkehrsgeschehen zu übertragen und daraus die globalen Marktveränderungen abzuleiten.

Bei der Übertragung der Baden-Württemberg-Szenarien auf die globale Skala sind die unterschiedlichen Saturierungsgrade und Entwicklungstrends im Vergleich von Baden-Württemberg zu global zu berücksichtigen. Hierbei wird eine Annahme getroffen, welche maßgeblich auf der Ratifizierungsquote des Pariser Abkommens, als Indiz für den politischen Willen zur Transformation zur nachhaltigen Entwicklung, basiert. Zum Stand 25. Januar 2017 hatten 126 von 197 Staaten das Abkommen ratifiziert (UNFCCC 2017). Diese ausbleibenden Staaten repräsentieren 13,4% der globalen Treibhausgasemissionen (eigene Berechnungen auf Basis von Daten der World Bank (2017)). Der jeweilige „Szenariofaktor“ wird folglich auf 86,6% der globalen Entwicklung übertragen. Die ausbleibenden 13,4% bleiben am Referenzszenario orientiert.

Der relative Übertrag der Entwicklungen von Baden-Württemberg auf global nach dem dargestellten Vorgehen zeigt im Vergleich zum Referenzszenario 2030 global eine abgeschwächte Zunahme bei der Entwicklung der Verkehrsleistung im Personenverkehr (global). Vom Basisjahr 2014 ausgehend bedeutet dies jedoch trotzdem für alle drei Szenarien eine Zunahme der globalen Verkehrsleistung.

### **SEGMENTIERUNG DER WIRTSCHAFTSZWEIGE DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT**

Zur Bestimmung der verkehrlich induzierten Effekte auf die Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg wurde in einem Zwischenschritt eine Segmentierung der betrachteten Marktsegmente vorgenommen. Dabei wurden folgende Segmente definiert:

- ▶ Herstellung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen
  - ▶ Mobilitäts- und Transport-Dienstleistungen
  - ▶ Reparatur, Instandhaltung und Handel
  - ▶ Herstellung und Bau von Verkehrsinfrastruktur
  - ▶ Betrieb von Verkehrsinfrastruktur
  - ▶ Sonstige Wirtschaftszweige:
    - Finanzdienstleistungen
    - Versicherungsdienstleistungen
  - ▶ Energiebereitstellung und Handel
- ▶ Radverkehr
  - ▶ Motorisierte Zweiräder
  - ▶ Pkw Privat
  - ▶ Nutzfahrzeuge
  - ▶ Taxi und Chauffeurdienstleistungen
  - ▶ Carsharing
  - ▶ Peer-2-Peer-Mobilitätsdienstleistungen
  - ▶ Busverkehr
  - ▶ Schienengebundener Verkehr

### **ERHEBUNG DES IST-STANDS VON BESCHÄFTIGUNG UND UMSÄTZEN JE NACH WIRTSCHAFTSZWEIG**

Grundlage für die Modellierung der Beschäftigung bildet eine Sonderauswertung der Daten zu den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Baden-Württemberg zum 30.6.2014. Anhand der Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige in der Ausgabe 2008 (WZ 2008) können in den über 800 Unterklassen (die sogenannten „5-Steller“) die Beschäftigtenzahlen für die einzelnen Verkehrsmittel differenziert werden. Gleichzeitig orientiert sich die WZ 2008 an der Wertschöpfungskette, sodass zumindest teilweise auch die Herstellung von Fahrzeugen, Transport- und Beförderungsdienstleistungen, Handel sowie weitere Mobilitätsdienstleistungen unterschieden werden können. Einige statistische Unschärfen werden durch plausible Schätzungen ergänzt, sodass auf Grundlage dieser Beschäftigtenstatistik erstmals die Beschäftigung systematisch über die gesamte baden-württembergische Mobilitätswirtschaft hinweg dargestellt wird.

### **MODELLIERUNG DER MARKTIMPLIKATIONEN DER VERKEHRSSZENARIEN**

Im Weiteren werden die Verkehrsleistungen als Inputgrößen in eine Modellierung des Mobilitätsmarktes „eingespeist“, sodass die jeweiligen Bezugsgrößen von Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung berechnet werden können. Diese Bezugsgrößen sind beispielsweise Absatzzahlen, Bestandszahlen und Service-Einheiten (Pkm).

Hierfür wird das IAO-Mobilitätsmarktmodell eingesetzt, welches auf verkehrsangebotsspezifischen Modulen besteht, die regional differenzierbare und skalierbare Vergangenheitsdaten und prognostizierte Referenzwerte enthalten.

Im Rahmen dieses Projekts wurden folgende verkehrsangebotsspezifische Module eingesetzt:

Für die genannten Module sind eine Vielzahl miteinander verknüpfter Marktdaten hinterlegt. Hierzu zählen beispielsweise die Bezugsgrößen Absatz, Bestand und Service-Einheiten. Auf dieser Basis können anhand der Modifikation der Verkehrsleistungen die jeweiligen monetären Markteffekte modelliert werden.

### **BERECHNUNG DER BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE FÜR DIE MOBILITÄTSWIRTSCHAFT**

Unter Einbezug der (Arbeits-)Produktivität – hier ausgewiesen als Umsatz pro Beschäftigtem – wird schließlich die Beschäftigungsauswirkung ermittelt. Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität wird anhand der historischen Daten der amtlichen Statistiken zu Wertschöpfung und Beschäftigung in die Zukunft extrapoliert. Die verkehrlich induzierten Beschäftigungseffekte werden für die drei Nachhaltigkeitsszenarien für das Zieljahr 2030 berechnet. Zum Vergleich wird ergänzend der Ist-Stand für das Basisjahr 2014 aufgeführt.

### **DETAILBETRACHTUNGEN VON ENTWICKLUNGSTENDENZEN IN DEN BEREICHEN „ELEKTRIFIZIERUNG“ UND „AUTOMATISIERUNG“ UND DEREN AUSWIRKUNG AUF DIE BESCHÄFTIGUNG IN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT**

Neben den verkehrlich induzierten Effekten auf die Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg werden auch besonders relevante technologische Einflussgrößen und Entwicklungen berücksichtigt. Zwei technologische Entwicklungen, welche sich durch alle Szenarien ziehen, sind die der

Elektrifizierung des Antriebsstrangs sowie die verstärkte Marktdurchdringung von Assistenz- und Automatisierungssystemen im Automobilssektor.

Methodisch erfolgt die Analyse der Beschäftigungsauswirkungen der Elektromobilität anhand folgender Analyseschritte, die angelehnt sind an Bauer et al. (2015):

- ▶ Abgleich des heutigen Absatzes von Elektrofahrzeugen in Baden-Württemberg mit dem globalen Absatz von Elektrofahrzeugen
- ▶ Ermittlung einer globalen Absatzentwicklung nach Antriebsarten auf Basis eines angepassten Transfers der jeweiligen Annahmen für Baden-Württemberg auf den globalen Markt
- ▶ Monetäre Bewertung der relevantesten Fahrzeugkomponenten für Referenzfahrzeuge und Referenzkonfigurationen der Antriebsauslegung
- ▶ Abschätzung der Markt- und Standortanteile Baden-Württembergs an den jeweiligen Komponenten und Systemen
- ▶ Berechnung der Umsatzeffekte auf Basis der vorherigen Analyseschritte
- ▶ Berechnung der Beschäftigungseffekte anhand der unterstellten Produktivität

Das Vorgehen zur Bewertung der Beschäftigungseffekte im Bereich des automatisierten Fahrens folgt dem folgenden Vorgehen, das an Cacilo et al. (2015) sowie Cacilo/Haag (2017) orientiert ist:

- ▶ Marktmodellierung (Stückzahlen und Preise) und Berechnung des Marktvolumens für verschiedene Automatisierungsgrade
- ▶ Abschätzung der Markt- und Standortanteile Baden-Württembergs an den jeweiligen Komponenten und Systemen
- ▶ Berechnung von Substitutionseffekten der Assistenz- und Automatisierungssysteme auf bestehende Komponenten
- ▶ Berechnung der Umsatzeffekte auf Basis der vorherigen Analyseschritte
- ▶ Berechnung der Beschäftigungseffekte anhand der unterstellten Produktivität

## STRUKTUR DER ERGEBNISDARSTELLUNG ZU DEN ÖKONOMISCHEN ANALYSEN

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Auswirkungen der Szenarien auf die Beschäftigung untersucht und vor dem Hintergrund aktueller beschäftigungswirksamer Trends in der Automobilindustrie eingeordnet und bewertet.

Das Kapitel baut inhaltlich auf Kapitel 2.2 auf, in dem die Ist-Situation bezüglich der Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft Baden-Württembergs dargestellt wurde. In Kapitel 5.8.2 werden aktuelle Trends in der Automobilindustrie beschrieben und Bandbreiten einer möglichen Auswirkung auf die Beschäftigung in Baden-Württemberg dargestellt. Dabei werden die Automobilindustrie und insbesondere der Pkw-Markt fokussiert. Dies liegt daran, dass die Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen der mit Abstand größte Wirtschaftszweig der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg ist und innerhalb dieses Wirtschaftszweigs der Pkw-Bereich mit über 95 % des Umsatzes deutlich größer ist als das Segment „Nutzfahrzeuge“. Kapitel 5.8.3 und 5.8.4 beschreiben die Auswirkungen der großen Technologietrends „Automatisierung der Fahrfunktion“ und „Elektromobilität“ auf die Beschäftigung in Baden-Württemberg. Kapitel 5.8.5 untersucht die Auswirkungen der im Rahmen des vorliegenden Projekts entwickelten Szenarien. Kapitel 5.8.6 integriert die vorherigen Kapitel zu einem Gesamtbild und gibt einen bewerteten Ausblick auf mögliche künftige Wertschöpfungssegmente in und um die Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg.

### 5.8.2. ALLGEMEINE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG DER AUTOMOBILINDUSTRIE BADEN-WÜRTTEMBERGS

#### 5.8.2.1. MARKT- UND STANDORTANTEILE

Die Einflussgröße Markt- und Standortanteile bezieht sich auf den Anteil Baden-Württembergs an der globalen Wertschöpfung des Kraftfahrzeugbaus. Die Kennzahl wird anhand folgender Formel ermittelt:  $\text{Markt- und Standortanteil} = \frac{\text{Wertschöpfung Baden-Württemberg}}{\text{Umsatz global}}$ , bzw. alternativ:  $\frac{\text{Umsatz Baden-Württemberg}}{\text{Umsatz global}}$ .

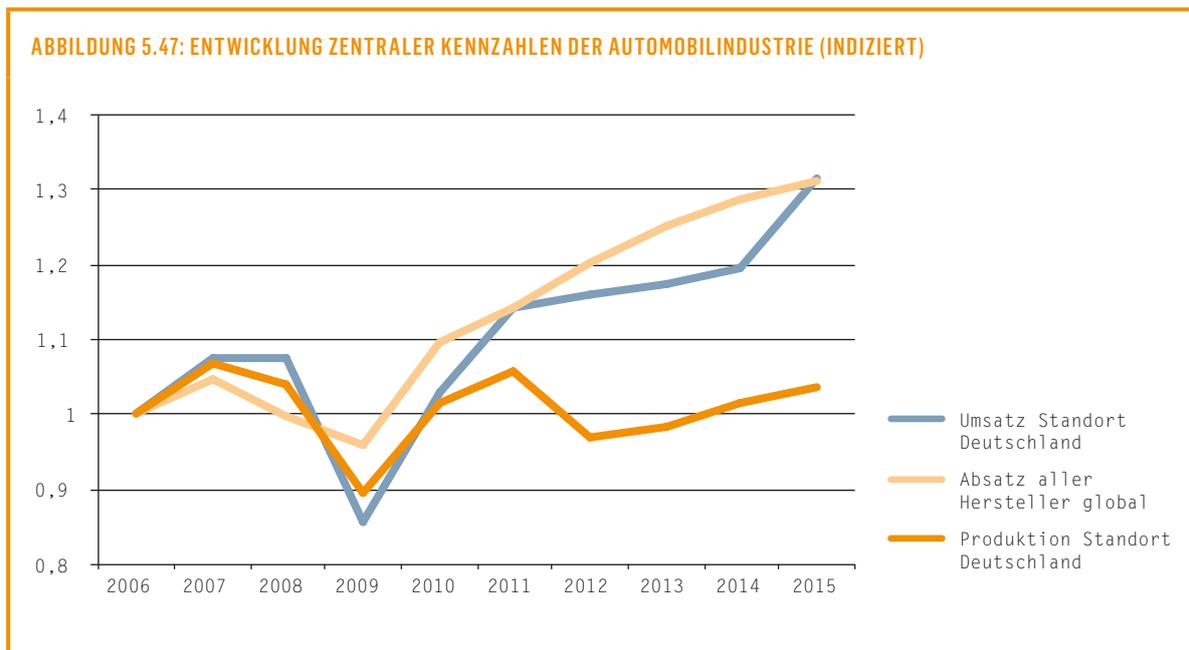
Der Markt- und Standortanteil Baden-Württembergs muss c. p. gleichbleiben, damit die Beschäftigung auf dem heutigen Niveau gehalten werden kann. Wird der

umsatzbezogene Markt- und Standortanteil gewählt, ist zudem zu beachten, dass sich für einen Erhalt der Beschäftigung die Leistungstiefe (d. h. der in Baden-Württemberg erbrachte Anteil der Produktion) nicht reduzieren darf.

Das globale Marktvolumen des Automobilmarkts liegt im Betrachtungsjahr 2014 bei 2,2 Bill.–3,36 Bill. Euro (vgl. Schade et al. 2012: 192, vgl. eigene Berechnung auf Basis von Mohr et al. (2016)). Die Werte unterscheiden sich insbesondere durch die Betrachtungsgrenze. Der niedrigere Wert von Schade et al. (2012) bezieht sich ausschließlich auf den Pkw-Absatzmarkt, der höhere Wert von Mohr et al. (2016) bezieht sich auf das gesamte Marktvolumen und schließt daher u. a. After Sales mit ein. Da sich auch die Wertschöpfungs- und Umsatzwerte der deutschen und baden-württembergischen Automobilindustrie auf den gesamten Output des Wirtschaftszweigs beziehen, wird nachfolgend auf die Zahlen von Mohr et al. (2016) Bezug genommen. Die deutsche Automobilindustrie hat im Jahr 2014 einen Umsatz in Höhe von ca. 367,9 Mrd. Euro erwirtschaftet (VDA 2017). Die Automobilindustrie am Standort Ba-

den-Württemberg hat im Jahr 2014 einen Umsatz in Höhe von ca. 145 Mrd. Euro erwirtschaftet (eigene Berechnungen auf Basis von Sonderauswertungen des Statistischen Landesamts). Der Fahrzeugbau hat in Baden-Württemberg eine Wertschöpfung in Höhe von 34,3 Mrd. Euro erzielt (eigene Berechnung auf Basis von Daten des Statistischen Landesamts und des Statistischen Bundesamts). Bezogen auf die Wertschöpfung hat die Automobilindustrie am Standort Deutschland (im Sinne des Wirtschaftszweigs NACE 29) einen Anteil am globalen Markt in Höhe von ca. 3 %, die Automobilindustrie in Baden-Württemberg in Höhe von ca. 1%.

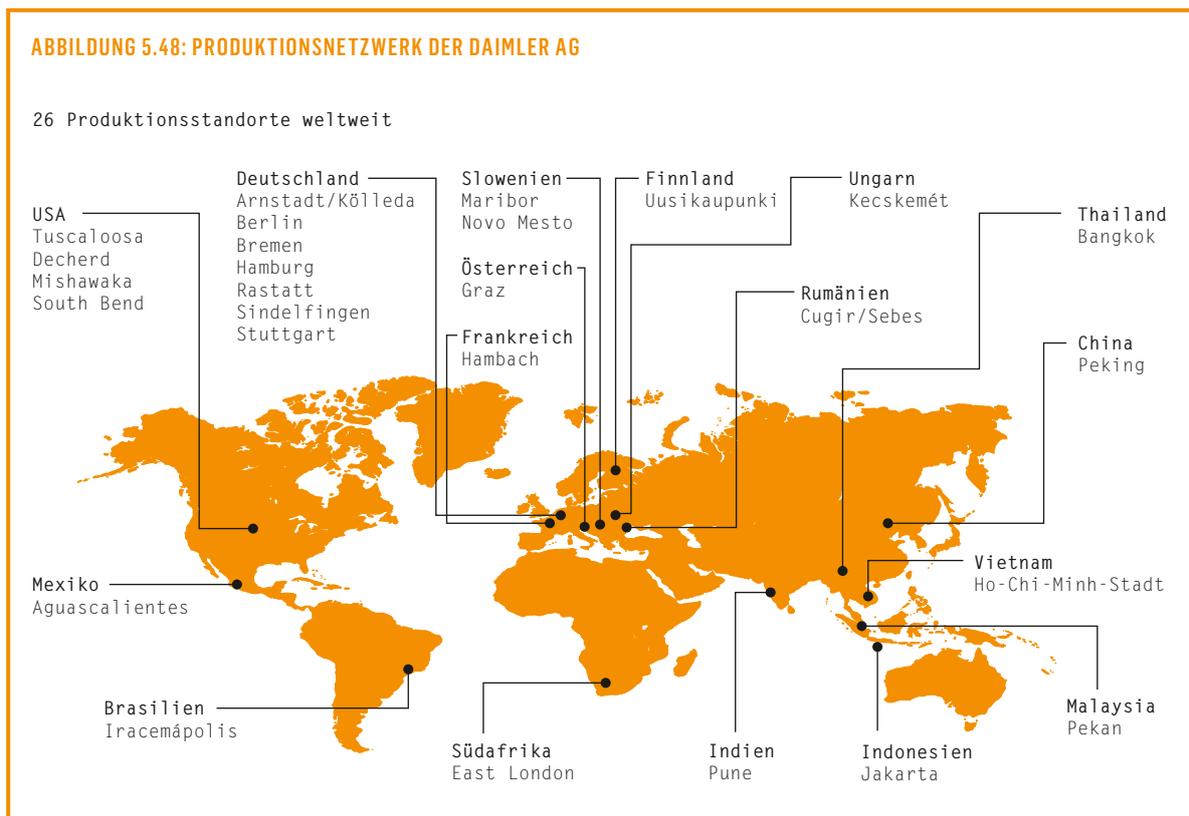
In den letzten zehn Jahren sind die ökonomisch-monetären Markt- und Standortanteile von Deutschland am globalen Markt stabil geblieben. Vergleicht man andererseits die Stückzahlenentwicklung der Automobilindustrie am Standort Deutschland mit der Marktentwicklung der globalen Automobilindustrie, so zeigt sich, dass der stückzahlenbezogene Standortanteil kontinuierlich sinkt. Abbildung 5.47 zeigt diese Entwicklung deutlich.



Quelle: Cacilo; Haag 2017, eigene Darstellung

Ein immer kleinerer Teil der Wertschöpfung der Automobilindustrie am Standort Deutschland basiert somit auf der Produktion von Neufahrzeugen. Diese Entwicklung geht mit der Bildung globaler Produktions- und Entwicklungsnetzwerke der Automobilindustrie einher, die sich in einem immer größeren unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Standortwettbewerb äußert. Bereits bis heute wurden beispielsweise im Daimler-Werk in Tuscaloosa (USA) über 2 Mio. Fahrzeuge produziert. In Europa kam es in den vergangenen Jahren zu einem erheblichen Aufbau von Produktionskapazitäten der OEMs und Zulieferer in Osteuropa (insb. in Ungarn, Rumänien, Polen, Tschechien, Slowakei). Von 389.281 Beschäftigten der Robert Bosch GmbH sind mittlerweile nur noch 133.974 in Deutschland beschäftigt (Bosch 2017). Abbildung 5.48 zeigt exemplarisch das Produktionsnetzwerk der Daimler AG.

Zwar hat die Produktion am Standort Deutschland aufgrund der stagnierenden Stückzahlen eine in der Tendenz abnehmende Bedeutung, dennoch ist es für den langfristigen Erhalt der Automobilindustrie am Standort Deutschland wesentlich, diesen industriellen Kern beizubehalten.



Quelle: in Anlehnung an automotiveIT (2015)

Hinsichtlich der Dynamik der Standortverlagerungen sowie ihrer grundsätzlichen Einordnung gibt es derzeit eine Bandbreite von Positionen und Interpretationen.

- ▶ Zanker; Kinkel; Maloca (2013) schlussfolgern auf Basis der Erhebung „Modernisierung der Produktion“ des Fraunhofer ISI<sup>77</sup>, dass die Verlagerungen der Produktionsunternehmen ihren Höhepunkt etwa im Jahr 2005 hatten und bis zum Jahr 2012 auf den Tiefpunkt seit Beginn der Erhebung Mitte der 1990er-Jahren gesunken sind.
- ▶ Die Autoren des IMU-Instituts vertreten hingegen mit dezidiertem Blick auf die Automobilzulieferindustrie die Ansicht, dass die Verlagerung nach Osteuropa und der damit verbundene Kostendruck auf die deutschen Standorte in den letzten Jahren erheblich zugenommen haben (IMU 2016). Dies wird neben Experteninterviews damit begründet, dass die Importe aus Osteuropa im Jahr 2014 die Importe aus Westeuropa deutlich überstiegen (16 Mrd. zu 11 Mrd. Euro) und der größte Zuwachs nach der Krise 2009 erfolgte.

Die Unternehmensberatung KPMG hat erhoben, dass es eine erhebliche Abweichung zwischen Einschätzungen in aktuellen Studien und den Einschätzungen von „Executives“ bezüglich der künftigen Anteile europäischer Standorte an der globalen Automobilproduktion gibt. Während die (nicht näher benannten) Marktstudien für das Jahr 2030 von einem Marktanteil Westeuropas an der globalen Automobilproduktion in Höhe von 13% ausgehen, gehen 65% der befragten „Executives“ davon aus, dass der Marktanteil Westeuropas bis 2030 auf 5% fallen wird. Heute liegt der Marktanteil Westeuropas bei 16% (KPMG 2017: 47). Folgt man diesem Szenario und wäre Baden-Württemberg hiervon proportional betroffen, hätte dies einen negativen Beschäftigungseffekt in der Größenordnung von bis zu 50% zur Folge<sup>78</sup>. Es ist allerdings zu erwarten, dass insbesondere Standorte mit Überkapazitäten in Frankreich, Spanien und Italien von der Entwicklung betroffen sein werden.

77 Die Aussagen beziehen sich auf die Erhebung aus dem Jahr 2012. Die Neuauflage des Jahres 2017 lag zum Redaktionsschluss dieses Berichts noch nicht vor.

78 Dabei wird auf Basis der Daten der Bundesagentur für Arbeit (Sonderauswertung) ein Anteil an der Produktion in Höhe von 72% unterstellt und bei anderen Beschäftigungsbereichen (u. a. F&E, Verwaltung) keine Veränderung angenommen. Zudem wurde der Standortanteil auf den gesamten Sektor bezogen (nicht nur Pkw, sondern auch Nutzfahrzeuge).

Schreibt man andererseits den Markt- und Standortanteil der letzten Jahre fort, so ergibt sich daraus c. p. bis 2030 ein Erhalt der heutigen Beschäftigung. Eine signifikante Erhöhung des Markt- und Standortanteils ist derzeit unwahrscheinlich. Folglich liegt die Bandbreite der erwarteten Beschäftigungsveränderungen aufgrund von veränderten Markt- und Standortanteilen zwischen 0 und einem Rückgang von 104.000 Beschäftigten.

Weitere Effekte für den Markt- und Standortanteil ergeben sich aus dem Einsatz neuer Technologien, insbesondere dem automatisierten Fahren und der Elektromobilität. Diese Effekte werden in 5.8.3 und 5.8.4 betrachtet.

#### 5.8.2.2. GLOBALE ENTWICKLUNG DES ABSATZMARKTS

Der ökonomische Output der Automobilindustrie wird grundsätzlich in monetären Einheiten wie Umsatz pro Jahr oder Wertschöpfung pro Jahr ausgedrückt. Abbildung 5.47 zeigt den Entwicklungsverlauf der relevanten Indikatoren der deutschen Automobilwirtschaft. Sie veranschaulicht, dass der globale Pkw-Absatz und die Umsätze der Automobilindustrie am Automobilstandort Deutschland stark positiv korreliert sind. Die Anzahl der am Standort Deutschland produzierten Fahrzeuge zeigt jedoch eine deutlich abweichende Entwicklung. Eine reine Betrachtung der produzierten Stückzahlen ist also nicht zielführend.

Dagegen ist der globale Absatzmarkt ein guter Indikator für den ökonomischen Output der Automobilindustrie am Standort Baden-Württemberg. Damit die Beschäftigung c. p. gehalten werden kann, darf sich der globale Absatzmarkt (hier als Variable des Outputs) nicht schwächer entwickeln als die Arbeitsproduktivität.

Die Abschwächung des globalen Absatzmarkts während der Finanzkrise um 9% von 2007 auf 2009 hat die Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg und in Deutschland insgesamt schwer und überproportional getroffen. Die Wertschöpfung der deutschen Automobilindustrie hat sich von 2007 auf 2009 um mehr als ein Drittel reduziert (eigene Berechnung Fraunhofer IAO). Aufgrund des Bullwhip-Effekts<sup>79</sup> kam es insbe-

79 Der Bullwhip-Effekt beschreibt das zunehmende „Aufschaukeln“ von Nachfrageschwankungen in der Lieferkette in entgegengesetzter Richtung des Materialflusses. Die Folgen sind verzerrte Losgrößenbildungen.

sondere in der Zulieferkette zu erheblichen kurzfristigen Verwerfungen. Zwar konnte mittels Kurzarbeit und „Abwrackprämie“ sowie dem relativ schnell wieder anziehenden Markt die Phase ohne gravierende sozio-ökonomische Effekte überwunden werden. Die Krise zeigte dennoch die grundsätzliche „Verwundbarkeit“ der exportorientierten Automobilindustrie.

Derzeit gibt es eine große Bandbreite an Aussagen hinsichtlich der Frage, wie sich der globale Markt in den nächsten Jahren entwickeln wird. Im Fraunhofer IAO-Marktmodell ist für den Betrachtungszeitraum bis 2030 ein Wachstum in Höhe von 3,9 % p. a. hinterlegt, das auf einer Extrapolation der Vergangenheitsdaten sowie auf Daten der International Energy Agency (IEA) beruht. Zwischen 2005 und 2016 lag das Wachstum im Automobilmarkt zwischen 3,7 und 3,95 % (je nach Abgrenzung der Fahrzeugklassen und Anfangsjahr der Betrachtung). Die Zukunftsprognosen sind jedoch deutlich pessimistischer und liegen bei unterschiedlichen Zeithorizonten bei 2–2,6 % (IHS 2015; Alix 2015; McKinsey 2016) bzw. 3 % (PWC 2017).

Die Entwicklung des Absatzes ist zwar ein wesentlicher Indikator für die Entwicklung des Gesamtmarktvolumens, gleicht diesem aber nicht, da der Fahrzeugbestand – und damit verbundene Marktsegmente (After Sales, z. B. Reparaturen etc.) – deutlich schneller wachsen als der Absatz. Daher liegen die Wachstumsraten des Gesamtmarktvolumens etwas über dem Wachstum des Absatzmarkts.

Liegt die Steigerung des Gesamtmarktvolumens auf dem gleichen Niveau wie die Produktivitätsentwicklung, so sind keine Beschäftigungseffekte zu erwarten. Setzt man allerdings auf Basis der erwähnten Studien die Bandbreite der erwarteten Entwicklung zwischen 2 % und 4 %, ergibt sich daraus ein Beschäftigungseffekt in Höhe von +56.000 und –16.000 Beschäftigten.

### 5.8.2.3. ENTWICKLUNG DER ARBEITSPRODUKTIVITÄT

Produktivität drückt immer ein Verhältnis von Ausbringungsmenge und Einsatzmenge aus. In der volkswirtschaftlichen, betriebswirtschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Diskussion wird eine Vielzahl verschiedener Produktivitätsbegriffe verwendet. Einer dieser Produktivitätsbegriffe ist die Arbeitsproduktivität. Sie ist ökonomisch definiert als die preisbereinigte Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem oder je Erwerbstätigenstunde. Die erste Variante der

Definition – d. h. die Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem – wird im Folgenden zugrunde gelegt, wenn von „Produktivität“ die Rede ist<sup>80</sup>.

Grundsätzlich erhöhen Produktivitätszuwächse den Output bei gleichbleibendem Input, sodass bei gleichbleibendem Output der Beschäftigungsbedarf bei Produktivitätszuwachsen sinkt.

In einer Untersuchung von Brzeski; Burk; Franke (2016) wurde die Produktivitätsentwicklung verschiedener Wirtschaftssektoren verglichen und hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit der Beschäftigungsentwicklung analysiert. Die Analyse zeigt, dass sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Produktivitätsentwicklung und der Beschäftigung feststellen lässt. Höhere Produktivität führt weder zweifelsfrei zu höherer Beschäftigung, noch sinkt die Beschäftigung „naturgesetzlich“ aufgrund von Produktivitätszuwachsen.

Die Auswirkung auf die Beschäftigung lässt sich nur im Verhältnis zum Output bestimmen. So lässt sich erklären, dass eine Steigerung der Produktivität (zumindest temporär) die Beschäftigung erhöhen kann. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von einer jährlichen Steigerung des Marktvolumens in Höhe von jährlich 4 % ausgegangen. Damit sich c. p. eine neutrale Beschäftigungswirkung ergibt, muss die Produktivität synchron hierzu wachsen.

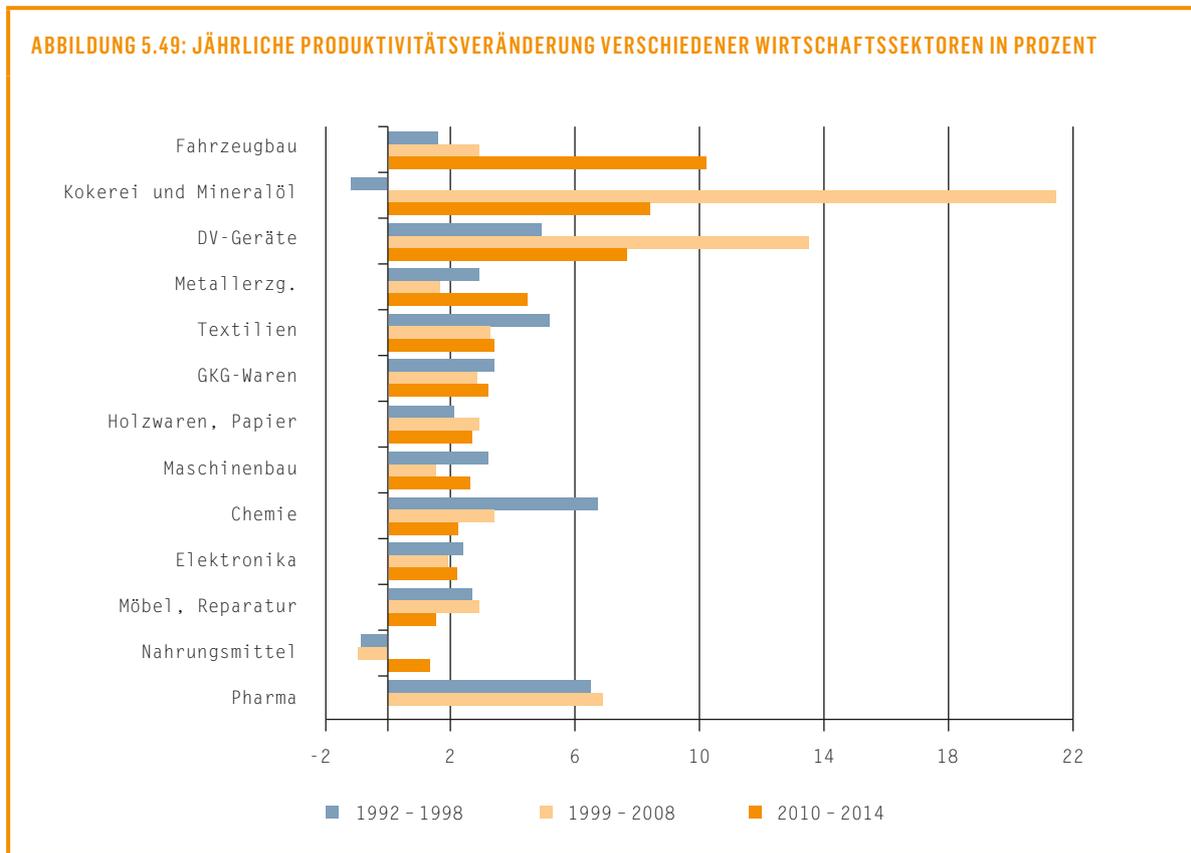
Eine Annäherung an die zu erwartende Produktivitätsentwicklung lässt sich durch eine Analyse der Vergangenheitsdaten erreichen. Zwischen 1995 und 2007 hat sich die Bruttowertschöpfung der Automobilindustrie am Standort Deutschland in jeweiligen Preisen um ca. 4,5 % p. a. erhöht (Legler et al. 2009: 150). Real lag die Produktivitätssteigerung bei etwa 3 %. Bei der Betrachtung noch weiter zurückreichender Zeiträume liegt die reale Produktivitätsverbesserung bei etwa 2,5 % jährlich (eigene Berechnung auf Basis von Legler et al. 2009: 16). Schade et al. (2012: 187f.) haben auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamts von 2005 bis 2011 ein durchschnittliches Wachstum der Arbeitsproduktivität in Höhe von 3 % ermittelt, mit deutlichen Abschlagen vor und nach der Finanzkrise.

<sup>80</sup> Grundsätzlich wäre Bruttowertschöpfung im Zähler aussagekräftiger, allerdings ist keine hinreichende Datenverfügbarkeit für Baden-Württemberg gegeben, sodass auf den Umsatz Bezug genommen wird.

In der jüngeren Vergangenheit hat sich das Produktivitätswachstum in der Automobilindustrie erhöht. Auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamts betrug das reale Wachstum der Arbeitsproduktivität in der Automobilindustrie zwischen 2006 und 2015 ca. 3,5% p.a. Zwischen 2010 und 2015 betrug das reale Wachstum der Arbeitsproduktivität ca. 3,8% p.a. (eigene Berechnungen auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamts).

Dies lässt sich als Trend interpretieren und deutet an, dass die Produktivität auch künftig deutlich stärker ansteigen könnte als im Langfristtrend (und entsprechend deutlich größere Output-Steigerungen nötig sein werden, um die Beschäftigung zu halten).

Abbildung 5.49 zeigt, dass der Fahrzeugbau in der jüngeren Vergangenheit sogar die höchsten Wachstumsraten aller betrachteten Wirtschaftszweige aufweisen konnte.



Quelle: in Anlehnung an Brzeski; Burk; Franke (2016)

In verschiedenen Studien wurden Aussagen hinsichtlich der künftigen Produktivitätsentwicklung getätigt:

- ▶ Schade et al. (2012: 187f.) gehen daher für die Betrachtung der Zukunft von zwei Szenarien hinsichtlich der Arbeitsproduktivität aus – mit einer jährlichen Wachstumsrate von 2 % und 3 %.
- ▶ In einer Studie von Barthel et al. (2010: 29) wird mit einer kontinuierlichen Produktivitätssteigerung in der Automobilindustrie in den nächsten Dekaden von 3 bis 5 % gerechnet.
- ▶ In der Studie „Industriestandort Deutschland und Bayern 2030“ geht Prognos (2016: 10) von einer Steigerung der Bruttowertschöpfung des Kraftfahrzeugbaus in Deutschland bis 2030 in Höhe von 2,6 % p. a. aus.

Ein potenziell wesentlicher Einflussfaktor auf die Produktivitätsentwicklung der Automobilindustrie der nächsten Jahre ist die Automatisierung und Digitalisierung der Produktion. Diesbezüglich wird die These vertreten, dass durch Industrie 4.0 ein erheblicher Produktivitätsschub ermöglicht wird. In der Studie von Frey und Osborne (2013) und ihrer Übertragung auf Deutschland (Bonin et al. 2015) wurde ermittelt, dass in den nächsten 10–20 Jahren ca. 12 % der Beschäftigten durch Automatisierung betroffen sein könnten. Die Aussagen beziehen sich allerdings auf die gesamte Volkswirtschaft, nicht dediziert auf die Automobilindustrie. Mit Bezug auf die Automobilindustrie lässt sich zudem die Gegenthese anführen, dass die Automobilindustrie bereits heute im industriellen Quervergleich führend ist bei Industrie 4.0 (Freudenberg 2014) und Veränderungen daher teilweise schon eingetreten sind, welche in anderen Branchen erst noch zum Tragen kommen werden.

Vor dem Hintergrund der langfristigen Trends wird in den Szenarioberechnungen von einer Produktivitätsentwicklung in Höhe von 2,5 % ausgegangen. In Summe ergibt sich eine realistische Bandbreite zwischen 2 % und 4 %. Hieraus ergeben sich (unter Berücksichtigung der Referenzannahmen anderer Einflussgrößen) Beschäftigungseffekte in der Bandbreite von +17.000 bis zu –58.000.

### 5.8.3. EINFLUSS DER ELEKTROMOBILITÄT AUF DIE BESCHÄFTIGUNG

#### 5.8.3.1. STUDIEN ZU BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTEN DER ELEKTROMOBILITÄT

Die (potenziellen) Beschäftigungseffekte der Elektromobilität für die Automobilindustrie am Standort Deutschland sowie dediziert für die Automobilindustrie am Standort Baden-Württemberg wurden bereits in einer Reihe von Studien untersucht:

- ▶ In Barthel et al. (2010: 32f.) wurden die Aussagen verschiedener Studien zu Beschäftigungseffekten der Elektromobilität zusammengetragen, die Teileanzahl des Antriebsstrangs eines Verbrennungsfahrzeugs (ca. 1.400 Teile) mit dem Antriebsstrang eines Elektrofahrzeugs (ca. 200 Teile) verglichen und der Output des Daimler Motorenwerks für Verbrennungsmotoren mit dem Output eines Continental-Elektromotorenwerks. Bei beiden Vergleichen wurde ein Faktor 1:7 ermittelt. Die Vergleiche wurden als Hinweis auf einen niedrigen Beschäftigungsbedarf im Zeitalter der Elektromobilität gedeutet.
- ▶ Das Fraunhofer IAO erstellte in den Jahren 2010, 2011 und 2015 jeweils sog. „Strukturstudien“ zur Elektromobilität in Baden-Württemberg. Dabei wurden auch Berechnungen zu den Beschäftigungspotenzialen durchgeführt und folgende Ergebnisse ermittelt:
  - Strukturstudie 2010: Für das Jahr 2020 wird ein saldiertes positiver Beschäftigungseffekt für Baden-Württemberg in Höhe von ca. 18.000 Arbeitsplätzen im Vergleich zum Referenzjahr 2009 ermittelt. Arbeitsplatzverluste fallen insbesondere bei Verbrennungsmotoren und in geringem Umfang bei Starterbatterien und Lichtmaschinen an, während bei Effizienztechnologien und Traktionsbatterien hohe Zuwächse erwartet werden (Spath et al. 2010: 46).
  - Strukturstudie 2011: Für das Jahr 2020 wird ein saldiertes Beschäftigungspotenzial für Baden-Württemberg von ca. + 20.000 gegenüber 2010 errechnet. Dabei entfallen 10.130 Vollzeitäquivalente auf konventionelle Komponenten und 9.850 Vollzeitäquivalente auf Komponenten im Bereich Elektromobilität. Es wird jedoch ergänzt, dass auf Basis einer Analyse der der-

zeitigen Situation ein Großteil dieser Komponenten nicht in Baden-Württemberg hergestellt wird – und insofern die Potenziale ggf. nicht ausgeschöpft werden können (Spath et al 2011: 57f).

- Strukturstudie 2015: Für das Jahr 2025 wird ein saldiertes Beschäftigungspotenzial für Baden-Württemberg in Höhe von ca. +18.000 ermittelt. Als realistisch wird dabei insbesondere die Ausschöpfung von +5.600 Beschäftigten bei „konventionellen“ Komponenten (Verbrennungsmotor, Abgassystem sowie Getriebe), +6.900 bei Effizienztechnologien und +5.600 bei elektrifizierten Komponenten im Antriebsstrang erachtet. Das weitere Potenzial in der Produktion von Batteriezellen in Höhe von +5.800 Beschäftigten wird als „theoretisch“ eingeschätzt (Bauer et al. 2015: 6).
- ▶ Die Unternehmensberatung McKinsey ermittelte im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) erhebliche positive Beschäftigungspotenziale durch die Elektromobilität. Im Bereich der konventionellen Antriebstechnik wurde bis 2020 eine Reduzierung von ca. 46.000 Beschäftigten errechnet (davon ca. 11.500 bei deutschen Zulieferern). Bei Komponenten der Elektromobilität wurde allerdings ein positiver Beschäftigungseffekt in Höhe von 250.000 Arbeitsplätzen ermittelt (davon 140.000 im Bereich der Batterieherstellung) (McKinsey 2010).
- ▶ Im Forschungsprojekt ELAB (Elektromobilität und Beschäftigung. Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung), das von dem Fraunhofer IAO, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und dem IMU-Institut bearbeitet wurde, wurden die Beschäftigungsauswirkungen verschiedener Marktszenarien auf ein idealtypisches Aggregate-Werk betrachtet. Dabei wurde für das Referenzszenario mit einem Marktanteil von Elektrofahrzeugen in Höhe von ca. 30 % und hohen Hybridanteilen im Jahr 2030 eine Veränderung des Beschäftigungsbedarfs von 6.000 im Jahr 2010 auf 7.200 ermittelt (Spath et al. 2012). Daraus ließ sich auch schlussfolgern, dass standort- und wirtschaftspolitisch die Zeit gegeben sein wird, den Standort auf den Wandel hin zur Elektromobilität vorzubereiten.

- ▶ Auch im Rahmen der Nationalen Plattform Elektromobilität wurde das Thema Beschäftigung aufgegriffen. Dabei wurde zunächst folgendes Ziel definiert: „Deutschland sichert durch Elektromobilität das hohe Niveau der Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette“ (Kagermann 2016). Im Rahmen der „Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland“ wurde eine Analyse zu den potenziellen Beschäftigungseffekten einer Zellfertigung in Deutschland angestellt und ermittelt, dass unter den Annahmen einer Produktion von 13 GWh/a ca. 1.050–1.300 direkte Beschäftigte und 1.400–3.100 indirekte Effekte je nach Wirtschaftsstruktur des jeweiligen Standorts mit dem Aufbau einer Zellfertigung einhergingen (NPE 2015: 49).

### 5.8.3.2. ÖFFENTLICHE DISKUSSION UND MEDIEN

Insbesondere Ende 2016 und Anfang 2017 hat sich eine große Medienpräsenz zum Thema Elektromobilität und Beschäftigung entwickelt. Dabei wurden verschiedentlich von Experten, Arbeitnehmervertretern und Unternehmensvertretern Äußerungen zu den Beschäftigungseffekten der Elektromobilität getätigt.

Porsche hat angekündigt, für den Bau des bis zum Jahr 2020 geplanten Elektrofahrzeugs 1.400 neue Arbeitsplätze zu schaffen, davon 1.200 in Zuffenhausen, davon 900 in der Produktion (Automobilwoche 2016). Uwe Hück, Betriebsratsvorsitzender von Porsche ist hinsichtlich der Beschäftigungsauswirkung der Elektromobilität entsprechend optimistisch: „Es nützt ja nichts, wenn der Hufschmied Angst bekommt, nur weil er ein Fahrrad sieht. Es hat sich gezeigt, dass wir die Technologie gebraucht haben und trotzdem enorm viele Jobs schaffen konnten. So wird es auch bei der E-Mobilität sein“ (Hueck 2016).

Daimler folgt auch aufgrund der unsicheren Marktentwicklung der Antriebskonzepte dem Prinzip der „maximalen Fertigungsflexibilität“ mit einer Integration der Elektrofahrzeugproduktion in bestehende Produktionsstrukturen. Alle Antriebe laufen somit „vom selben Band“, eigene Fertigungsstraßen oder Standorte sind nicht geplant (Schäfer 2017). Ähnliches gilt für BMW (Zipse 2017). Wolfgang Nieke, Betriebsratschef des Daimler-Werks Untertürkheim erkennt allerdings eine „Tendenz, nicht in die bestehenden Strukturen zu investieren“ (Stuttgarter Zeitung 2016).

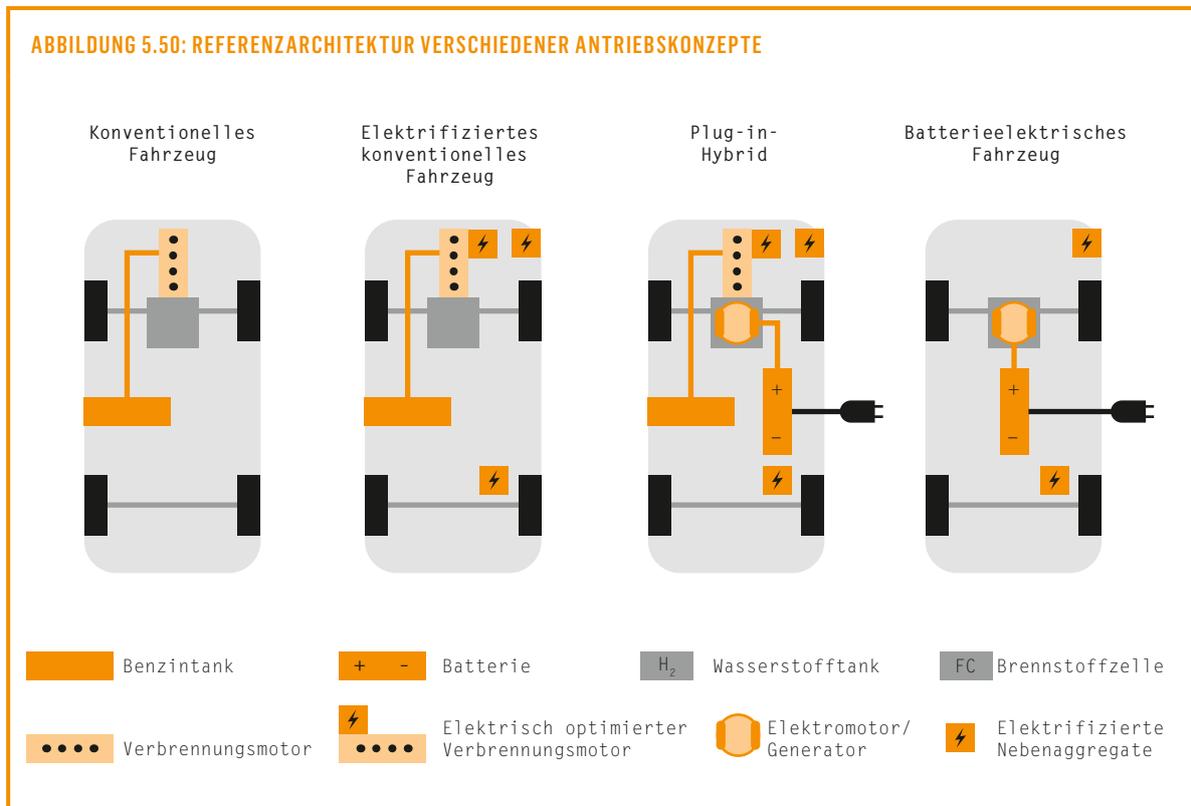
Der Vorstandsvorsitzende Dieter Zetsche kündigte auf einer Analystenkonferenz an, Stellen im Bereich des Verbrennungsmotors „so früh wie möglich“ zu reduzieren (Reuters 2017). Michael Brecht, Vorsitzender des Betriebsrats bei Daimler schätzt die benötigte Anzahl der Arbeitsplätze beim Elektromotor nur auf ein Zehntel im Vergleich zu Verbrennungsmotoren (Deutsche Wirtschafts-Nachrichten 2016). Zudem geht er davon aus, dass – selbst wenn Daimler alle Komponenten der Elektromotoren selbst fertigen würde – die Anzahl der Mitarbeiter nicht gehalten werden könnte (Brecht 2017). Wilko Stark, Leiter der Strategie, schätzt den Arbeitseinsatz beim Verbrennungsmotor siebenmal so hoch ein wie beim reinen E-Motor (Stuttgarter Zeitung 2016). Hinsichtlich der Auswirkung auf die Aufbauwerke gehen die Meinungen auseinander. Während Michael Brecht davon ausgeht, dass es auch dort Auswirkungen der Elektromobilität geben wird (Deutsche Wirtschafts-Nachrichten 2016), äußert sich der zuständige Vorstand für Produktion, Markus Schäfer, optimistisch:

„Mag sein, dass es in der Vorproduktion Unterschiede gibt. Aber wir gehen für unsere Aufbauwerke davon aus, dass die Fertigungszeiten und der Fertigungsaufwand für EQ-Modelle gleich sind wie bei Benzinern oder Dieseln. Nur weil vermehrt Elektrofahrzeuge vom Band laufen werden, muss niemand um seinen Job fürchten“ (Schäfer 2017).

### 5.8.3.3. EINORDNUNG UND ABLEITUNG MÖGLICHER BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE DER ELEKTROMOBILITÄT

Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden drei Antriebskonzepte unterschieden:

- ▶ Batterieelektrisches Fahrzeug (BEV)
- ▶ Plug-in-Hybridfahrzeug (PHEV)
- ▶ Verbrennungsfahrzeug<sup>81</sup> (ICE)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Bauer et al. (2015)

<sup>81</sup> Dabei wurden die Vereinfachungen der Verkehrsszenarien übernommen, d.h. Range-Extender, Mild- und Vollhybride wurden nicht explizit betrachtet. Zudem werden Diesel und Benzinern hier aggregiert betrachtet.

Die drei Antriebskonzepte weisen die in Abbildung 5.50 dargestellte Referenzarchitektur auf. Verbrennungsfahrzeuge werden dabei in zunehmendem Maße durch „elektrifizierte konventionelle Verbrennungsfahrzeuge“ (d.h. Hybridfahrzeuge) substituiert.

In einer Referenzbetrachtung für Fahrzeuge mit jeweils vergleichbarer Größe und Systemleistung sind die drei Antriebskonzepte durch die Komponenten- und Kostenstruktur in Tabelle 6.12 gekennzeichnet.

Der Einfluss der Marktverschiebung in Richtung elektrischer Antriebe auf die Beschäftigung in Baden-Württemberg ist stark abhängig davon, welche Wertschöpfungsanteile in Baden-Württemberg umgesetzt werden. Zur Einschätzung des künftigen Markt- und Standortanteils kann a) die derzeitige Situation oder b) das grundsätzliche Potenzial am Standort Baden-Württemberg betrachtet werden. In der derzeitigen Situation sind insbesondere bei der elektrischen Maschine und der Traktionsbatterie deutlich geringere

**TABELLE 5.12: KOMPONENTEN- UND KOSTENSTRUKTUR IN EURO**

|   | ICE (Otto) | PHEV   | BEV    |
|---|------------|--------|--------|
| Restfahrzeug  | 20.480     | 16.765 | 15.390 |
| Verbrennungsmotor (Grundmotor)                                    | 2.035      | 1.595  | 0      |
| Getriebe  | 1.695      | 2.710  | 950    |
| Elektrische Maschine  | 0          | 1.050  | 1.890  |
| Leistungselektronik inkl. Zubehör und Ladegerät/<br>DC/DC-Wandler | 0          | 1.655  | 2.375  |
| Traktionsbatterie   | 0          | 1.930  | 4.800  |
| Gesamt  | 24.210     | 25.705 | 25.405 |

Quelle: IA0, eigene Darstellung

In Summe liegen die Anschaffungskosten der Antriebs-typen im Jahr 2030 bei ca. 3.300–4.900 Euro über den heutigen, was mit einer realen jährlichen Preissteigerung zwischen 0,9 und 1,4% gegenüber dem heutigen Referenzfahrzeug (ICE) einhergeht. Dies bedeutet, dass in etwa die gesamte Aufpreisbereitschaft für neue Pkw-Generationen für die Effizienzverbesserungen im Antrieb beansprucht wird.

Die Analyse zeigt außerdem, dass die Darstellungen der möglichen Beschäftigungsauswirkungen der Elektromobilität oftmals verkürzt sind, da sie pars pro toto die Gesamtauswirkung aus Teilbetrachtungen ableiten, beispielsweise von dem Vergleich der verschiedenen Motorproduktionen der Antriebsarten. Laut dem Bundesvorsitzenden der IG Metall, Jörg Hofmann, sind ca. 30% der Beschäftigten in der Automobilindustrie dem Antrieb zuzuordnen (Hoffmann 2016). Auf den Rest (Interieur, Infotainment, Karosserie, Verkabelung, Sicherheitssysteme etc.) hat die Veränderung im Antriebsstrang keine bzw. nur eine marginale Auswirkung (Schäfer 2017).

Markt- und Standortanteile Baden-Württembergs feststellbar als bei Komponenten des konventionellen Antriebsstrangs.

So werden die Elektromotoren der Daimler AG derzeit von dem Joint Venture EM-Motive der Daimler AG und der Robert Bosch GmbH bezogen, dessen Produktion in Hildesheim angesiedelt ist, während die Entwicklung in Baden-Württemberg ihren Sitz hat. Bei den Batterien sitzt die Fertigung des Daimler Tochterunternehmens Deutsche Accumotive in Kamenz (Sachsen), die Entwicklung hingegen ist ebenfalls in Baden-Württemberg angesiedelt. Die Batteriezellen als wertvollster Bestandteil der Batterie werden von ausländischen Zulieferern bezogen. Verschiedene Versuche, eine Zellfertigung am Standort Deutschland zu etablieren, sind aufgrund der unzureichenden Wettbewerbsfähigkeit gescheitert.

Aufgrund der geringen Stückzahlen ist die derzeitige Situation jedoch nicht repräsentativ für die künftige Marktentwicklung. Die aktuellen Aktivitäten in Baden-

Württemberg wie die Gründung eines Transformationsbeirats sowie die Initiierung von Forschungsprojekten zur Analyse der Beschäftigungs- und Standortauswirkungen zeigen, dass die Relevanz des Problems erkannt wurde und entsprechende Strategien vorbereitet werden.

Das Fraunhofer ISI hat im Rahmen der Studie „Elektromobilität weltweit. Baden-Württemberg im internationalen Vergleich“ die Wettbewerbsfähigkeit verschiedener F&E-Standorte bei zentralen Technologien im Bereich Elektromobilität untersucht. Im Bereich von Elektromotoren und Leistungselektronik zählt Baden-Württemberg zur erweiterten Spitzengruppe, in der Batterietechnik allerdings eher zum Mittelfeld (Zanker et al. 2015: 19).

Eine Analyse der Unternehmens- und Kompetenzlandschaft in Baden-Württemberg zeigt, dass es für die verschiedenen Wertschöpfungssegmente gute Voraussetzungen gibt, den heutigen (hohen) Markt- und Standortanteil zu halten. Neben den größten Unternehmen der Automobilindustrie in Baden-Württemberg wie die ansässigen OEMs oder den großen Zulieferunternehmen wie die Robert Bosch GmbH oder ZF gibt es zahlreiche Zulieferunternehmen, die Komponenten oder Systeme für Elektrofahrzeuge herstellen und/oder entwickeln. Hierzu gehören (exemplarisch) Unternehmen wie die Wittenstein AG im Bereich E-Maschinen, Mahle Behr im Bereich Thermomanagement von Lithium-Ionen-Batterien oder Lapp Kabel im Bereich Ladesysteme, Kabel und Steckvorrichtungen. Zudem gibt es zahlreiche in Baden-Württemberg ansässige Engineering-Dienstleister mit einer Spezialisierung im Bereich alternativer Antriebe und Elektromobilität wie Greening oder Bertrandt.

Auch die Diskussionen um den Aufbau einer Zellfertigung in Deutschland sind im Jahr 2017 noch nicht abgeschlossen.

Im Rahmen der Strukturstudie 2015 (Bauer et al. 2015: 60f.) wurden für Baden-Württemberg folgende Markt- und Standortanteile für die zentralen Komponenten zugrunde gelegt:

- ▶ Traktionsbatterie: 1,8% statt 6% bei konventionellen Komponenten
- ▶ Elektrische Maschine: 2,8% statt 6% bei konventionellen Komponenten

- ▶ Leistungselektronik: 4,5% statt 6% bei konventionellen Komponenten
- ▶ Für die konventionellen Komponenten inkl. Effizienztechnologien sowie Brennstoffzellensysteme wurden die heutigen Markt- und Standortanteile fortgeschrieben

Die Analyse zeigt, dass weiterhin mittel- bis langfristig eine große Spannweite an Markt- und Standortanteilen vorstellbar ist. Als realistisches Band wird daher der Bereich zwischen den Annahmen aus Bauer et al. (2015) und dem derzeitigen Markt- und Standortanteil von komponentenübergreifend betrachtet.

Hinsichtlich der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen wird ebenso eine Bandbreite betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf dem im Projekt entwickelten Referenzszenario (Abschnitt 5.4.5). Zum besseren Verständnis wird zudem der (bis 2030) unwahrscheinliche Fall eines 100% BEV-Szenarios betrachtet.

Da sich die im Projekt entwickelten Szenarien auf Baden-Württemberg beziehen, ist auch für die Untersuchung der technologiespezifischen Effekte eine Transferleistung auf den globalen Markt zu erbringen. Baden-Württemberg hatte im Betrachtungsjahr 2014 einen Anteil an Elektrofahrzeugen in Höhe von 0,42% am Fahrzeugbestand. Global lag der Anteil an Elektrofahrzeugen 2014 bei 0,44%. Daher muss hinsichtlich der in den Szenarien ermittelten Daten nur eine geringe Anpassung in Höhe von ca. 4% vorgenommen werden. Dabei wird c.p. unterstellt, dass der Markt in Baden-Württemberg und der globale Markt eine synchrone Diffusionskurve auf minimal unterschiedlichem Ausgangsniveau aufweisen werden. Im Referenzszenario ergeben sich für das Jahr 2030 Anteile von 3,7% BEV, 10,7% PHEVs und 85,5% ICEs (und weitere Antriebskonzepte).

Aus der Analyse ergeben sich auf Basis des Referenzszenarios Beschäftigungseffekte im Bereich der Entwicklung und Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen im Bereich von 0 bis -1.587 gegenüber heute reduzierten Standortanteilen bei den neuen Komponenten. Es ist zudem darauf hinzuweisen, dass die wegfallenden und neu entstehenden Arbeitsplätze zu einer Verschiebung zwischen Unternehmen und Wirtschaftszweigen führen können. Für den Extremfall einer 100% BEV-Annahme steigt der Effekt auf ca. -15.300 Beschäftigte an.

Die konkreten Auswirkungen werden im Wesentlichen davon abhängen, welche Anteile an baden-württembergischen Standorten gefertigt werden. Wesentliche gemeinsame Aufgabe von Unternehmen, Arbeitnehmervertretungen und Politik ist die Sicherung der heutigen Standorte und Fertigungstiefen in der Breite von Forschung und Entwicklung, Komponentenfertigung und Endmontage. Gelingt dies nicht, besteht insbesondere bei Komponenten- und Aggregatewerken die Gefahr von Beschäftigungsverlusten (beispielsweise in dem Daimler Werk in Untertürkheim mit ca. 19.000 Beschäftigten oder im Bosch-Werk in Feuerbach).

Neben den genannten Effekten im Kraftfahrzeugbau sind zudem Effekte auf die Marktsegmente „After Sales“ und „Aftermarket“ zu betrachten. Diese entstehen im Wesentlichen durch den geringeren Wartungs- und Instandhaltungsbedarf sowie den geringeren Teilebedarf. Auf Basis der Annahmen von Diez; Schreier; Haag (2014) entstehen bezogen auf das Referenzszenario Effekte von ca. -700 Beschäftigte im After Sales und -1.600 Beschäftigte im Aftermarket. Für den Extremfall eines 100% BEV-Szenarios liegt der Effekt bei -18.000 Beschäftigte im After Sales und 42.000 Beschäftigte im Aftermarket.

Addiert man die genannten drei Effekte (Markt- und Standortanteile, After Sales, Aftermarket), so beträgt der Gesamteffekt im Referenzszenario knapp -3.900 Beschäftigte im Jahr 2030. Im 100% BEV-Szenario liegt der Effekt bei -75.300 Beschäftigten.

In Kapitel 5.8.5 werden die Effekte durch die Elektromobilität auf die drei in dem Projekt entwickelten Szenarien bezogen.

#### 5.8.4. EINFLUSS DURCH AUTOMATISIERTES FAHREN AUF DIE BESCHÄFTIGUNG

Automatisiertes Fahren lässt sich auf Basis der Definitionen des VDA und dem SAE Standard J3016 anhand folgender Automatisierungsgrade charakterisieren:

- ▶ Manuell (Stufe 0): Der Fahrer führt über die gesamte Fahrtdauer alle Längs- und Querführungsaktivitäten durch.
- ▶ Assiiert (Stufe 1): Einzelne Fahraufgaben werden in Grenzen vom System ausgeführt.
- ▶ Teilautomatisiert (Stufe 2): Das System ist in der Lage, sowohl die Quer- als auch die Längs-

führung für einen begrenzten Zeitraum oder in spezifischen Situationen zu übernehmen. Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen.

- ▶ Hochautomatisiert (Stufe 3): Das System ist in der Lage, die Quer- und Längsführung für einen gewissen Zeitraum in spezifischen Situationen zu übernehmen. Der Fahrer ist jedoch nicht mehr verpflichtet, das System dauerhaft zu überwachen.
- ▶ Vollautomatisiert (Stufe 4): Das System kann in einem definierten Anwendungsfall Quer- und Längsführung vollständig ausführen, wobei der Fahrer das System nicht überwachen muss.
- ▶ Autonom (Stufe 5): Das System bewältigt alle während einer Fahrt auftretenden Situationen selbstständig.

Im Rahmen der hier vorgenommenen Analyse wird zwar bis zum Jahr 2030 von Pilotprojekten mit „autonomen“ Systemen (Level 5) ausgegangen, nicht aber von der Realisierung eines vollumfänglichen Marktangebots. Daher stehen die Automatisierungsgrade 1 bis 4 im Fokus der Betrachtung. Zu den hier betrachteten ADAS<sup>82</sup> (Level 1) zählen:

- ▶ Adaptive Geschwindigkeitsregelung (engl. Adaptive Cruise Control, ACC)
- ▶ Frontkollisionsschutz (engl. Forward Collision Warning, FCW)
- ▶ Spurhalteassistentz (engl. Lane Departure Warning/Keeping, LDW)
- ▶ Spurwechselassistentz (engl. Blind Spot Detection, BSD)
- ▶ Fahrerzustandserkennung (engl. Driver Monitoring, DM)
- ▶ Verkehrszeichenerkennung (engl. Traffic Sign Recognition, TSR).

Auch Systeme der Level 3 und 4 lassen sich in verschiedene Funktionsausprägungen, insbesondere verschiedene Anwendungsfälle unterscheiden. Denkbar sind beispielsweise Systeme, die auf bestimmte Spuren, Wetterlagen oder Straßenarten beschränkt sind. Es wird im Weiteren allerdings nicht zwischen diesen Funktionsumfängen unterschieden, sondern stattdessen davon ausgegangen, dass Level 3 und 4-Systeme ihren Funktionsumfang im Zeitablauf stetig ausbauen werden.

82 Advanced driver assistance systems

Zur Marktanalyse wird auf aktuelle Publikationen im Betrachtungsfeld zurückgegriffen, insbesondere Cacilo et al. (2015) und Cacilo; Haag (2017). Auf Basis der darin vorgenommenen Marktanalyse, Auswertung von Marktforschungsaussagen und Experteninterviews werden folgende Netto-Durchschnittspreise für die betrachteten Systeme zugrunde gelegt:

- ▶ Level 1: Zwischen 20 und 600 Euro
- ▶ Level 2: Zwischen 1400 Euro und 1.800 Euro
- ▶ Level 3 und 4: ca. 3.600 Euro

Im Ausgangsjahr 2014 lag das Marktvolumen weltweit von ADAS und teilautomatisierten Systemen (Level 1 und 2) bei 4,3 Mrd. Euro. Bis zum Jahr 2025 wächst das Gesamtmarktvolumen der betrachteten Level 1–4-Systeme auf ca. 57 Mrd. Euro (Cacilo et al. 2015). Extrapoliert man die Wachstumsraten der verschiedenen Assistenz- und Automatisierungssysteme bis zum Jahr 2030, so ergibt sich daraus ein Marktvolumen in der Größenordnung von ca. 1.400 Euro pro Fahrzeug.

Aufgrund der geringen Steigerungen der realen Fahrzeugpreise in Höhe von etwa 1 % p. a. sowie dem anzunehmenden Bedeutungsverlust klassischer Leistungskennzahlen von Automobilen bei zunehmender Automatisierung, ist nicht davon auszugehen, dass automatisierte Fahrfunktionen eine vollständig zusätzliche Zahlungsbereitschaft werden induzieren können (vgl. Cacilo et al. 2015: 195, 257). Zwar zeigen verschiedene Studien, dass nennenswerte Zahlungsbereitschaften für Automatisierungssysteme gegeben sind, diese aber dennoch weitgehend unter den erwarteten Preisen liegen (BCG 2015; Daziano et al. 2016; Cacilo et al. 2015: 227).

Die erwartete Marktdurchdringung ist daher mit hoher Wahrscheinlichkeit nur zu Lasten einer Substitution weiterer Komponenten (und der damit verbundenen Reduktion des Fahrzeugpreises) möglich. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der bedingt durch die Elektrifizierung steigenden Anschaffungskosten. Daher ist von einer partiell substituierenden Wirkung der Wertschöpfung der Automatisierungssysteme auszugehen. Aufgrund der Unsicherheit wird hinsichtlich der Frage der Substitution jedoch mit einer maximalen Bandbreite von 0–100% gerechnet.

Hinsichtlich der Markt- und Standortanteile wurde in der hier vorgenommenen Berechnung für das automa-

tisierte Fahren im Jahr 2030 ein zum Umsatzanteil Baden-Württembergs am gesamten Automobilmarkt proportionaler Anteil unterstellt.

Zwar ist der heutige Markt- und Standortanteil Deutschlands bei dedizierter Betrachtung der Systeme des assistierten und automatisierten Fahrens deutlich höher als im Gesamtmarkt (vgl. Cacilo et al. 2015, 40f., 192, 196f.). Für Baden-Württemberg liegen diesbezüglich keine Quantifizierungen vor, allerdings deutet vieles darauf hin, dass Baden-Württemberg sogar einen überproportional hohen Anteil hat. So wurden nicht nur zahlreiche „Meilensteine“ im Bereich der aktiven Sicherheit wie das elektronische Antiblockiersystem und das elektronische Stabilitätsprogramm in Baden-Württemberg entwickelt, sondern die Daimler AG hat als erster Fahrzeughersteller im Jahr 2013 ein Level-2-System in einem Serienfahrzeug angeboten und die Robert Bosch GmbH ist führend im Bereich der Radarsensorik.

Allerdings sprechen insbesondere zwei Gründe gegen ein „Halten“ der heute überproportional hohen Markt- und Standortanteile bis zum Jahr 2030:

- 1) Der Markt für assistiertes und automatisiertes Fahren befindet sich noch im Anfangsstadium. Innovative Technologien diffundieren in der Automobilindustrie in der Regel im Sinne des „Trickle-Down-Effekts“ von hochpreisigen Marktsegmenten in Volumen-Marktsegmente. Da deutsche Fahrzeughersteller insbesondere in oberen Fahrzeugklassen hohe Marktanteile aufweisen, haben sie bei neuen Technologien zunächst hohe Marktanteile, zunehmend diffundieren die neuen Technologien dann allerdings in untere Fahrzeugklassen, sodass sich der Marktanteil der deutschen Hersteller mittelfristig reduziert.
- 2) Bereits heute werden zunehmend Entwicklungskapazitäten für automatisiertes Fahren im Ausland aufgebaut. Hierdurch zeichnet sich ab, dass ein „Halten“ der hohen Anteile fragwürdig ist.

Bezogen auf die Entwicklung und Produktion von Systemen des assistierten und automatisierten Fahrens ergeben sich auf Basis der genannten Annahmen im Jahr 2030 Beschäftigungseffekte in der Bandbreite von 0 bis 8.415 Beschäftigten. Der optimistische Fall basiert auf einer optimistischen Fortschreibung der weiteren Absatzsteigerungen der betrachteten Systeme sowie

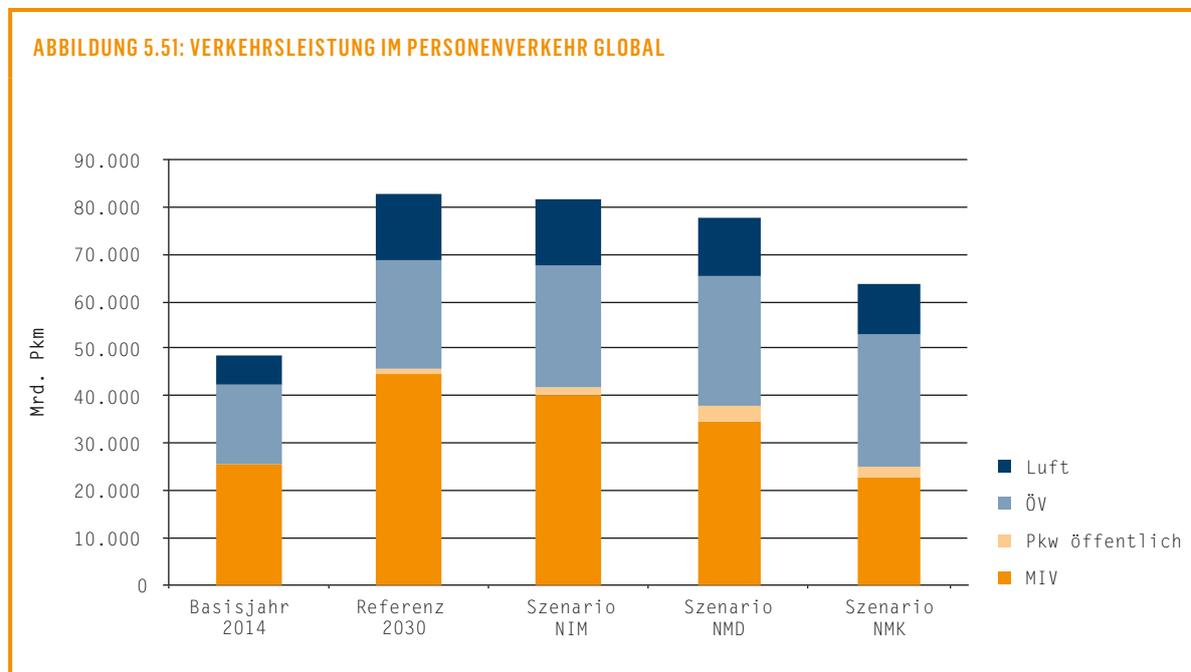
einer Substitution konventioneller Komponenten von 0%. Im negativen Fall wird von einer Substitution von 100% ausgegangen, sodass (unabhängig von der Variation der Marktdurchdringung) kein Beschäftigungseffekt eintritt.

Dabei ist zu ergänzen, dass ab dem Jahr 2030 und durch die Realisierung von Level-5-Automatisierungssystemen neue Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale im Bereich von Mobilitätsdienstleistungen entstehen, die mit der dann ggf. deutlich abnehmenden Pkw-Produktion verrechnet werden müssen.

### 5.8.5. EINFLUSS DER SZENARIEN AUF BESCHÄFTIGUNG UND UMSATZ

#### Globale Verkehrsszenarien

Referenzpunkt der ökonomischen Analyse sind zunächst die Verkehrsszenarien für Baden-Württemberg, die in Abschnitt 5.1.11 und 5.2.5 detailliert dargestellt sind. Diese werden wie in Kapitel 5.8.1 beschrieben auf die globale Ebene gehoben. Der relative Übertrag der Entwicklungen von Baden-Württemberg nach dem dargestellten Vorgehen zeigt im Vergleich zum Referenzszenario 2030 global eine abgeschwächte Zunahme bei der Entwicklung der Verkehrsleistung im Personenverkehr. Die Referenzentwicklung ist dabei von weiterhin starken Wachstumsraten geprägt. Bis zum Jahr 2030 wird im globalen Personenverkehr von einer Steigerung von ca. 69% und in den betrachteten Segmenten des globalen Güterverkehrs (Straße, Schiene) von 63% ausgegangen<sup>83</sup>. Vom Basisjahr 2014 ausgehend bedeutet dies jedoch trotzdem für alle drei Szenarien – entgegen der Entwicklung in Baden-Württemberg – eine Zunahme der globalen Verkehrsleistung.

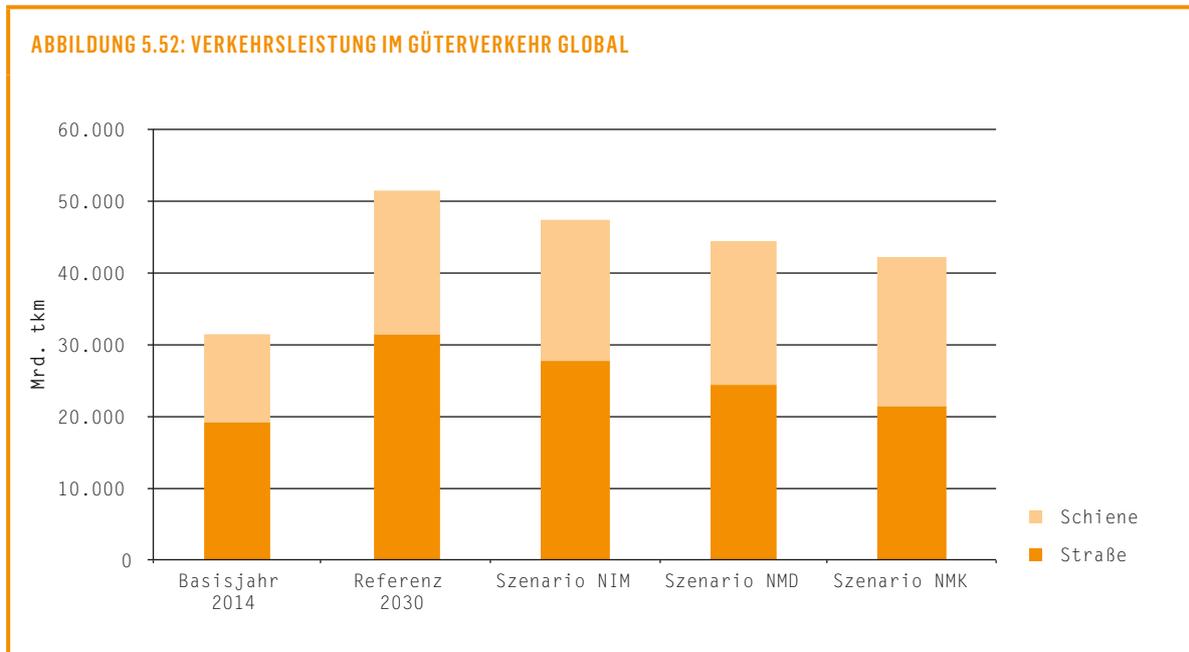


Quelle: eigene Berechnungen

<sup>83</sup> Bei einer Einbeziehung des globalen Schiffsverkehrs wären die Wachstumsraten im Güterverkehr höher als im Personenverkehr.

Die Verkehrsleistung des Personenverkehrs ist in Abbildung 5.51 dargestellt. Für den Güterverkehr ergibt sich die in Abbildung 5.52 dargestellte Entwicklung.

auf die verschiedenen Wirtschaftszweige. Auf einige Wirtschaftszweige hat das Szenario NMK eine positive Beschäftigungswirkung. Hierzu gehören u. a. die



Quelle: eigene Berechnungen

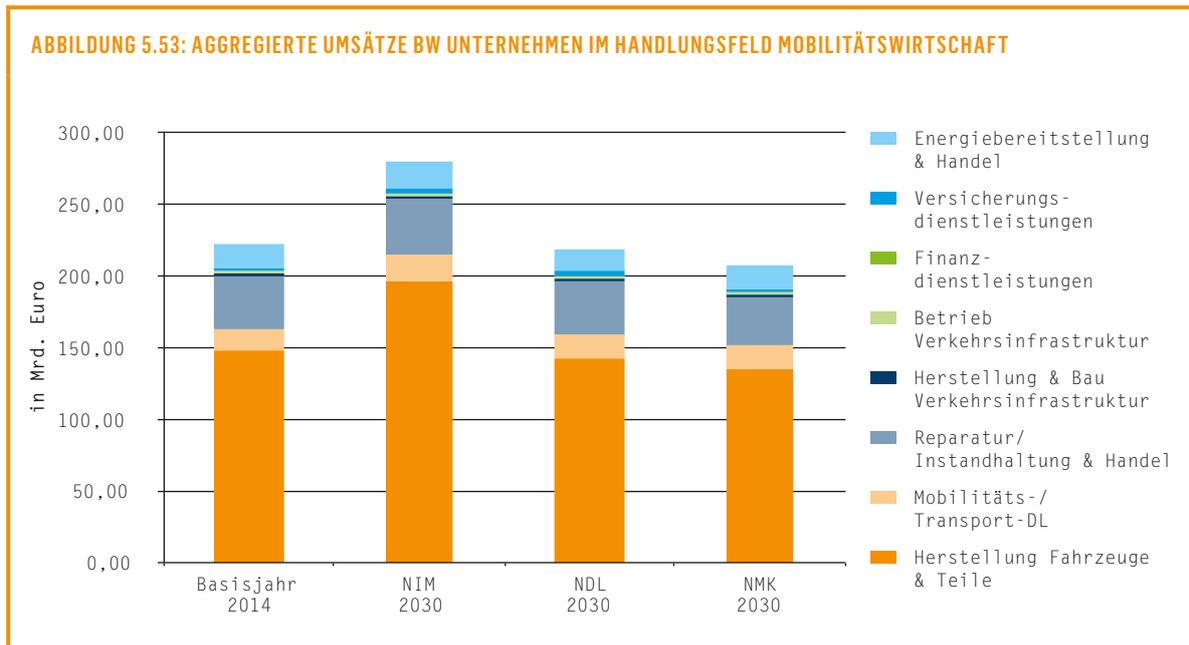
### BESCHÄFTIGUNGS- UND UMSATZWIRKUNG DER VERKEHRLICHEN SZENARIEN

Anhand des im Methodik-Teil erläuterten Vorgehens können die Beschäftigungsauswirkungen der drei Szenarien ermittelt werden. Die Verkehrsleistungs-Szenarien dienen dabei als Inputdaten für die hinterlegten globalen Markt- und Verkehrsmodelle (Bestands- und Absatzmodelle, Fahrleistungen, Besetzungsgrade, Preise). Auf dieser Basis wurden die Umsatzeffekte berechnet, die anschließend anhand der unterstellten Produktivitätsentwicklung in den jeweiligen Wirtschaftszweigen auf Beschäftigungseffekte heruntergebrochen wurden.

Werden die verkehrlichen (Verlagerungs-)Effekte und die daraus resultierenden Effekte für die jeweiligen Teilmärkte berücksichtigt, so ergeben sich deutliche Beschäftigungsverluste in den Szenarien. Im Szenario NIM fallen die Beschäftigungsverluste mit 8,5% moderat aus, im Szenario NDL liegen sie bei etwa einem Fünftel und im Szenario NMK bei gut einem Viertel. Die dargestellten Gesamteffekte ergeben sich aus den teilweise gegenläufigen Auswirkungen der Szenarien

„Herstellung von Schienenfahrzeugen“, die „Eisenbahn Mobilitätsdienstleistungen“ sowie „Betrieb Schienennetz“. Allerdings können diese mit dem lokalen Verkehrsverhalten zusammenhängenden Zuwächse nicht den starken Rückgang in der Pkw-Produktion durch den Rückgang der globalen Nachfrage kompensieren. Hinzu kommt, dass aufgrund der Rückgänge im Güterverkehr sogar das Segment Mobilitäts- und Transport-Dienstleistungen als Ganzes betrachtet schrumpft.

Neben den dargestellten Effekten auf die Beschäftigung lassen sich auch die Effekte auf den Umsatz der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg quantifizieren. Die Berechnung der Umsätze (in realen Preisen) zeigt ein auf den ersten Blick anderes Bild. Zumindest im Szenario NIM steigen die Umsätze gegenüber dem Basisjahr sogar. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass alleine auf Basis einer Produktivitätsverbesserung in der Mobilitätswirtschaft in Höhe von 1,8% p.a. bis zum Jahr 2030 (bei gleicher Leistungstiefe) ein Umsatz in Höhe von knapp 300 Mrd. Euro erforderlich wäre, um Beschäftigungsverluste zu vermeiden.



Quelle: eigene Berechnungen

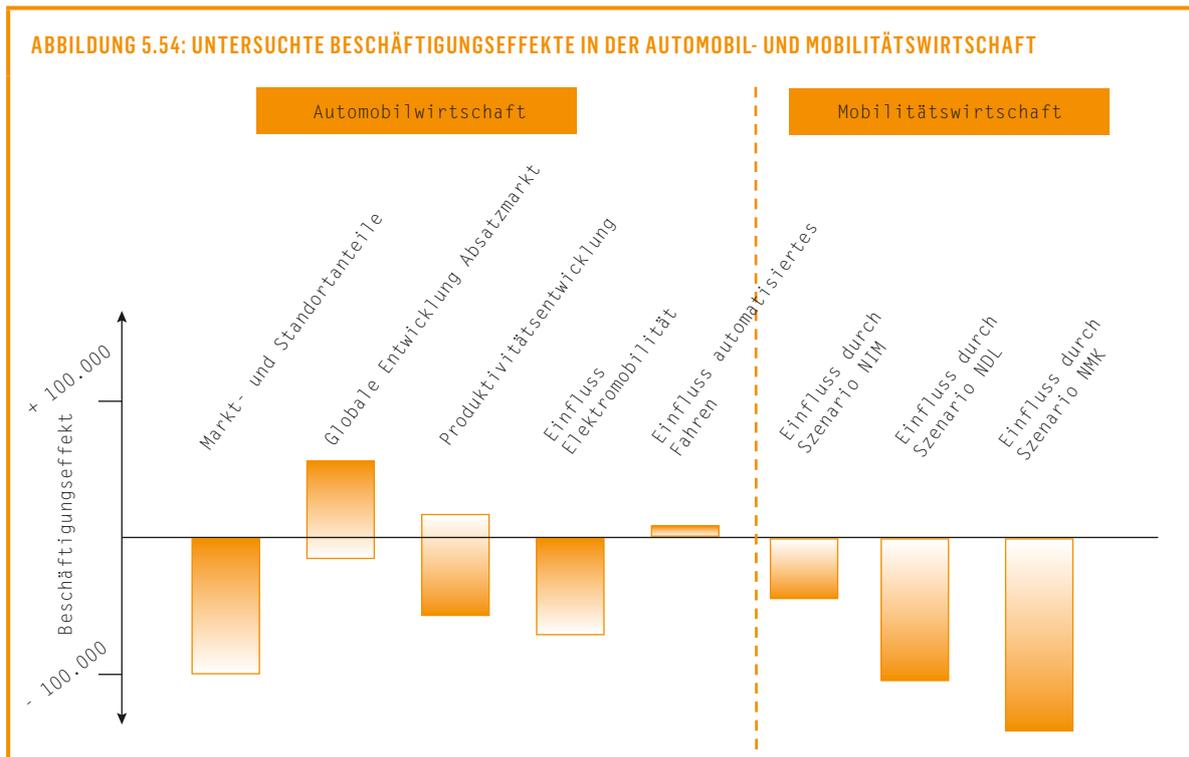
Die Darstellung illustriert insbesondere drei Dinge:

- Unabhängig von den Szenarien gibt es Risiken für die Beschäftigung in der Automobilindustrie am Standort Baden-Württemberg, die einen Transformationsprozess erforderlich machen.
- In allen untersuchten Szenarien sind gegenüber der Referenzentwicklung signifikante Beschäftigungsverluste zu erwarten, falls die (mobilitäts-) wirtschaftliche Struktur nicht angepasst wird.
- Eine Beibehaltung der hohen Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft ist – auch in Szenarien mit Nachhaltigkeitsbezug – möglich.

## 5.8.6. ÜBERSICHT ÜBER DIE BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE UND EINORDNUNG

Abbildung 5.54 zeigt die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Beschäftigungseffekte im Gesamtüberblick.

globale Mobilitätsmarkt aber unverändert seine bisherige Entwicklung fortsetzt. Aufgrund der marginalen Auswirkung des Verkehrs Baden-Württembergs auf globale Nachhaltigkeitsindikatoren würden damit zwar lokale Umweltprobleme wie beispielsweise Flächenverbrauch oder Schadstoffemissionen gemin-



Quelle: eigene Berechnungen

Die in dem Projekt entwickelten Szenarien stehen unter der Prämisse, dass Baden-Württemberg eine Pionierrolle für eine deutsche, europäische und globale Transformation einnimmt. Das heißt, dass die Szenarien in ihrer verkehrlichen Wirkung auch global so umgesetzt werden (siehe Kapitel 5.8.1). Diese Annahme kann jedoch nur eine normative, aber keine empirische Gültigkeit für sich beanspruchen. Es sind viele Gründe denkbar, die dafür sorgen könnten, dass die vorausgesetzte globale Transformation nicht eintritt (z.B. der angekündigte Ausstieg der USA aus dem Pariser Klimaschutzabkommen) und sich entsprechend nicht gleichzeitig global ein nachhaltiges Mobilitätsverhalten durchsetzt. Unter strikt ökonomischen Gesichtspunkten wäre jedoch auch ein Szenario denkbar, in dem nur Baden-Württemberg die mit den Szenarien verbundenen Nachhaltigkeitsstrategien umsetzt, der

dert werden können – und es wäre in diesem Falle selbst im Szenario NMK nur von einem sehr geringen Rückgang der Beschäftigung auszugehen. Im globalen Sinne wäre jedoch solch ein Szenario als nicht nachhaltig einzuordnen.

### 5.8.6.1. NOTWENDIGKEITEN EINES STRUKTURWANDELS

Die Abbildung 5.54 verdeutlicht noch einmal, dass auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen ist. Die Automobilindustrie steht vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Disruptive Technologien und Geschäftsmodelle, neue Akteure und Wettbewerber, verschärfter Standortwettbewerb sowie mögliche

Produktivitätssprünge gehen mit der Gefahr von Beschäftigungsverlusten auch in Baden-Württemberg einher.

Doch Nicht-Handeln und Festhalten am Status quo ist keine Option: Je länger gewartet wird, desto größer wird der Technologierückstand und desto größer ist insgesamt das Risiko für einen späteren disruptiven Strukturbruch.

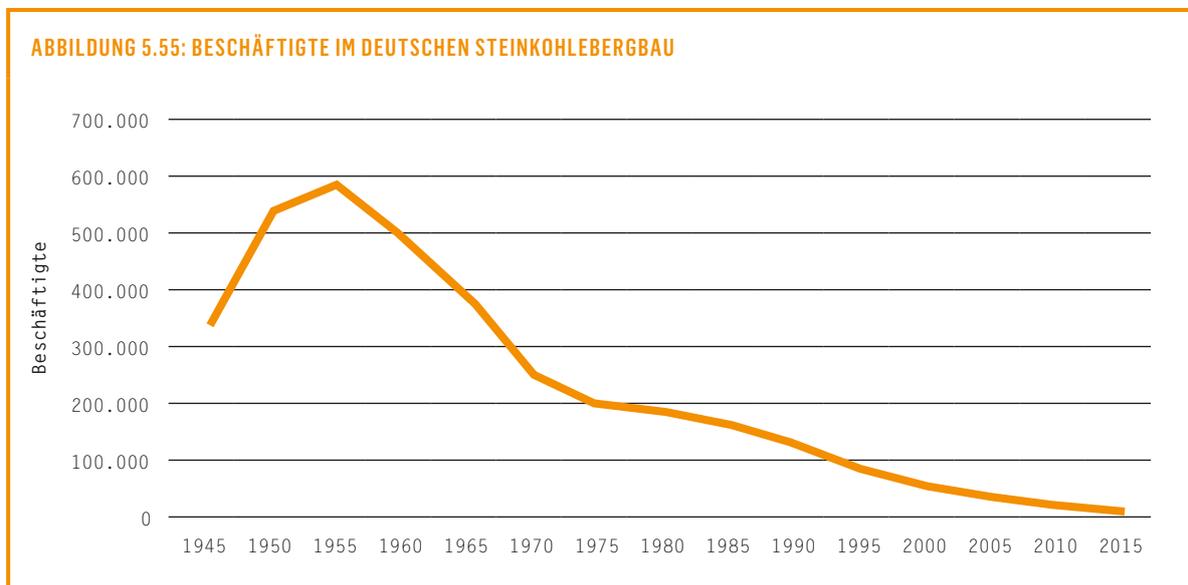
Negativbeispiele für wirtschaftliche Strukturwandelprozesse, in denen es nicht gelungen ist, die Wirtschaftsregionen rechtzeitig und strategisch auf die Veränderungen vorzubereiten, sind beispielsweise der Abbau der Beschäftigung im deutschen Kohlebergbau und der Beschäftigungsabbau in der US-amerikanischen Automobilindustrie in Detroit (Michigan).

Abbildung 5.55 zeigt die Entwicklung der Beschäftigtenanzahl im Steinkohlebergbau in Deutschland. In den 1950er-Jahren waren über 500.000 Menschen im Steinkohlebergbau beschäftigt, seit 2015 sind es weniger als 10.000 mit weiterhin sinkender Tendenz.

in Dortmund zwischen 1980 und 2005 fast vervierfacht. Im Jahr 2004 kamen auf eine offene Stelle in Dortmund ca. 20 Arbeitslose (Bruhn-Tripp 2013: 41f.)

Auch Michigan und speziell Detroit gelten als Negativbeispiele für einen misslungenen wirtschaftlichen Strukturwandel. Im Jahr 1985 gab es in der Automobilindustrie in Michigan noch ca. 385.000 Beschäftigte, bis zum Jahr 2005 fiel die Zahl der Beschäftigten auf 224.000, während der Finanzkrise sogar auf unter 170.000 (Platzer; Harrison 2009; US Department of Labor 2009, Senate Fiscal Agency 2007). Die Deindustrialisierung von Detroit reicht allerdings deutlich weiter zurück bis zu den 1950er-Jahren. Detroit hat seit 1950 knapp zwei Drittel seiner Bevölkerung verloren und gehört zu den amerikanischen Städten mit den höchsten Armuts- und Kriminalitätsraten. Seit 2010 sind die Beschäftigungszahlen in der Automobilindustrie Detroits jedoch wieder um über 30 % gestiegen.

In diesem Zusammenhang ist auch ein Blick in die Industrie- und Wirtschaftsgeschichte Baden-Württembergs lehrreich. Ökonomischer Strukturwandel ist



Quelle: in Anlehnung an Statistik der Kohlewirtschaft 2016: 38

Der Strukturwandel ist bis heute nicht vollständig bewältigt worden. Zwischenzeitlich kam es insbesondere im Ruhrgebiet zu Krisensituationen am Arbeitsmarkt. So hat sich die Arbeitslosigkeit beispielsweise

die Norm in kapitalistischen Wirtschaftssystemen. Baden-Württemberg bildete diesbezüglich in den vergangenen Jahrzehnten keine Ausnahme.

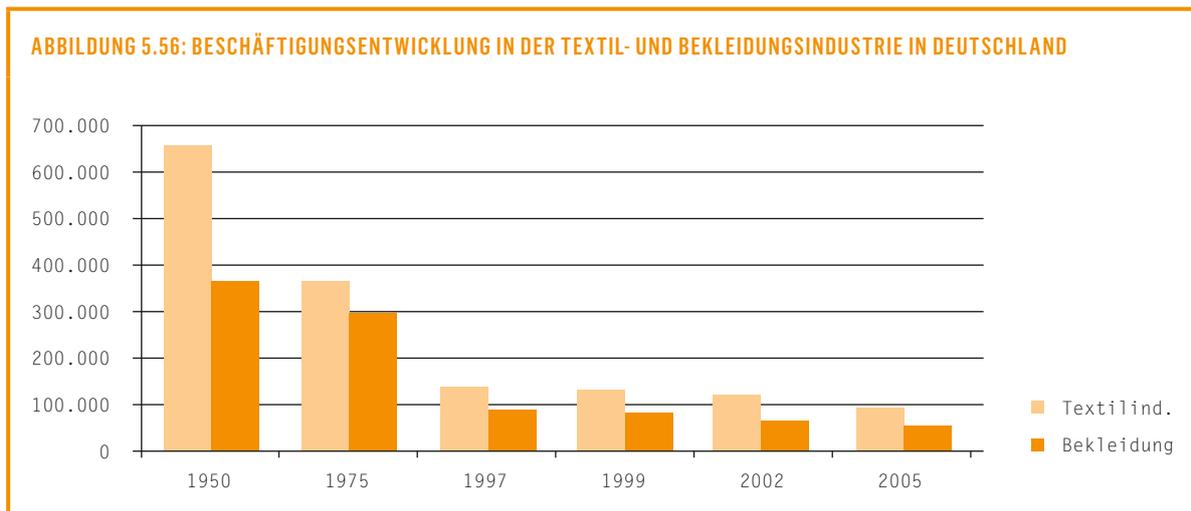
Im Jahr 2015 gibt es in Baden-Württemberg ca. 4.360.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (Statistisches Landesamt 2017a). Die Beschäftigung liegt damit auf dem höchsten Niveau seit der Erfassung. Im Jahr 2004 gab es beispielsweise ca. 3.730.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, im Jahr 1984 waren es ca. 3.280.000. Demgegenüber haben einige Wirtschaftszweige einen teilweise deutlichen Beschäftigungsabbau hinter sich. Beispiele hierfür sind (Statistisches Landesamt 2017a):

- ▶ Die Beschäftigung in der Landwirtschaft ist von ca. 26.000 im Jahr 2004 auf 18.500 Personen im Jahr 2015 gefallen. In den vergangenen fünf Jahren kam es allerdings bereits zu einer Stabilisierung bzw. sogar zu einer Trendumkehr auf niedrigerem Niveau.
- ▶ Auch im Kredit- und Versicherungsgewerbe sind zwischen 2004 und 2015 ca. 10.000 Arbeitsplätze abgebaut worden.
- ▶ Der radikalste Wegfall von Arbeitsplätzen vollzog sich in der Textilindustrie. Im Jahr 1959 gab es ca. 230.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der Textilindustrie. Im Jahr 2015 sind es nur noch gut 23.000, wobei seit 2004 über 12.000 Arbeitsplätze weggefallen sind.

Der Beschäftigungsabbau in der Textil- und Bekleidungsindustrie geht über Baden-Württemberg hinaus und zeigt sich auch bei einer deutschlandweiten Betrachtung in ähnlicher Form. Die langfristige Entwicklung der Beschäftigung in der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie ist in Abbildung 5.56 dargestellt.

Die Daten zeigen, dass trotz des Rückgangs in einigen Sektoren die Beschäftigung in Baden-Württemberg auf ein „Allzeithoch“ steigen konnte und daher eine rein sektorale Betrachtung zu kurz greift. Insofern wird es eine wichtige Aufgabe sein, Innovationsfelder auch jenseits der Mobilitätswirtschaft zu identifizieren. Hierbei steht Baden-Württemberg vor der „Sonderherausforderung“, dass es eine hohe Anzahl nicht akademisch gebildeter Beschäftigter in der Automobilindustrie gibt, für die Alternativen entstehen müssen.

Es braucht daher dringend vorsorgende und proaktive Maßnahmen, die den Strukturwandel der Mobilitäts- und Gesamtwirtschaft begleiten.



Quelle: in Anlehnung an Weidenhausen 2010: 11

### 5.8.6.2. MÖGLICHE BAUSTEINE EINES STRUKTURWANDELS

In einem schumpeterianischen Sinne entsteht durch den Abbau der Beschäftigung in den Szenarien ein Beschäftigungspotenzial für andere Teilsegmente der Mobilitätswirtschaft oder für andere Wirtschaftszweige. Im Folgenden soll daher geprüft werden, inwiefern die negativen Beschäftigungseffekte in den Szenarien durch Anpassungen der industriellen Struktur innerhalb der Mobilitätswirtschaft bzw. anderen Wirtschaftszweigen Baden-Württembergs kompensiert werden können.

#### AUFBAU VON BESCHÄFTIGUNG IM BEREICH DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT

Es bietet sich zunächst eine Kompensation innerhalb der Mobilitätswirtschaft, idealerweise mit „umweltverträglicheren“ Produkten, an. Daher wird untersucht, ob die wegfallende Beschäftigung durch die höheren Marktanteile im Bereich der Entwicklung und Herstellung von Fahrrädern, Bussen und Schienenfahrzeugen kompensiert werden kann.

In der Entwicklung und Herstellung von Fahrrädern, Bussen und Schienenfahrzeugen gibt es im Basisjahr 2014 ca. 7.700 Beschäftigte in Baden-Württemberg. Im Szenario NIM steigt die Beschäftigung in dem Bereich auf 12.566, im Szenario NMD auf 13.634, im Szenario NMK steigt die Beschäftigung in dem Bereich auf 14.444 an – unter der Annahme, dass die Markt- und Standortanteile Baden-Württembergs in diesem Segment gleich bleiben.

Um den Beschäftigungsrückgang in den Szenarien alleine durch einen Anstieg in der Entwicklung und Herstellung von Fahrrädern, Bussen und Schienenfahrzeugen zu erreichen, müsste dieses Segment jedoch deutlich stärker ansteigen. Untersucht man die einzelnen Subsegmente näher, so zeigt sich schnell, dass dies unrealistisch ist. Die Busproduktion in Baden-Württemberg beispielsweise weist ca. 3.500 Beschäftigte auf. Der EBIT pro Beschäftigtem liegt bei Daimler Buses bei ca. 1/14 dessen, was bei Daimler Financial Services erwirtschaftet wird (eigene Berechnung auf Basis der Geschäftsberichte der Daimler AG), sodass alleine betriebswirtschaftlich eine „Investitionswelle“ derzeit unwahrscheinlich erscheint. Ähnlich ist das Bild bei der Fahrradproduktion. Zwar hat sich Bosch E-Bike erfolgreich am Markt etabliert, die damit einhergehende Beschäftigung dürfte jedoch auch bei weiterem Marktwachstum und steigenden Standortanteilen

nicht über den niedrigen dreistelligen Bereich hinausgehen. Der mittlerweile insolvente größte deutsche Fahrradhersteller (MIFA) produzierte mit 500 Beschäftigten ca. 600.000 Fahrräder pro Jahr. Ein hoher Beitrag der Herstellung von Fahrrädern, Bussen oder Schienenverkehrsmitteln zur Kompensation des Beschäftigungsrückgangs ist daher unwahrscheinlich.

Dies gilt auch für neue Mobilitätsdienstleistungen im Pkw-Bereich. car2go hat ca. 600 Beschäftigte bei 14.500 Fahrzeugen weltweit, moovel hat derzeit 150 Beschäftigte global. Die Summe entspricht ca. 2,6 Promille der Beschäftigung bei Daimler. Selbst eine Verzehnfachung bis 2030 könnte daher die Beschäftigungsverluste nur marginal kompensieren.

Die Analyse zeigt, dass für die Gestaltung des Strukturwandels ein Blick über den Tellerrand der Mobilitätswirtschaft hinaus erforderlich ist.

Im Folgenden werden daher exemplarisch vier grundsätzliche strategische Handlungsfelder für einen Erhalt der heute hohen Beschäftigung unter Erfüllung der Nachhaltigkeitsanforderungen diskutiert:

- ▶ Aufbau von Beschäftigung im Bereich der Erzeugung erneuerbarer Energien
- ▶ Aufbau von Beschäftigung im Bereich des regionalen Tourismus
- ▶ Aufbau von Beschäftigung im Bereich von Informationstechnologien
- ▶ „Umverteilung“ von Beschäftigung durch eine Reduktion von Erwerbsarbeitszeit

#### AUFBAU VON BESCHÄFTIGUNG IM BEREICH DER ERZEUGUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Neben den Beschäftigungseffekten, die im direkten Zusammenhang mit der Mobilitätsbranche stehen, spielen hinsichtlich der strukturellen Entwicklung in Richtung Elektromobilität auch Beschäftigungseffekte durch die Zunahme der Stromnachfrage eine wesentliche Rolle. Diese sind in Anbetracht der ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu verorten. Beschäftigungseffekte im Bereich der erneuerbaren Energien werden ausführlich in der Studie von Lehr et al. (2015) sowohl für die Gegenwart als auch in Szenarioanalysen für die Zukunft behandelt. Auch regionale Aspekte in Deutschland werden in der Studie aufgegriffen. Insgesamt waren im Jahr 2013 nach Lehr et al.

(2015) 371.000 Menschen in Deutschland in der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, ihrem Betrieb und der Wartung, der Bereitstellung von Biomasse und nicht zuletzt der öffentlich geförderten Forschung und Entwicklung beschäftigt. Mit zunehmendem Anlagenbestand nimmt die Bedeutung des Betriebs von Anlagen und ihre Wartung, Ertüchtigung und Reparatur zu. Geprägt ist die Branche durch hochqualifizierte Beschäftigungsverhältnisse. Die Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien hat in der letzten Dekade deutlich zugenommen, mit einem leichten absoluten Rückgang bspw. zwischen 2012 und 2013, der auf das Segment des Anlagenneubaus zurückzuführen ist, in dem in 2013 weniger Menschen beschäftigt waren. Die meisten Beschäftigten sind im Bereich der Investitionen in Windenergie onshore tätig, gefolgt von Investitionen in Photovoltaikanlagen. Auch Tätigkeiten im Bereich der Wartung und des Betriebs stellen einen wesentlichen Beschäftigungsfaktor dar, der kontinuierlich zunimmt.

**Regionale Aspekte:** Dargestellt nach Bundesländern zeigt sich für Baden-Württemberg ein recht hohes Brutto-Beschäftigungsniveau in Bereich der erneuerbaren Energien in absoluten Werten (über 40.000 Bruttobeschäftigte in 2013). Damit liegt Baden-Württemberg im Vergleich der Bundesländer an vierter Stelle (nach Bayern, Niedersachsen und NRW). Im Verhältnis zum allgemeinen Beschäftigungsniveau ist der Wert für Baden-Württemberg allerdings mit 7,7 EE-Beschäftigten je 1.000 Beschäftigte insgesamt im Bundeslandvergleich eher im unteren Drittel. Im Durchschnitt liegt der Wert in Deutschland bei 10, d.h. etwa jeder 100. Arbeitsplatz steht in Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien. Die meisten Arbeitsplätze in Baden-Württemberg stehen im Zusammenhang mit Biomasseanlagen, Photovoltaik- und Windkraftanlagen (siehe Abbildung 2.26 aus Lehr et al. 2015). Lehr et al. (2015) heben hervor, dass der Ausbau der EE-Stromerzeugung den wichtigsten Einfluss auf die EE-Beschäftigung hat und dass damit auch langfristig Beschäftigungseffekte im Bereich Wartung und Betrieb gesichert sind, die in Zukunft an Bedeutung gewinnen und regional verankert sind.

**TABELLE 5.13: BESCHÄFTIGUNG IM BEREICH ERNEUERBARER ENERGIEN (2013)**

|   | Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Export) | Beschäftigung durch Wartung und Betrieb | Beschäftigung durch Brenn- und Kraftstoffbereitstellung | Beschäftigung gesamt 2013 |
|---|---|---|---|---------------------------|
| Wind onshore                                | 100.800   | 18.200                                  |   | 119.000                   |
| Wind offshore                               | 17.500  | 1.300                                   |   | 18.800                    |
| Photovoltaik                                | 45.100  | 10.900                                  |   | 56.000                    |
| Solarthermie                                | 10.100  | 1.300                                   |   | 11.400                    |
| Solarthermische Kraftwerke                  | 1.100   |   |   | 1.100                     |
| Wasserkraft                                 | 8.300   | 4.800                                   |   | 13.100                    |
| Tiefengeothermie                            | 1.300   | 200                                     |   | 1.500                     |
| Oberflächennahe Geothermie                  | 13.300  | 2.500                                   |   | 15.800                    |
| Biogas                                      | 17.200  | 11.800                                  | 20.200  | 49.200                    |
| Biomasse Kleinanlagen                       | 10.100  | 3.900                                   | 14.600  | 28.600                    |
| Biomasse Heiz-/Kraftwerke                   | 6.000   | 8.600                                   | 8.400   | 23.000                    |
| Biokraftstoffe                              |   |   | 25.600  | 25.600                    |
| <b>Summe</b>                                | <b>230.800</b>                                      | <b>63.500</b>                           | <b>68.800</b>   | <b>363.100</b>            |
| Öffentliche geförderte Forschung/Verwaltung |   |   |   | 8.300                     |
| <b>Summe</b>                                |   |   |   | <b>371.400</b>            |

Quelle: in Anlehnung an Lehr et al 2015

Weitere regional wichtige Faktoren sind indirekte Beschäftigungseffekte durch Vorleistungen. Bundesländer mit hohem Marktanteil für Maschinenbau- und Elektrotechnikprodukte erfahren positive Effekte für den Arbeitsmarkt, selbst wenn der Ausbau der erneuerbaren Energien im Bundesland unterdurchschnittlich sein mag.

**Zukunft/Exporte:** Für die Zukunft untersuchen Lehr et al. (2015) mehrere EE-Entwicklungspfade, die vor allem auch durch den starken Ausbau der letzten Jahre und die Entwicklungen auf den internationalen Märkten, insbesondere in Asien, getrieben sind. Exporte aus Deutschland und die daraus resultierenden Effekte auf inländische Wertschöpfung und Beschäftigung hängen deutlich von diesen Entwicklungen ab. Die Sicherung der Marktposition durch eine Stärkung des europäischen Marktes für erneuerbare Energien ist von hoher Bedeutung. Aber auch eine zunehmende inländische Nachfrage zur Erreichung der Klimaziele sichert den Standort. Deutschland ist ein bedeutender Exporteur von Anlagen und Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Den größten Anteil machten 2013 Onshore-Windkraftanlagen aus (56 % der Exporte von EE-Anlagen und -Komponenten insgesamt). Der größte Anteil der Anlagen wurde ins europäische Ausland exportiert, gefolgt von Osteuropa/Eurasien.

**Stromerzeugung aus EE:** Die Gesamtstromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich in der letzten Dekade verdreifacht und betrug im Jahr 2015 187 Mrd. kWh (oder 187.000 GWh). Damit nimmt sie einen Anteil von 31 % am Bruttostromverbrauch ein (vgl. Abbildung 7, BMWi 2016). Den größten individuellen Anteil hat Windenergieerzeugung onshore mit 70.000 GWh bzw. 11 % des Bruttostromverbrauchs.

Auf Basis der oben aufgeführten Informationen wird nun eine grobe Abschätzung möglicher Beschäftigungseffekte im Bereich erneuerbarer Energien für das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ durchgeführt. Dafür werden folgende Annahmen getroffen:

- Es wird ein grober Indikator aus den Beschäftigtenzahlen in 2013 und der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für das gleiche Jahr berechnet. Dieser beträgt 2,45 Personen pro erzeugte GWh aus erneuerbaren Energien. Dieser Indikator mittelt über alle erneuerbaren Energieträger und über die Art der Beschäftigung (Investition, Betrieb, Wartung, Brenn-

stoff-/Kraftstoffbereitung). Auch werden nur heimisch erzeugte Strommengen betrachtet und keine Beschäftigungseffekte durch Exporte von Anlagen differenziert.

- Der Indikator wird auf die im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ benötigte Strommenge für das Basisjahr sowie die Jahre 2030 und 2050 angewendet. Es wird angenommen, dass der gesamte für das Szenario benötigte zusätzliche Strom aus erneuerbaren Energien in Deutschland bezogen wird, d. h. es werden entsprechende Investitionen zur erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland durchgeführt. Darüber hinaus werden keine Veränderungen der Arbeitsproduktivität angenommen, ebenso wie keine Verschiebungen von investitionsbezogenen und betrieb-/wartungsbezogenen Tätigkeiten und keine Veränderungen in Export- bzw. Importstrukturen berücksichtigt. Es handelt sich um eine grobe Abschätzung.

Mit dieser einfachen Grobabschätzung können für das Jahr 2030 für die zusätzliche direkte Stromnutzung im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ (2.100 GWh) rund 5.100 Beschäftigte im Bereich erneuerbare Energien festgehalten werden und weitere gut 15.000 Beschäftigte für erneuerbaren Strom (knapp 6.300 GWh), der für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe verwendet wird. Bei gleichbleibenden Strukturen steigen die Beschäftigungswerte im Jahr 2050 auf rund 18.000 Personen für direkte Stromnutzung (knapp 7.400 GWh) und 98.000 Personen für Strom für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe (knapp 40.000 GWh).

#### AUFBAU VON BESCHÄFTIGUNG IM BEREICH DES REGIONALEN TOURISMUS

Attraktive und vielfältige Landschafts- und Naturräume, ob Bodensee, Schwarzwald, Schwäbische Alb oder das Donautal, prägen das Land Baden-Württemberg und bieten Natur-, Erholungs- und Aktivurlaubern unterschiedlichste Ausflugsziele. Darüber hinaus bietet der Städte- und Kulturtourismus einen weiteren Anziehungspunkt für die Menschen im Land. Bereits heute ist Baden-Württemberg das dritt wichtigste deutsche Reiseland (Statista 2017). Eine besondere Bedeutung haben die Arbeitsplätze in der Tourismusindustrie für ländlich geprägte Räume. Eine verstärkte Nahraumorientierung, der Schutz von Naturräumen unter anderem durch die Reduktion der verkehrlichen Flächeninanspruchnahme sowie die Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Raums haben positive Be-

schäftigungseffekte für die Tourismusbranche in Baden-Württemberg. Daher ist zu erwarten, dass die Tourismusbranche in Baden-Württemberg von den Entwicklungen im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ profitieren wird. Bereits in den letzten Jahren verzeichnete der Wirtschaftszweig einen Beschäftigungszuwachs in Höhe von 17% von 280.000 Arbeitsplatzäquivalenten<sup>84</sup> im Jahr 2007 auf 326.500 im Jahr 2015 (MLR 2016).

#### **AUFBAU VON BESCHÄFTIGUNG IM BEREICH VON INFORMATIONSTECHNOLOGIEN**

Das Beschäftigungswachstum der IKT-Branche ist ein Langzeittrend. Alleine in Deutschland hat sich die Zahl der Beschäftigten zwischen 2011 und 2015 um 465.000 erhöht, europaweit um knapp 1,5 Mio. (Eurostat 2016). Die in diesem Zweig Beschäftigten sind zu mehr als 60% hochqualifiziert und verfügen über einen tertiären Bildungsabschluss (Eurostat 2016).

Ein denkbare konkretes Zukunftsfeld an der Schnittstelle von Informationstechnologie und Automobilindustrie ist der Bereich der künstlichen Intelligenz. Hierbei könnten ausgehend von Anwendungen in der heutigen Automobilindustrie Potenziale in weiteren Feldern erschlossen werden. Die „Cyber-Valley“-Initiative in Baden-Württemberg, an der sich zahlreiche Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen beteiligen (u. a. MPI, Uni Tübingen, Uni Stuttgart, BMW, Facebook, Daimler, Porsche, Bosch, ZF) fokussiert auf die Bereiche maschinelles Lernen, Robotik und Computer Vision und könnte den Grundstein für weitere industriepolitische Maßnahmen zum Kompetenzaufbau im Bereich der künstlichen Intelligenz darstellen.

#### **„UMVERTEILUNG“ VON BESCHÄFTIGUNG DURCH EINE REDUKTION VON ERWERBSARBEITSZEIT**

Eine weitere Alternative zum Erhalt der Beschäftigten besteht darin, die Erwerbsarbeitszeit zu reduzieren anstatt Beschäftigung abzubauen. Dies kann mit oder ohne bzw. mit teilweisem Lohnausgleich ausgestaltet sein und kann en bloc, tageweise oder stundenweise pro Tag umgesetzt werden. Je nach konkreter Ausgestaltung ergeben sich unterschiedliche Verteilungseffekte. Eine Ausgestaltung und deren Auswirkungen sollte daher Gegenstand detaillierterer Untersuchungen sein.

Erwerbsarbeitszeitreduktionen wurden in der Vergangenheit bereits in verschiedenen Unternehmen bzw. Branchen aus unterschiedlichen Beweggründen umgesetzt, bspw. wurde bei VW zeitweilig eine 4-Tage-Woche eingeführt. Auch in französischen Behörden wurde eine Zeitlang die Wochenarbeitszeit um 20% reduziert. Neben den sozialen Aspekten, die mit einer Flexibilisierung der Arbeitszeit, aber auch mit einer evtl. Lohnminderung einhergehen, stehen im Zusammenhang mit derartigen Ansätzen zur Erwerbsarbeitszeitreduktion auch die möglichen Effekte auf Ressourcen- und Energieverbrauch und damit die Umwelteffekte in der Diskussion. Dafür ist ein Verständnis der Verwendung der zusätzlich zur Verfügung stehenden Zeit essentiell.

In der Literatur um über die Reduktion der Arbeitszeit und die Umverteilung der Zeit wird unterschieden, ob die freiwerdende Zeit für unbezahlte sogenannte Subsistenz-Arbeiten rund um die Versorgung mit dem Lebensnotwendigen verwendet wird (im Sinne der Suffizienz ggf. für Eigenproduktion, Bioernährung, Repair and Share etc.), für unbezahlte Care-Arbeit (für Andere, für Familie, Kranke, Freunde etc.) oder für Freizeit (Weller 2013: 256). Während bei Subsistenz- und Care-Arbeiten der Suffizienzgedanke bereits in einigen Studien untersucht wird, steht die Frage, wie sich eine Umverteilung der Zeit auf die Freizeit auswirkt und ob mehr Freizeit in Anspruch genommen wird und in welcher Art und Weise diese gestaltet wird, bisher nicht im Fokus und empirische Untersuchungen sind rar (Weller 2015: 256).

84 Diese Normierung ist notwendig, da es in der Tourismusindustrie sehr viel Teilzeitbeschäftigung gibt.

Die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages postuliert in einer Untersuchung mit dem Titel „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“, dass durch eine Verkürzung der Arbeitszeit eine Steigerung des Zeitwohlstands und gleichzeitig eine ökologische Entlastung erfolgt (Enquête-Kommission 2013)<sup>85</sup>. Statistische Analysen des Öko-Instituts stützen diese Erkenntnisse unter gewissen Annahmen über das entstehende Zeitverwendungsprofil. Eine Umsetzung solcher Ansätze kann auf Bundesebene, auf Landesebene oder aber durch Unternehmen an sich initiiert werden.

### 5.8.7. ZWISCHENFAZIT ZUR ÖKONOMISCHEN ANALYSE

Die Mobilitätswirtschaft (Baden-Württembergs) ist auf verkehrliches Wachstum ausgelegt. Die drei Szenarien NIM, NDL, NMK führen gegenüber der Referenzentwicklung zu deutlichen Rückgängen bzw. niedri-

geren Wachstumsraten der Verkehrsleistung. Da dies jedoch per saldo zu einer Reduktion bzw. einem reduzierten Wachstum des Mobilitätsmarktes führt, treten in allen drei Szenarien negative Effekte für die Beschäftigung auf. Aber auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien ist von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen. Eine Kompensation der Beschäftigungsrückgänge ist auf verschiedenen Ebenen denkbar, setzt jedoch eine Veränderung der mobilitätswirtschaftlichen Struktur und eine wirtschaftspolitische und -strukturelle Umorientierung voraus. Daher sollte frühestmöglich eine strukturelle wirtschaftliche und politische Strategie für Baden-Württemberg entwickelt werden.

## 5.9. ZUSAMMENFASSUNG: MODELLIERUNG UND ERGEBNISSE

Im Rahmen dieses Kapitels wurden für die detailliert quantifizierbaren Indikatoren zum einen die Methoden und Modelle sowie die relevanten Annahmen für die Entwicklungen in den Szenarien beschrieben. Zum anderen wurden die Ergebnisse sowie mögliche Schlussfolgerungen für einzelne Parameter dargestellt. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse in den Kontext des gesamten Indikatorensystems eingeordnet, das zur Nachhaltigkeitsbewertung der drei Szenarien entwickelt wurde.

<sup>85</sup> Dieses Postulat wird empirisch sehr divers diskutiert: während Reisch & Bietz (2015: 20) auf gegenteilige Effekte, die durch die Einführung der 4-Tage-Woche bei VW entstanden sind, verweisen, zeigen Nässen & Larsson (2014) eine positive Umweltbilanz für schwedische Modelle auf. Reisch & Bietz (2015: 24) argumentieren darüber hinaus, dass man genau schauen müsse, welche Umwelteffekte einbezogen werden und unter welchen Randbedingungen von welchen Bevölkerungsgruppen eine Erwerbsarbeitsreduktion erwartet wird, um bspw. einen Rebound-Effekt einschätzen zu können. Hierzu können einerseits Daten des Statistischen Bundesamtes herangezogen werden, das seit 1992 das Zeitbudget der Bundesbürger erfasst, als auch Daten des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP), das regelmäßig wiederkehrend Fragen zur Zeitverwendung stellt.

# 6. BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT DER SZENARIEN



In diesem Kapitel wird nun entsprechend der Aufstellung in Kapitel 3.2.2 die Entwicklung aller Nachhaltigkeitsindikatoren für die drei Szenarien dargestellt und eingeordnet sowie einer Bewertung unterzogen.

Die Ergebnisse für einzelne Indikatoren, wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-Emissionen, Endenergiebedarf und Beschäftigung, sind in dem Kapitel 5 bereits ausführlich dargestellt worden. Sie werden in diesem Kapitel aber noch einmal mit aufgeführt, um einen umfassenden Überblick über die Nachhaltigkeit der drei Szenarien zu geben. Nicht bei allen Indikatoren ist eine quantitative Bewertung möglich bzw. ein direkter Abgleich mit den Nachhaltigkeitszielen. Für diese werden Entwicklungstendenzen für die drei Szenarien aufgezeigt und

sie werden qualitativ eingeordnet. In Bezug auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitszielen werden nicht nur die langfristigen Entwicklungen (bis 2050), sondern auch kurz- und mittelfristige Entwicklungen berücksichtigt.

Die differenzierten Einschätzungen je Indikator werden – der Übersichtlichkeit halber – mittels eines Ampelsystems dargestellt. Dabei stehen grüne Ampeln für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen, rote Ampeln für die Verfehlung von Nachhaltigkeitszielen und orange Ampeln für die nur teilweise Erreichung von Nachhaltigkeitszielen in Bezug auf den jeweiligen Indikator. Das Ampelsystem trifft dabei jedoch noch keine Aussage zur Relevanz des einzelnen Indikators.

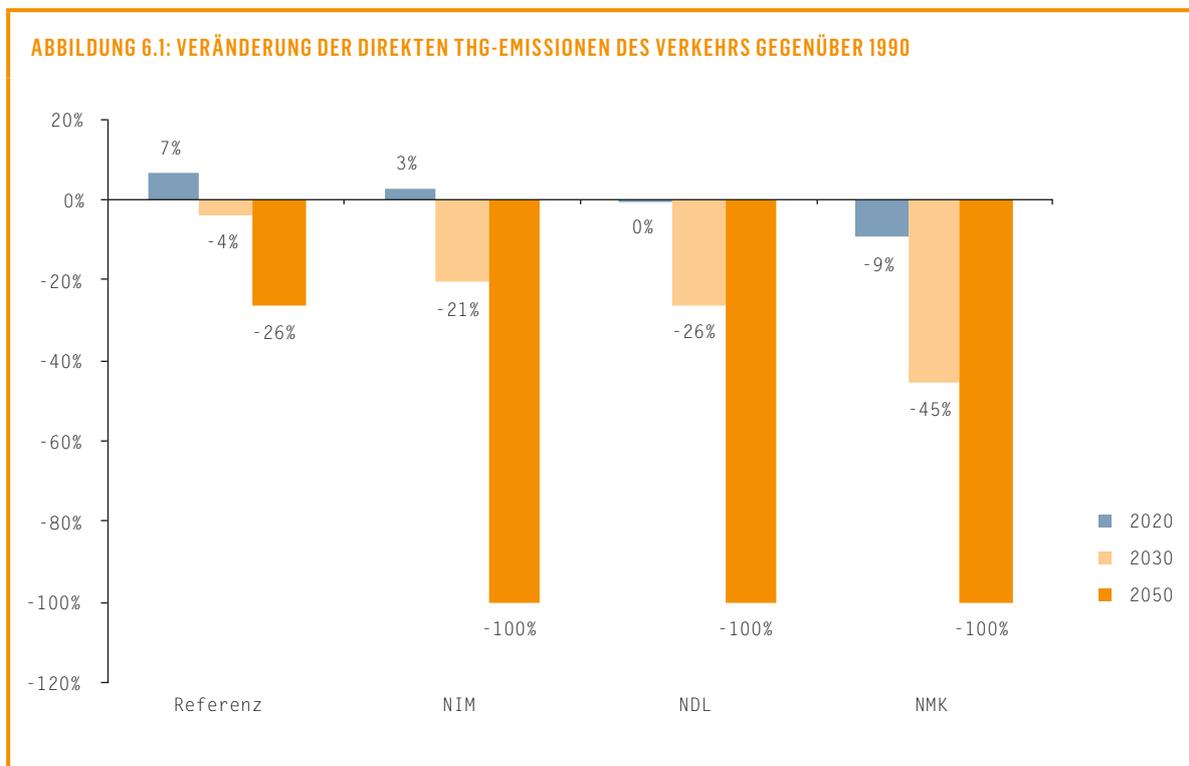
## 6.1. ÖKOLOGISCHE NACHHALTIGKEIT

### 6.1.1. TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Zwischen 1990 und 2014 sind die Treibhausgasemissionen des Verkehrs in Baden-Württemberg um rund 6 % angestiegen, und auch in den letzten Jahren war z. B. bei der Pkw-Fahrleistung ein zunehmender Trend zu verzeichnen. Daher gelingt es in keinem der Szenarien, bereits bis zum Jahr 2020 die THG-Emissionen deutlich zu reduzieren (Abbildung 6.1)<sup>86</sup>. Im Referenzszenario sowie im Szenario NIM ist sogar ein Anstieg zu verzeichnen.

Bis zum Jahr 2030 zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Szenarien. Das Ziel einer Minderung um 40 % kann nur im Szenario NIK eingehalten werden, wo bereits bis 2030 ein starker Wandel im Mobilitätsverhalten erreicht wird. Bis zum Jahr 2050 werden in allen Szenarien die direkten Emissionen vollständig reduziert, da dann nur noch Energieträger auf Basis von erneuerbaren Energien zum Einsatz kommen.

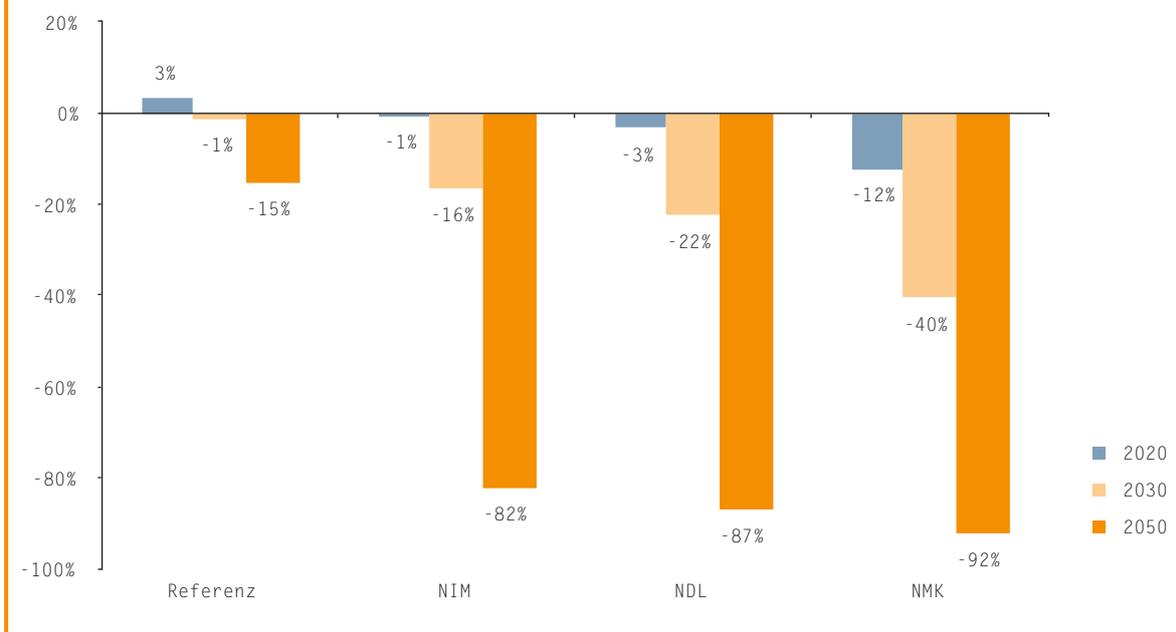
Betrachtet man die THG-Emissionen inklusive der Vorketten aus Kraftstoffen, Fahrzeugherstellung sowie der Klimawirksamkeit des Luftverkehrs, so liegen die Minderungsraten niedriger (Abbildung 6.2). Es verbleibt die Klimawirksamkeit des Luftverkehrs auch beim Einsatz von strombasierten Kraftstoffen.



Quelle: eigene Berechnungen

<sup>86</sup> Zur Methodik der Bewertung der Treibhausgasemissionen siehe Kapitel 5.6.4.

**ABBILDUNG 6.2: VERÄNDERUNG DER THG-EMISSIONEN DES VERKEHRS GEGENÜBER 2014 (INKL. VORKETTEN AUS KRAFTSTOFFEN, FAHRZEUGEN, KLIMAWIRKSAMKEIT LUFT)**



Quelle: eigene Berechnungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bis zum Jahr 2050 die direkten Treibhausgasemissionen in allen Szenarien vollständig reduziert werden. Das Ziel einer Minderung um 40% bis 2030 wird jedoch nur im Szenario NMK erreicht. Aufgrund der langen Verweildauer von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Atmosphäre sind bereits mittelfristig deutliche Reduktionen der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig, weshalb die Entwicklungen in den Szenarien NIM und NDL nur mit „gelber Ampel“ bewertet werden.

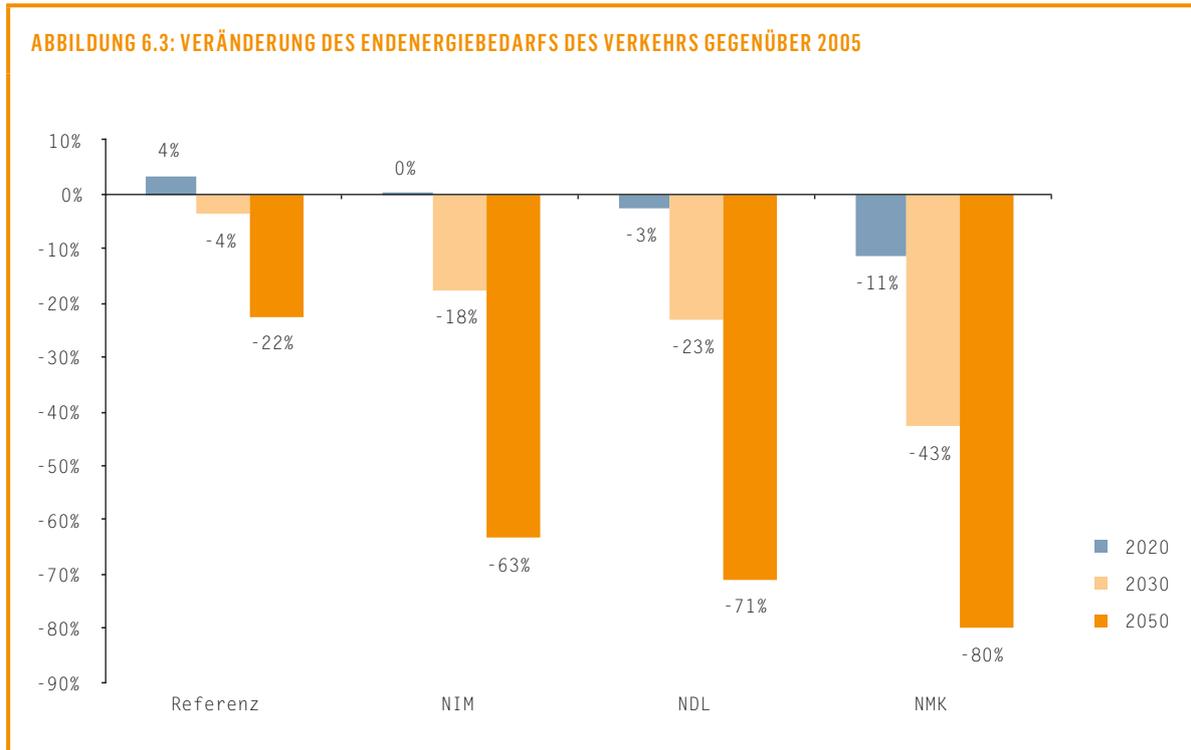
### 6.1.2. ENDENERGIEBEDARF UND STROMBEDARF

Die Entwicklung des Endenergiebedarfs ist Resultat der Modellierung, ebenso wie der Strombedarf des Verkehrssektors (Kapitel 5.6). Abbildung 6.3 zeigt die prozentuale Veränderung des Endenergiebedarfs des Verkehrs gegenüber 2005 in den Szenarien. Bis zum Jahr 2020 gelingt nur im Szenario NMK eine relevante Reduktion des Endenergiebedarfs (was nicht zuletzt daran liegt, dass dieser im Zeitraum 2005–2015 um 3% angestiegen anstatt zurückgegangen ist). Auch im Jahr 2030 zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Szenarien: Hier wird im Szenario NMK bereits eine Minderung von über 40% erreicht.

**TABELLE 6.1: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „TREIBHAUSGASEMISSIONEN“**

| Szenario       | NIM | NDL | NMK |
|----------------|-----|-----|-----|
| THG-Emissionen | ●   | ●   | ●   |

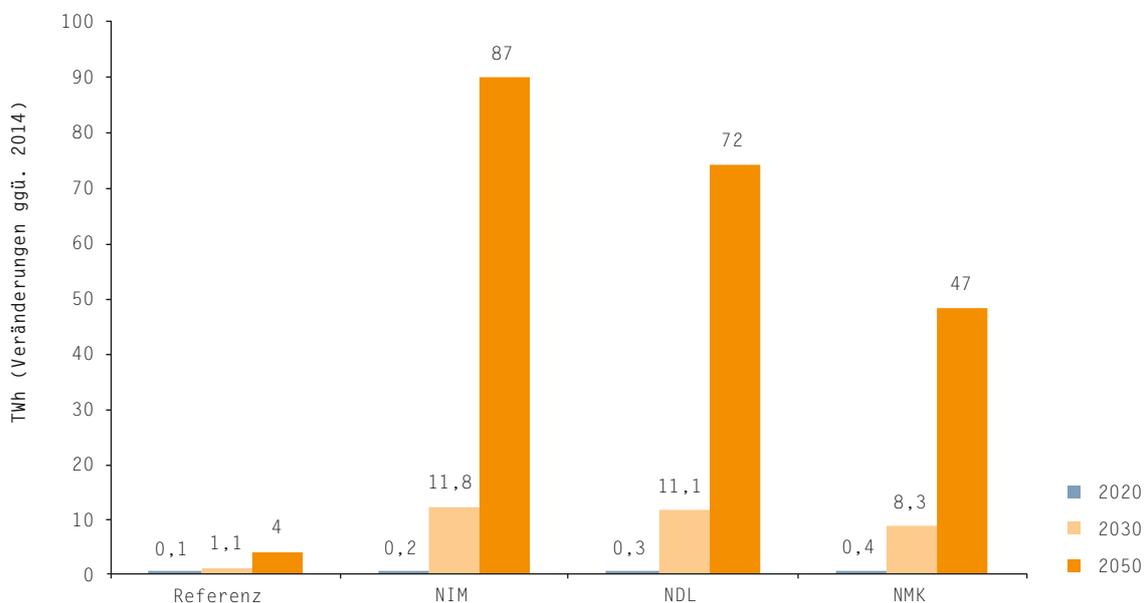
Quelle: eigene Darstellung



Quelle: eigene Berechnungen

Wie relevant eine Reduktion des Einsatzes von flüssigen und gasförmigen Energieträgern im Verkehr ist, zeigt Abbildung 6.4. Da die Prämisse einer vollständigen Reduktion der direkten THG-Emissionen eine Substitution fossiler Energieträger erfordert, führt der Einsatz von strombasierten Kraftstoffen zu einer relevanten Zunahme des Strombedarfs des Verkehrssektors von bis zu 323 PJ (knapp 90 TWh). Das bedeutet bei drei MW-Windkraftanlagen und 1.500 Vollbenutzungsstunden fast 20.000 Anlagen alleine für den Strombedarf des Verkehrssektors.

**ABBILDUNG 6.4: ZUSÄTZLICHER STROMBEDARF DES VERKEHRS (INKL. HERSTELLUNG DER KRAFTSTOFFE, INKL. INT. LUFTVERKEHR) IN DEN VERSCHIEDENEN SZENARIEN**



Quelle: eigene Berechnungen

Langfristig kann also der Endenergiebedarf in allen Szenarien durch den Umstieg auf Elektromobilität deutlich reduziert werden und bestehende Ziele für 2050 (-40%) werden deutlich übererfüllt. Im Szenario NMK gelingt sogar bereits kurz- bis mittelfristig durch die Verlagerung und Vermeidung eine spürbare Reduktion des Endenergiebedarfs, sodass auch das Ziel von -10% für 2020 erreicht werden kann. Entsprechend werden der Indikator „Endenergiebedarf“ für NIM und NDL auf Gelb gesetzt, für NMK auf Grün.

Demgegenüber steht jedoch in allen Szenarien ein starker Anstieg des Strombedarfs bis zum Jahr 2050, welcher vor allem auf den Bedarf an strombasierten Kraftstoffen zurückzuführen ist und im Szenario NMK trotz eines starken Anstiegs auf rund 48 TWh vergleichsweise moderat ausfällt.

**TABELLE 6.2: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „ENDENERGIEBEDARF“**

| Szenario         | NIM | NDL | NMK |
|------------------|-----|-----|-----|
| Endenergiebedarf | ●   | ●   | ●   |
| Strombedarf      | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

### 6.1.3. NUTZUNG NICHT-ENERGETISCHER ROHSTOFFE

Als Indikator wird der kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) benutzt. Dieser ist ebenso wie der Direct Material Input (DMI), auf den sich die bestehenden Ziele beziehen, ein Massenindikator. Im Gegensatz zum DMI unterscheidet er jedoch nicht zwischen inländischer Entnahme und Exporten und bewertet somit auch die indirekten Importe mit. Die Materialien werden über Wirkungsfaktoren vom ifeu (Lauwigi 2015) auf Basis von Ecoinvent v2.2 bewertet. Die Unterschiede zwischen DMI und KRA werden für die Massenmaterialien der Infrastruktur nur gering ins Gewicht fallen, denn die Rohstoffe werden hier meist lokal/regional entnommen. Bei den Materialien der Fahrzeuge wird der Unterschied umso größer ausfallen. Gerade bei Metallen und anderen Technologiematerialien ist der indirekte Import hoch im Vergleich zu den direkten Importen.

Knappe et al. (2017) haben ein Stoffstrommodell für die Straßeninfrastruktur Deutschlands entwickelt, in der die Materialflüsse bis auf Kreisebene orientierend dargestellt werden können. Hier wurden auch Entwicklungen bis 2030 und 2050 in verschiedenen Szenarien bewertet. Über dieses Modell wurden für das Projekt „Mobiles Baden-Württemberg“ die Materialflüsse für die Straßeninfrastruktur für Baden-Württemberg bestimmt. Material- und Energiebedarf für die Fahrzeugherstellung werden aus TEMPS bezogen. Für Pkw und Lkw werden die Neuzulassungen der Jahre bewertet. Die Aufwendungen der anderen Verkehrsarten werden systemisch pro Fahr- bzw. Verkehrsleistung errechnet. Daten zum Ressourcenbedarf für Parkraum, Netze und Anlagen für erneuerbare Energien<sup>87</sup> sowie Ladeinfrastruktur stammen aus dem Projekt RELIS (Trapp et al. 2017).

Für die Szenarien werden zusätzlich folgende Annahmen getroffen:

- ▶ Bis zum Jahr 2030 gibt es in allen Szenarien bis auf das Szenario NMK einen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur gemäß den bereits laufenden

Planungen nach der Verkehrsprognose 2030. Hierbei handelt es sich um Ausbauprojekte, für die bereits Planungen laufen bzw. Gelder eingestellt sind. Ein geringerer Ausbau der Verkehrsinfrastruktur erfordert demnach ein deutliches Umsteuern. Diese Annahme wird nur im Szenario NMK getroffen: Hier wird hinterlegt, dass nur die Hälfte des für den Zeitraum 2010–2030 angesetzten zusätzlichen Infrastrukturausbaus umgesetzt wird (entspricht also etwa einem „Ausbaustopp ab 2020“). Während im Szenario NDl ab 2030 (netto) kein Verkehrsinfrastrukturausbau mehr geschieht, wird im Szenario NIM sowie im Referenzfall auch nach 2030 noch Straßeninfrastruktur gebaut, und zwar entsprechend des Ausbaupfades des Referenzszenarios in RELIS.

- ▶ Im Szenario NMK wird zusätzlich ein Rückbau von Straßenverkehrsinfrastruktur hinterlegt gemäß der Fallstudie 4 „Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz“ aus RELIS (2017). Angenommen wird hier, dass in Deutschland ein Rückbaupotenzial von knapp 11.500 km besteht ohne negative Erschließungsauswirkungen oder ohne dass neue Engpässe entstehen. Das gesamte nationale Rückbaupotenzial wurde im Rahmen der Studie auf Baden-Württemberg anhand der Straßenlängen zurückgerechnet.
- ▶ Parkplätze werden in allen Szenarien korrespondierend zum Pkw-Bestand zugebaut bzw. rückgebaut. Pro Parkplatz wird eine Fläche von rund 10 m<sup>2</sup> hinterlegt.
- ▶ Bei den Energieversorgungsinfrastrukturen wird sowohl der Zubau von Ladesäulen als auch der Rückbau von fossilen Energieversorgungsinfrastrukturen berücksichtigt.

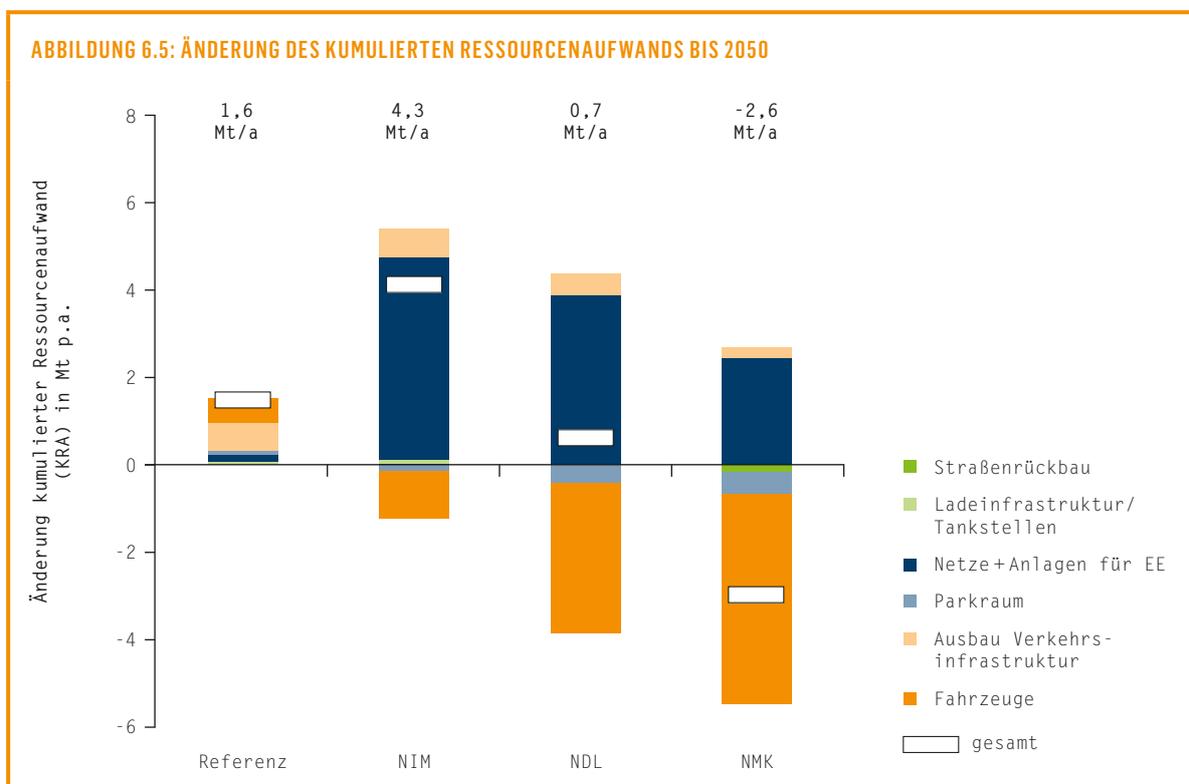
Abbildung 6.5 zeigt die Veränderung des kumulierten Ressourcenaufwands in den Szenarien gegenüber 2012<sup>88</sup>. Der kumulierte Ressourcenaufwand steigt im Szenario NIM deutlich an, und zwar auf 4,3 Mt/a. Im Szenario NDl liegt er mit 0,7 Mt/a leicht unter der Referenz (1,6 Mt/a). Nur im Szenario NMK kann der Ressourcenaufwand deutlich reduziert werden, und zwar um 2,6 Mt/a.

<sup>87</sup> Für erneuerbare Energien wurde in RELIS ein Szenario berechnet, in welchem die Anzahl von EE-Anlagen um 33% und die Übertragungsnetze um 18% gegenüber einem Referenzszenario erhöht wurde, und dadurch zusätzlicher EE-Strom erzeugt werden konnte. Für die hier durchgeführte Berechnung wurde angenommen, dass sich die in diesem Szenario ermittelte Wirkung auf den Ressourcenverbrauch bei weiter zunehmendem EE-Bedarf linear extrapolieren lässt.

<sup>88</sup> 2012 ist das in RELIS verwendete Basisjahr, weshalb hier von dem in der übrigen Studie verwendeten Basisjahr 2014 abgewichen wird.

Zur Einordnung der Größenordnung dieser Veränderungen: Insgesamt betragen die Infrastrukturaufwendungen von Verkehr und Energie im Referenzszenario in Baden-Württemberg 21 Mt/a, die Änderungen in den Szenarien bewegen sich also in einer Größenordnung von -13% (NMK) bis +21% (NIM). Ursache hierfür ist, dass ein wesentlicher Anteil des Ressourcenbedarfs der Verkehrsinfrastruktur (ca. 90%) auf den Erhalt der Verkehrsinfrastruktur zurückzuführen ist. Hierfür wurden in den Szenarien keine Veränderungen hinterlegt.

In allen Szenarien ist durch den Wechsel zu batterieelektrischen und Plug-in-Fahrzeugen ein wesentlicher Ausbau der Ladeinfrastrukturen notwendig. Bezogen auf die gesamten Umweltwirkungen sind die dadurch zusätzlich entstehenden Belastungen aber marginal.



Quelle: eigene Berechnungen

Größte Treiber für die Veränderung des Ressourcenaufwands sind einerseits die Anzahl der Fahrzeuge und andererseits die Netze und Anlagen, welche für die Bereitstellung des zusätzlichen EE-Stroms benötigt werden – sowohl für die direkte Nutzung im Fahrzeug als auch für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe. Berücksichtigt sind bei den EE-Anlagen sämtliche zusätzlichen Strombedarfe (d.h. auch inklusive der PtL-Kraftstoffe für den Luftverkehr). Es ist ein sehr starker Zubau an erneuerbaren Erzeugungskapazitäten notwendig, um den stark gestiegenen Strombedarf zu decken. Ein Großteil der strombasierten Kraftstoffe wird dann vermutlich aus dem Ausland importiert.

In der obigen Darstellung sind nicht alle möglichen Wirkungen der Szenarien auf den Ressourcenaufwand dargestellt.

- ▶ Nicht abgebildet sind die zusätzlichen Infrastrukturen, um die starke Digitalisierung zu ermöglichen. Gemessen an den hier bewerteten Umweltwirkungen der gesamten Infrastrukturen spielen diese aber nur eine marginale Rolle (RELIS 2017). Bei der Betrachtung anderer Indikatoren (z.B. Kritikalität, soziale Kriterien wie Kinderarbeit u. ä.) kann deren Relevanz deutlich anders ausfallen.

- ▶ Durch den starken Rückgang der Fahrleistung im Szenario NMK (und teilweise auch im Szenario NDL) steigt die Lebensdauer, was den durchschnittlichen Materialeinsatz für Instandhaltung und Ersatzneubau reduziert.
- ▶ Um die Verlagerung auf die Schiene zu ermöglichen, wird ein Ausbau des Gleisnetzes vorgenommen. Die infrastrukturellen Aufwendungen erhöhen sich durch eine intensivere Nutzung und Verkürzung der Lebensdauer sowie durch die Ausweitung des Netzes. Die zusätzlichen Aufwendungen im Bereich der Schiene werden jedoch durch die Einsparungen bei der Straßeninfrastruktur deutlich überkompensiert, sodass eine Nettoreduktion der negativen Umweltwirkungen erreicht wird.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass nur im Szenario NMK eine Reduktion des Rohstoffbedarfs erreicht wird. In den anderen Szenarien werden Reduktionen durch den hohen Bedarf an zusätzlichen EE-Anlagen überkompensiert. Entsprechend fällt die Ampelbewertung aus.

**TABELLE 6.3: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „NUTZUNG NICHT-ENERGETISCHER ROHSTOFFE“**

| Szenario                              | NIM | NDL | NMK |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|
| Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

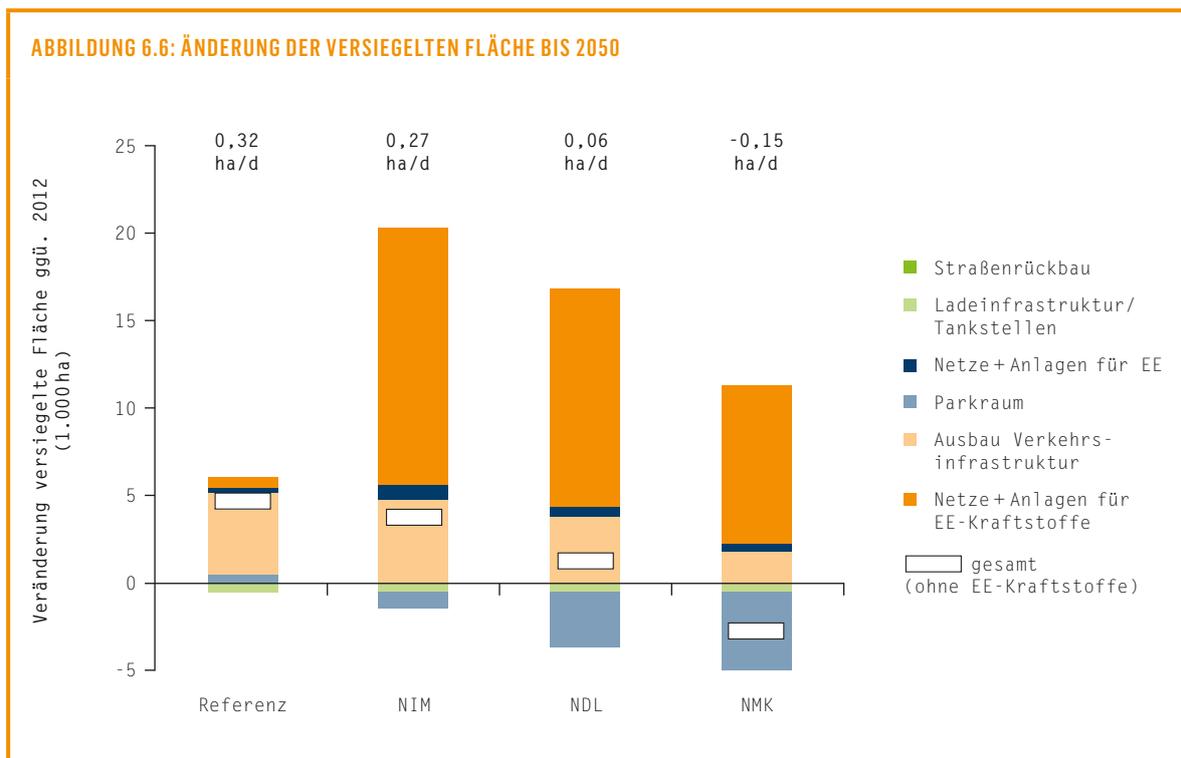
#### 6.1.4. FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Die Bestände der Infrastrukturen, welche für die Bewertung der Rohstoffnutzung gebraucht werden, lassen auch auf die Flächenbelegung schließen. Es wurden nur die versiegelten Flächen der Infrastrukturen erfasst. Zerschneidungswirkung oder verschiedene Grade an Nutzungseinschränkungen konnten nicht berücksichtigt werden. Die in den Szenarien getroffenen Annahmen entsprechen denjenigen bei der Ermittlung des Ressourcenbedarfs (s. oben). Separate Parkflächen wurden nicht unabhängig von der Straßeninfrastruktur erfasst, jedoch wird ein Rückgang des Pkw-Bestandes mit 10 m<sup>2</sup> weniger Parkstreifenfläche bewertet. Für den Flächenbedarf von EE-Anlagen wurden 112,5 m<sup>2</sup>/MW versiegelte Fläche für Onshore-Windkraftanlagen berücksichtigt (EcoInvent 3.1). Dies entspricht der Grundfläche der Anlagen.

Prinzipiell ist nicht nur die Flächen(neu-)inanspruchnahme durch Verkehrsflächen zu beachten, sondern es kann in den Szenarien auch zu unterschiedlicher Inanspruchnahme von neuen Siedlungsflächen kommen (z. B. durch unterschiedliche Grade der Zersiedlung). Diese Effekte werden nur qualitativ betrachtet.

Wesentliche Effekte in den Szenarien ergeben sich durch Änderungen bei Parkraum, Verkehrsinfrastruktur sowie Netzen und Anlagen für die Herstellung erneuerbaren Stroms. Bei Netzen und Anlagen für erneuerbare Energien wurde differenziert zwischen der direkten Stromnutzung (z. B. in E-Pkw) einerseits und der Herstellung strombasierter Kraftstoffe andererseits. Es ist davon auszugehen, dass die Herstellung strombasierter Kraftstoffe vermutlich überwiegend im Ausland erfolgen würde und somit die zusätzliche Flächeninanspruchnahme ebenfalls dem Ausland zuzuordnen wäre.

ABBILDUNG 6.6: ÄNDERUNG DER VERSIEGELTEN FLÄCHE BIS 2050



Quelle: eigene Berechnungen

Die tägliche zusätzliche Flächeninanspruchnahme (welche in der Grafik oberhalb der Balken angegeben ist) wurde als einfacher Durchschnitt über die Differenz der Zustände des Basisjahrs und des Jahres 2050 ermittelt. Im Referenzszenario und im Szenario NIM liegt sie bei jeweils rund 0,3 ha/d zusätzlich versiegelter Fläche, wenn man nur die inländische Veränderung betrachtet (d. h. ohne Berücksichtigung der EE-Anlagen im Ausland). Bezogen auf den Indikator Flächenverbrauch entspricht dies – unter der Annahme, dass der Anteil der versiegelten Flächen am statistisch erfassten Flächenverbrauch auch in Zukunft 50% beträgt – einem Flächenverbrauch von 0,6 ha/d in diesen beiden Szenarien. Gegenüber heute (ca. 1 ha/d in 2013/2014) würde also der Flächenverbrauch für Verkehrsflächen im Referenzszenario und im Szenario NIM nur leicht zurückgehen. In den Szenarien NDL und NMK dagegen ist der inländische Flächenverbrauch mit den Zielen einer langfristigen Reduktion auf Netto-Null<sup>89</sup> kompatibel.

Im Szenario NIM wird die (inländische) versiegelte Fläche bis 2050 sogar um 2.100 ha reduziert.

Zu beachten ist, dass angenommen wird, dass die strombasierten Kraftstoffe im Ausland hergestellt werden. Der Flächenverbrauch im Ausland für die EE-Anlagen zur Herstellung strombasierter Kraftstoffe liegt zwischen 8.000 ha im Szenario NMK und 15.000 ha versiegelter Fläche im Szenario NIM.

Dies bezieht sich allerdings allein auf die versiegelte Fläche, nicht aber auf die Gesamtfläche der Windparks, welche aufgrund von z. B. Abstandsregelungen größer ist. Würde der zusätzlich nötige Strom mit Windkraftanlagen bereitgestellt und unterstellt man eine Leistung von rund 16 MW/km<sup>2</sup> für Neuanlagen mit 1.800 Volllaststunden im Jahr, so ergibt sich eine zusätzliche Windparkfläche von 161.000 ha im Szenario NMK bis 307.000 ha im Szenario NIM, d. h. eine etwa um den Faktor 20 höhere Fläche. Zur Einordnung – auch wenn die Produktion der EE-Kraftstoffe möglicherweise eher im Ausland erfolgen würde: Dies entspricht rund 4–8% der Fläche von Baden-Württemberg.

89 Das heißt in Summe kein weiterer Flächenverbrauch.

Wie oben bereits erwähnt, kann es zusätzlich zur Veränderung der Verkehrsflächen und den Flächen für EE-Anlagen in den Szenarien auch zu einer unterschiedlichen Entwicklung bezüglich der Siedlungsfläche kommen.

In Bezug auf die inländische Flächeninanspruchnahme und vor dem Hintergrund der bestehenden Ziele zur langfristigen Reduktion auf Netto-Null sind nur die Szenarien NDL und NMK als nachhaltig und damit als Grün einzuordnen.

Eine Herausforderung in allen Szenarien, wenngleich auch in unterschiedlichem Ausmaß, stellt der hohe Flächenbedarf für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe dar.

**TABELLE 6.4: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „FLÄCHENINANSPRUCHNAHME“**

| Szenario               | NIM   | NDL   | NMK   |
|------------------------|---|---|---|
| Flächeninanspruchnahme |  |  |  |

Quelle: eigene Darstellung

### 6.1.5. LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN

In den Szenarien kann die Menge der Luftschadstoffemissionen durch den Verkehr für die aktuelle Situation und für die Szenarien quantifiziert werden. Die Bedeutung für die lokale Immissionsbelastung kann auf dieser Basis jedoch angesichts zahlreicher Einflussgrößen nur qualitativ eingeordnet werden.

Berechnet werden die externen Kosten der Schadstoffemissionen durch Kraftstoffverbrennung und Reifenabrieb. Zugrunde gelegt werden Kostensätze aus der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes (Schwermer 2012) gemäß der folgenden Tabelle:

**TABELLE 6.5: EXTERNE KOSTEN DER LUFTVERSCHMUTZUNG IN CENT/FZ.-KM**

| Modus      | Kraftstoff | Ext. Kosten Auspuff | Ext. Kosten Abrieb |
|------------|------------|---------------------|--------------------|
| Pkw        | Diesel     | 1,5                 | 0,1                |
| Pkw        | Benzin     | 0,5                 | 0,1                |
| LNF        | Diesel     | 4,0                 | 0,2                |
| LNF        | Benzin     | 1,1                 | 0,2                |
| SNF        | Diesel     | 7,5                 | 0,9                |
| Bus        | Diesel     | 17,6                | 1,3                |
| Krafträder | Benzin     | 1,0                 | 0,0                |
| PV Schiene | Diesel     | 172,6               | 0,0                |
| PV Schiene | elektrisch | 12,1                | 0,0                |
| GV Schiene | Diesel     | 549,4               | 0,0                |
| GV Schiene | elektrisch | 24,0                | 0,0                |

Quelle: in Anlehnung an UBA-Methodenkonvention

Für den Luftverkehr werden Daten aus (Gibson 2014) verwendet. Weiterhin wird hinterlegt, dass sich die Schadstoffemissionen und damit die externen Kosten für verbrennungsmotorische Fahrzeuge in Zukunft durch technologische Fortschritte verbessern werden. Angenommen wird auf Basis von TREMOD-Szenarien bei Pkw eine Reduktion um 70% bis 2030 und bei Lkw eine Reduktion um 90% bis 2030.

In allen Szenarien gehen die externen Kosten durch Luftverschmutzung des Verkehrs bis zum Jahr 2030 um über 50% gegenüber 2014 zurück. Im Szenario NMK liegt die Reduktion sogar bei über 60%, was auf den Rückgang des Verkehrs zurückzuführen ist. Voraussetzung ist die zügige Einführung von entsprechenden Fahrzeugen mit geringen Schadstoffemissionen bzw. die Nachrüstung von Fahrzeugen, welche im Realbetrieb die Grenzwerte nicht einhalten. Kurzfristig sind weitere Maßnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung durch den Verkehr erforderlich.

Bis zum Jahr 2050 können die Schadstoffemissionen noch weiter reduziert werden. Die genaue Höhe wird aber auch davon abhängen, wie viele Schadstoffe bei der Verbrennung strombasierter Kraftstoffe entstehen. Prinzipiell ist es denkbar, beim „Design“ dieser Kraftstoffe auf möglichst niedrige Schadstoffemissionen zu achten.

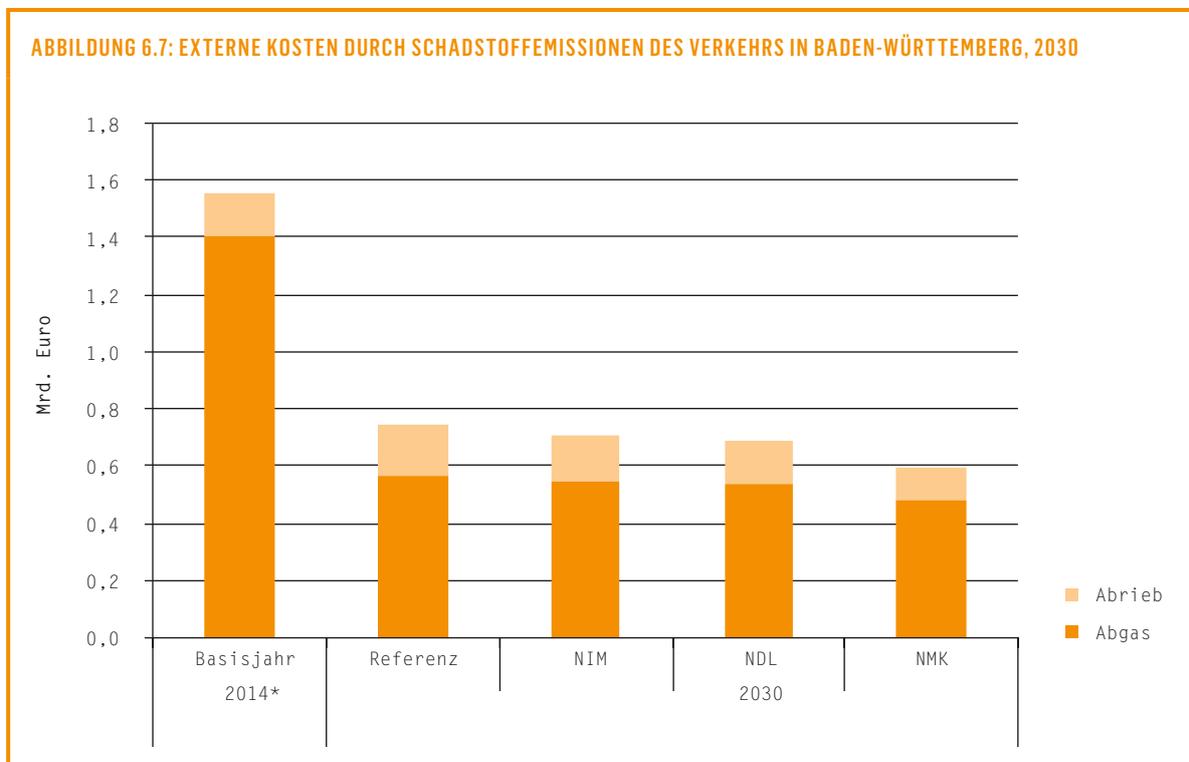
Die auf den Reifenabrieb zurückzuführenden Emissionen werden im Szenario NMK bis zum Jahr 2050 am stärksten reduziert (rund -50%), während sie im Szenario NIM auf ähnlichem Niveau liegen wie heute und im Szenario NDL etwas zurückgehen (rund -15%).

**TABELLE 6.5: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „LUFTSCHADSTOFFEMISSIONEN“**

| Szenario                 | NIM | NDL | NMK |
|--------------------------|-----|-----|-----|
| Luftschadstoffemissionen | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

**ABBILDUNG 6.7: EXTERNE KOSTEN DURCH SCHADSTOFFEMISSIONEN DES VERKEHRS IN BADEN-WÜRTTEMBERG, 2030**



Quelle: eigene Berechnungen

### 6.1.6. LÄRMEMISSIONEN

Weder die verkehrsbedingten Lärmemissionen noch die tatsächliche Lärmbelastung von Personen kann in den Szenarien modellgestützt quantifiziert werden. Im Rahmen der Szenariobetrachtungen sind lediglich eine qualitative Einordnung bzw. einzelne quantitative Einschätzungen möglich.

Eine durchgehende Reduktion der Lärmbelastung und damit einhergehend eine konkrete Senkung des Lärmpegels um 5 dB würde eine Reduktion der lärmbelasteten Personen an Hauptverkehrsstraßen in Baden-Württemberg um 2/3 herbeiführen (siehe Tabelle 3.3).

Eine Reduktion der Verkehrsleistung um 50 % bedeutet nicht unmittelbar eine Halbierung der empfundenen Lärmmissionen. Laut Fürst und Kühne (2010) wäre beispielsweise eine Verkehrsreduktion um 70 % nötig, um den Lärmpegel um 5 dB zu senken. Eine Halbierung der Verkehrsbelastung würde eine Lärminderung um 3 dB zur Folge haben. Wird gleichzeitig der Lkw-Anteil verringert, so kann die Lärmreduzierung höher ausfallen.

Wenn, wie in Szenario NMK angenommen, Tempo 30 statt Tempo 50 (innerorts) als Regelgeschwindigkeit gilt, wäre eine Reduktion des Lärmpegels um 2 bis 3 dB möglich, was einer um 15 bis 20% vom Menschen wahrgenommenen Lärminderung entspricht. Von diesem Minderungswert des Lärms geht das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg aus. Darüber hinaus wurde im von der EU geförderten Projekt „HEAVEN“ im Berliner Testgebiet der Beusselstraße durch die Einführung einer Tempo-30-Zone eine Lärmreduktion von 2 dBA ermittelt (Tullius 2002).

Von einer stärkeren Elektrifizierung des Verkehrssektors wird in allen drei Szenarien ausgegangen. Die Entwicklung der Elektromobilität bewirkt somit in jedem Fall eine Reduktion der Lärmbelastung v. a. durch Minderung der unmittelbaren Anfahrgeräusche bei Pkw und Bussen – wenngleich auch bei Elektrofahrzeugen in Geschwindigkeitsbereichen über 30 km/h das Rollgeräusch dominiert. Überdies trägt auch die Hybridisierung von Lkw zu einer Lärminderung in allen drei Szenarien bei.

Die Verlagerung von Verkehr auf die Schiene könnte zu einer Zunahme des Schienenlärms führen, wenn nicht durch entsprechende Maßnahmen gegengesteuert wird.

Die Anzahl der Flugbewegungen nimmt im Szenario NIM und auch im Szenario NDL zu, wogegen sich im Szenario NMK durch den Rückgang des Luftverkehrs eine Entlastung vom Luftverkehrslärm ergibt.

Insgesamt ist im Szenario NMK (auch ohne zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen) von einer spürbaren Reduktion der Lärmbelastung auszugehen. Auch im Szenario NDL dürfte der Rückgang des Verkehrsaufkommens tendenziell zu einer (leichten) Reduktion führen. Im Szenario NIM dagegen wären für eine Reduktion der Lärmbelastung entsprechend mehr zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen notwendig.

**TABELLE 6.6: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „LÄRMBELASTUNG“**

| Szenario      | NIM | NDL | NMK |
|---------------|-----|-----|-----|
| Lärmbelastung | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

## 6.1.7. VERKEHRSLEISTUNG UND MODAL SPLIT

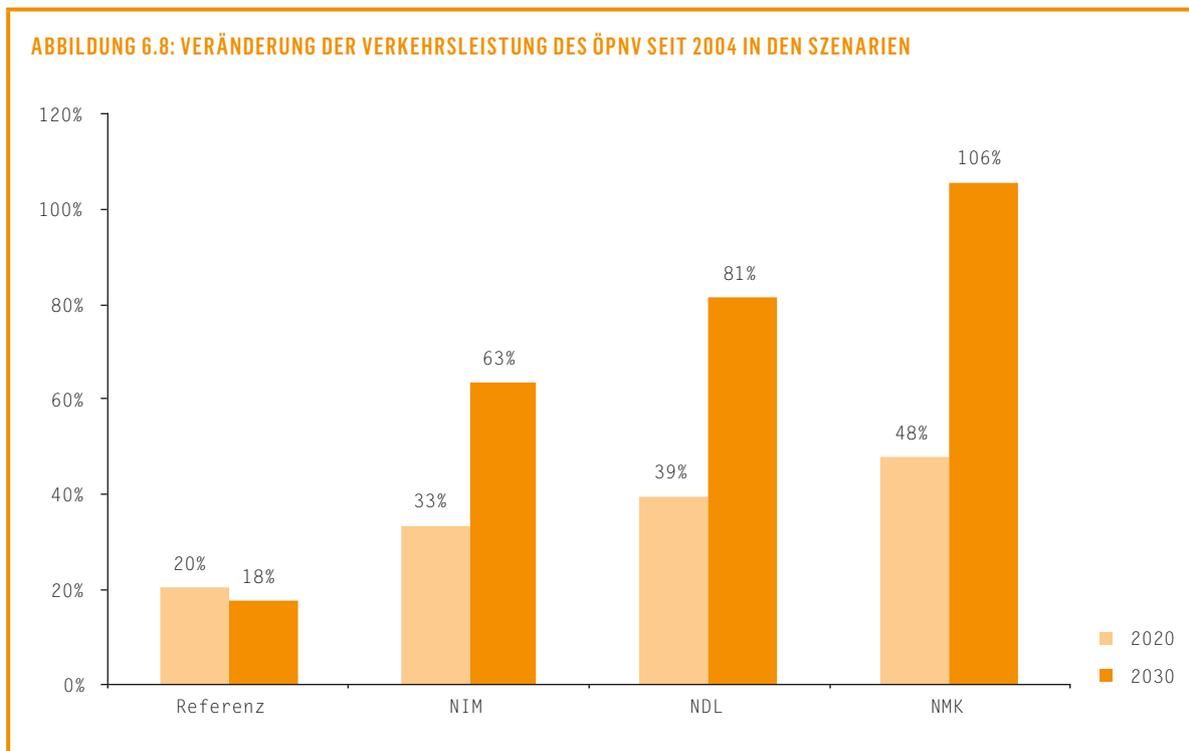
### ÖFFENTLICHER VERKEHR

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes hat der ÖPNV in Baden-Württemberg zwischen 2004 und 2014 um 19 % zugenommen (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2015; Statistisches Bundesamt 2004). Unter Berücksichtigung dieser Wachstumsrate ergeben sich für die gesamte Veränderung in den Szenarien die in Abbildung 6.8 dargestellten Werte. Im Szenario NMK sind die Ziele (+100 % bis 2030, +50 % bis 2020) nahezu erreicht. Dagegen werden die Ziele in den anderen Szenarien verfehlt, wenngleich auch hier – abgesehen vom Referenzszenario – deutliche Steigerungen zu verzeichnen sind.

Bis zum Jahr 2020 sind die Unterschiede zwischen den Szenarien weniger groß, da in allen Szenarien die bereits erfolgte Zunahme des ÖPNV zwischen 2004 und 2014 zu Buche schlägt.

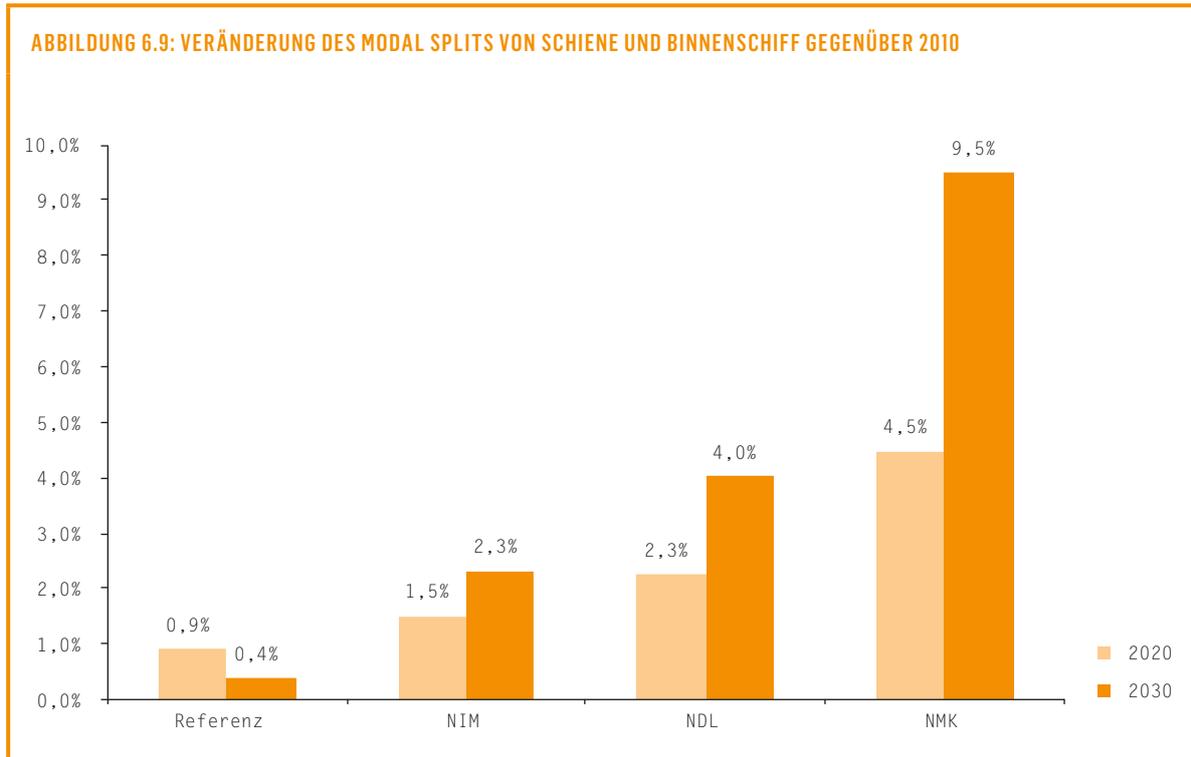
### GÜTERVERKEHR

Abbildung 6.9 zeigt die Veränderung des Modal Splits von Schiene und Binnenschiff an der Verkehrsleistung des Güterverkehrs, bezogen auf das Jahr 2010<sup>90</sup>. Im Szenario NMK wird das Ziel einer Steigerung um 10 Prozentpunkte bis 2030 (nahezu) erreicht; in den übrigen Szenarien wird dieses Ziel verfehlt.



Quelle: eigene Berechnungen

<sup>90</sup> Für das Güterverkehrsziel wird nicht explizit ein Basisjahr genannt.



Quelle: eigene Berechnungen

Im Szenario NMK werden die Verlagerungsziele erreicht. Im Szenario NDL werden sie teilweise erfüllt. Auch im Szenario NIM findet verglichen mit dem Basisjahr sowie mit dem Referenzszenario eine Verlagerung statt; die gesetzten Ziele werden jedoch in diesem Szenario durchweg verfehlt. Entsprechend fällt die Ampelbewertung aus.

**TABELLE 6.7: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „VERKEHRSLEISTUNG/MODAL SPLIT“**

| Szenario                       | NIM | NDL | NMK |
|--------------------------------|-----|-----|-----|
| Steigerung Verkehrsleistung ÖV | ●   | ●   | ●   |
| Modal Split Güterverkehr       | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

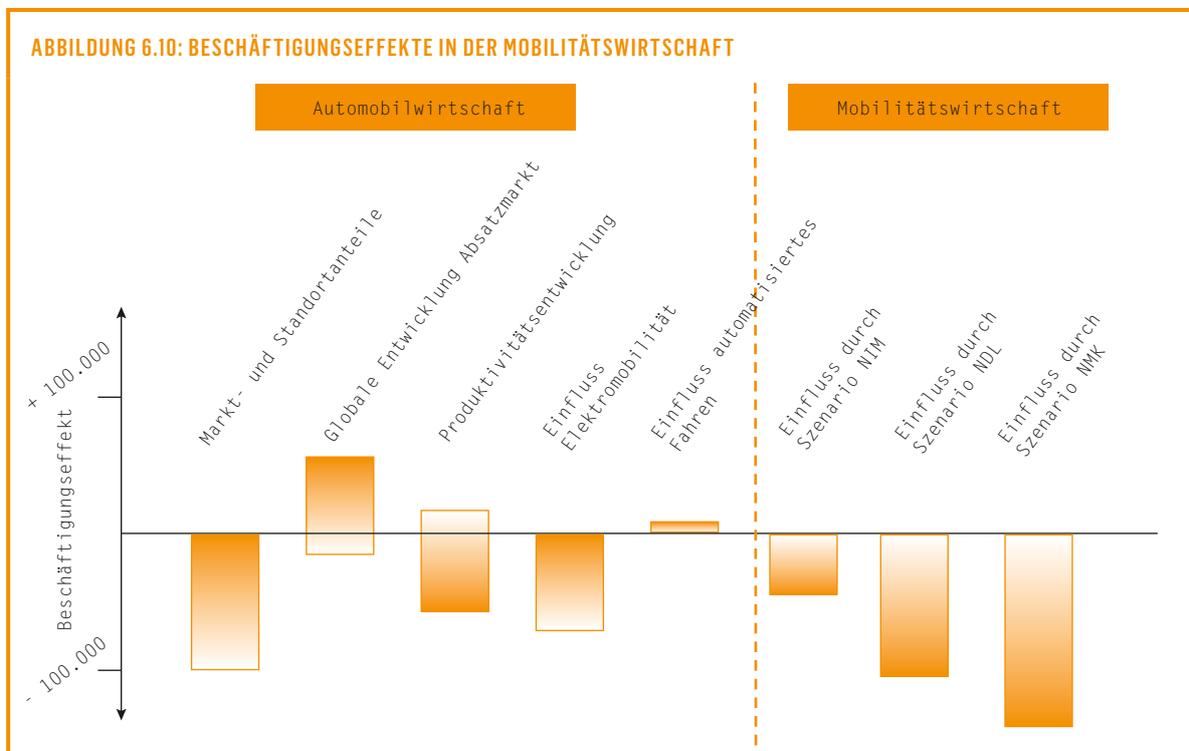
## 6.2. ÖKONOMISCHE NACHHALTIGKEIT

### 6.2.1. BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

Die Entwicklung der Beschäftigung ist Resultat der Modellierung in Kapitel 5.8. Bis zum Jahr 2030 ergeben sich in allen Szenarien deutliche Rückgänge für die Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft in Baden-Württemberg. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft, besonders im Fahrzeugbau, Beschäftigung in anderen Wirtschaftszweigen induziert (beispielsweise in der Chemie- oder Gummiindustrie oder im Maschinen- und Anlagenbau). Insofern multiplizieren sich die dargestellten Werte in der volkswirtschaftlichen Gesamtbetrachtung. Aber auch unabhängig von den betrachteten Szenarien gibt es derzeit insbesondere in der Automobilindustrie eine Reihe von Unsicherheiten bei beschäftigungsrelevanten Einflussgrößen. Deren mögliche Auswirkungen sind zur Einordnung der Szenarien bedeutsam und in Abbildung 6.10 ebenfalls mit dargestellt.

In allen drei Szenarien sinkt die Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft gegenüber dem Basisjahr. Dies ist vorrangig auf die Reduktion des Pkw-Verkehrs zurückzuführen. Da die mobilitätswirtschaftliche Struktur Baden-Württembergs derzeit stark auf die Entwicklung und Herstellung von Pkw ausgerichtet ist, ist im Rahmen eines Nachhaltigkeitsszenarios nicht nur eine verkehrliche, sondern auch eine industriepolitische Neuausrichtung notwendig.

Die Mobilitätswirtschaft (Baden-Württembergs) ist auf verkehrliches Wachstum ausgelegt. Die drei Szenarien NIM, NDL, NMK führen gegenüber der Referenzentwicklung zu deutlichen Rückgängen bzw. niedrigeren Wachstumsraten der Verkehrsleistung. Da dies jedoch per saldo zu einer Reduktion bzw. einem reduzierten Wachstum des Mobilitätsmarktes führt, treten in allen drei Szenarien negative Effekte für die Beschäftigung auf. Aber auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien ist von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen.



Quelle: eigene Berechnungen

In den Szenarien könnten aber positive Beschäftigungswirkungen in anderen Sektoren induziert werden, beispielsweise durch den zunehmenden Umstieg auf erneuerbare Energien (siehe Kapitel 5.8.6).

Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien, wenn man sich auf die Betrachtung der Mobilitätswirtschaft beschränkt:

**TABELLE 6.8: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „BESCHÄFTIGUNG IN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT“**

| Szenario              | NIM | NDL | NMK |
|-----------------------|-----|-----|-----|
| Beschäftigungseffekte | ●   | ●   | ●   |

Quelle: Eigene Darstellung

### 6.2.2. UMSATZEFFEKTE

Die Umsatzeffekte sind ebenfalls Resultat der in Kapitel 5.8 beschriebenen Modellierung. Die Umsatzentwicklung bleibt in allen drei Szenarien bis 2030 deutlich unter einem Niveau, das für einen Erhalt der Beschäftigung (etwa 300 Mrd. Euro, je nach Zusammensetzung) nötig wäre.

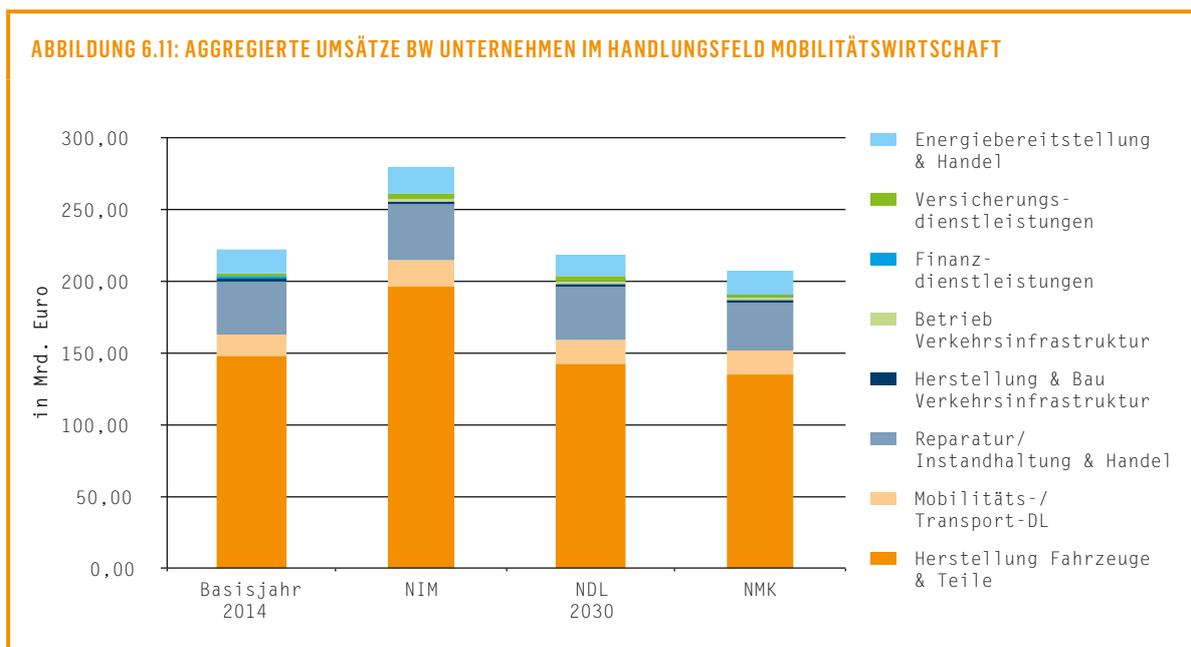
Bei der Einordnung der Beschäftigungs- und Umsatzentwicklung ist zu berücksichtigen, dass die Beschäftigung im Fahrzeugbau durch eine sehr hohe Arbeitsproduktivität gekennzeichnet ist. Da diese Beschäftigung in den Szenarien teilweise durch Beschäftigung in Dienstleistungsbereichen mit deutlich niedrigerer Arbeitsproduktivität (beispielsweise im öffentlichen Verkehr) substituiert wird, sind die Szenarien in ihrer Wertschöpfungsauswirkung noch negativer zu bewerten, als durch die Indikatoren „Beschäftigungseffekte“ und „Umsatzeffekte“ ausgewiesen.

Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien:

**TABELLE 6.9: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „UMSATZ IN DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT“**

| Szenario      | NIM | NDL | NMK |
|---------------|-----|-----|-----|
| Umsatzeffekte | ●   | ●   | ●   |

Quelle: Eigene Darstellung



Quelle: eigene Darstellung

### 6.2.3. MOBILITÄTSKOSTEN

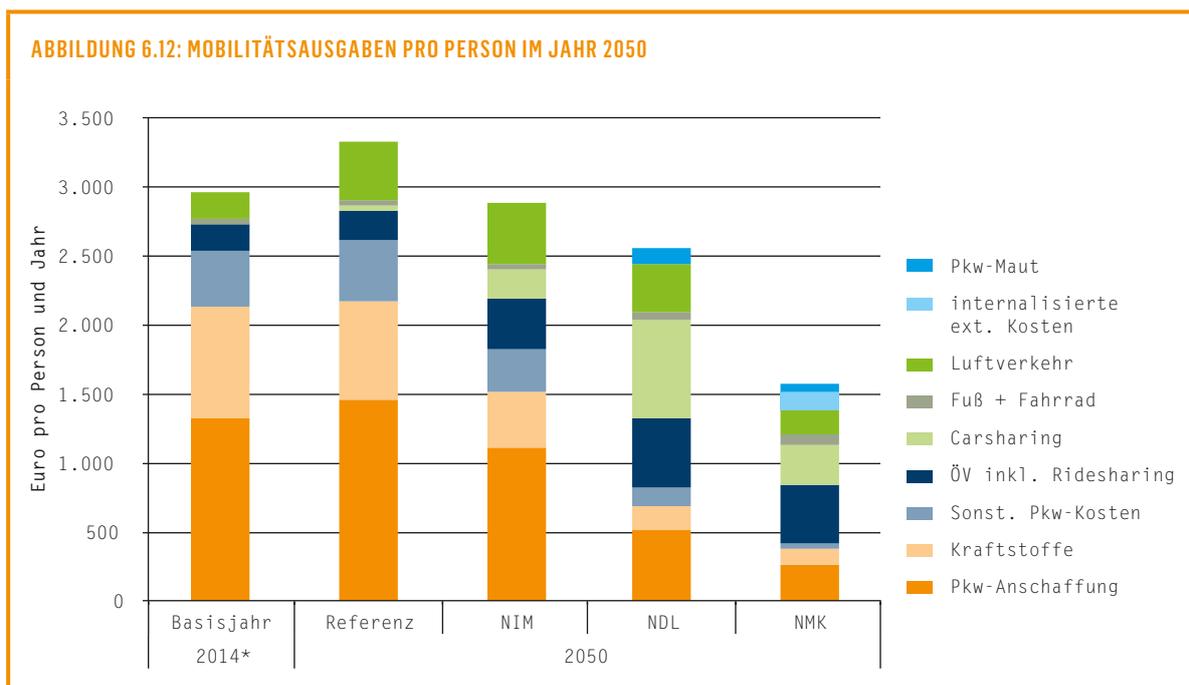
Die (gesamten) Mobilitätskosten werden im Modell berechnet. So sind die Anschaffungspreise von Fahrzeugen (abhängig von Effizienzentwicklung und Antrieb) sowie die Kraftstoffkosten Modelloutput. Für die Nutzerkosten von öffentlichem Verkehr, Carsharing und Ridesharing wurden darüber hinaus die folgenden Annahmen getroffen:

- ▶ Die Anschaffungskosten von Pkw werden mit den im Modell hinterlegten Preisen berechnet. Leasing sowie der Gebrauchtwagenmarkt können jedoch nicht explizit abgebildet werden.
- ▶ Für den öffentlichen Verkehr wurden für das Basisjahr die in Abschnitt 3.4.2 angegebenen Kosten angesetzt. Weiterhin wird angenommen, dass die Nutzerkosten im öffentlichen Verkehr in den Szenarien in Zukunft (real) konstant bleiben. Auch für das öffentliche Ridesharing-System wird dieser Kostensatz angesetzt. Diese Annahme bedeutet natürlich auch, dass der öffentliche Verkehr auch weiterhin wesentlich von der öffentlichen Hand finanziert wird.
- ▶ Für Carsharing werden orientiert an den TCO-Kosten sowie eines Aufschlages von 5 ct/Pkm (für Personalkosten, Markup, Werbung etc.) 25 ct/Pkm für 2050 hinterlegt.

- ▶ Für den Luftverkehr werden die zusätzlichen Kosten strombasierter Kraftstoffe berücksichtigt, sodass sich die Nutzerkosten bis 2050 dadurch gegenüber heute um 30 % erhöhen.
- ▶ Im Szenario NDL und NMK wird eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut zur Finanzierung der Infrastruktur auf allen Straßen eingeführt. Die Infrastrukturkomponente dieser Maut beläuft sich auf durchschnittlich 4 ct/km (auch wenn sich im Szenario NMK die Infrastrukturkosten ggf. leicht reduzieren).
- ▶ Im Szenario NMK werden die externen Kosten des Verkehrs (entsprechend der Darstellung in Kapitel 5.7.1) internalisiert.

Die aggregierte Berechnung der Mobilitätsausgaben kann als eine erste Einschätzung der (Gesamt-)belastung der Haushaltsbudgets dienen. Sie gibt noch keinen Aufschluss über die aus sozialer Perspektive relevante Frage, welche Veränderungen bezüglich der Verteilungsgerechtigkeit sowie der Belastung von Haushalten mit niedrigem Einkommen zu erwarten sind.

Abbildung 6.12 zeigt die Entwicklung der Mobilitätsausgaben pro Person im Jahr 2050. Zu beachten ist, dass in der Darstellung alle Pkw (außer Sharing-Fahrzeuge) mit ihren Anschaffungspreisen bewertet werden, unabhängig davon, ob sie von gewerblichen Nutzern oder



Quelle: eigene Darstellung

privaten Haushalten angeschafft werden. Dadurch liegt der Anteil der Kosten für Pkw-Anschaffung im Vergleich zur laufenden Wirtschaftsrechnung an den insgesamt dargestellten Ausgaben vergleichsweise hoch.

Im Referenzszenario steigen die Ausgaben gegenüber 2014 an. Ursache dafür sind vor allem höhere Kosten der Pkw-Anschaffung (da sowohl die Anzahl der Fahrzeuge noch leicht steigt als auch die Anschaffungspreise pro Fahrzeug etwas zunehmen) sowie der gestiegene Luftverkehr.

Im Szenario NIM liegen die Mobilitätskosten auf ähnlichem Niveau wie heute. Die Kraftstoffkosten je gefahrenem Kilometer gehen (wie in allen drei Szenarien) gegenüber der Referenzentwicklung deutlich zurück: Zwar sind die Preise für strombasierte Kraftstoffe rund doppelt so hoch wie diejenigen fossiler Kraftstoffe, aber dies spielt langfristig kaum eine Rolle mehr, da der Fahrzeugbestand im Jahr 2050 von Elektrofahrzeugen dominiert wird. Im Gegenzug steigen im Szenario NIM die Kosten für Luftverkehr sowie Carsharing.

Im Szenario NDL zeigt sich die deutliche Verschiebung hin zum öffentlichen Verkehr und zu Carsharing: Diese machen zusammen im Szenario NDL über 50 % der Mobilitätsausgaben aus, während sie sich im Basisjahr auf nur 8 % belaufen.

Im Szenario NMK gehen durch die Nahmobilität und den deutlich gesunkenen Pkw-Bestand die Mobilitätsausgaben insgesamt stark zurück. Auch trotz Internalisierung der externen Kosten inklusive der Infrastrukturkosten der Pkw-Nutzung sind die Mobilitätskosten pro Person nur noch gut halb so hoch wie im Basisjahr. Ursache hierfür ist die deutliche Reduktion der Wegelängen und die Verschiebung zu aktiver Mobilität und zum öffentlichen Verkehr.

Im Überblick ergibt sich folgendes Bild: Die (aggregierten) Mobilitätsausgaben pro Person bleiben in den Szenarien NIM und NDL auf ähnlichem Niveau, während sie im Szenario NMK deutlich zurückgehen. In diesem Szenario werden externe Kosten internalisiert und die Kosten des Pkw-Besitzes nehmen zu.

Einkommensschwächere Haushalte werden davon jedoch im Mittel weniger belastet als einkommensstarke Haushalte, die auch weiterhin einen privaten Pkw besitzen. Alternativen zum teuren privaten Pkw stehen – über den öffentlichen Verkehr inklusive der Ridesharing-Angebote – ausreichend zur Verfügung.

**TABELLE 6.10: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „MOBILITÄTSKOSTEN“**

| Szenario         | NIM | NDL | NMK |
|------------------|-----|-----|-----|
| Mobilitätskosten | ●   | ●   | ●   |

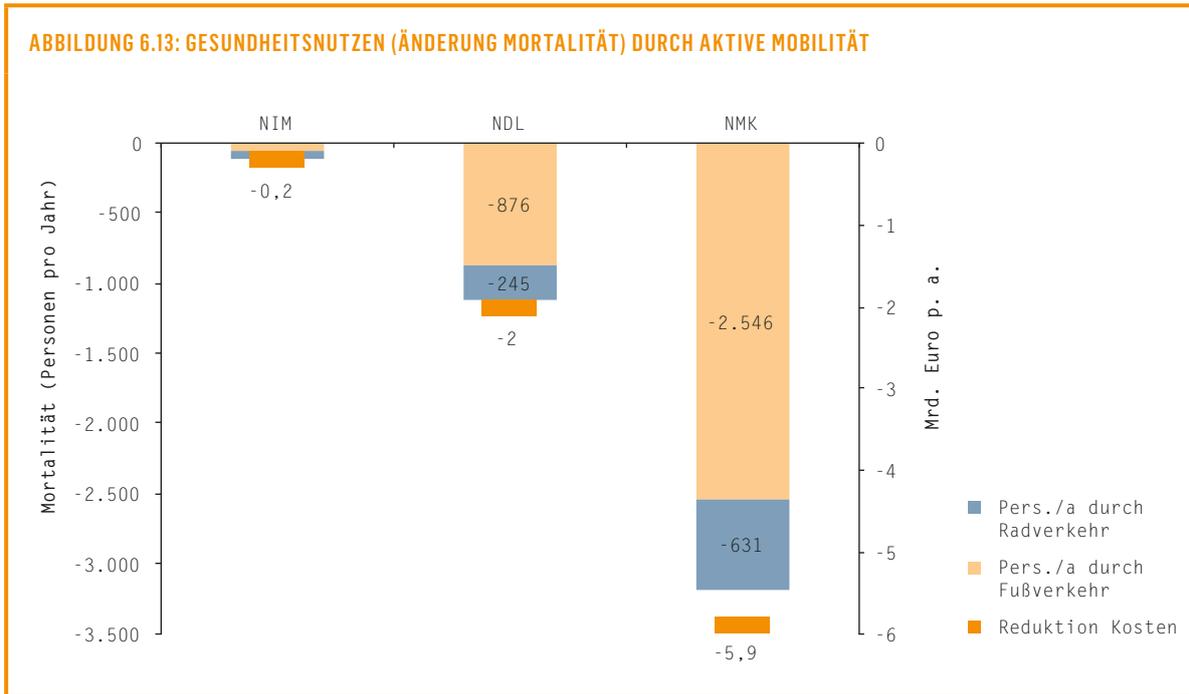
Quelle: eigene Darstellung

## 6.3. SOZIALE NACHHALTIGKEIT

### 6.3.1. BEWEGUNG/AKTIVE MOBILITÄT

Die WHO hat einen auf wissenschaftlichen Ergebnissen beruhenden Rechner entwickelt, mit dem quantitativ abgeschätzt werden kann, welchen Gesundheits- und daraus resultierenden Einsparungseffekt eine Erhöhung des Zufuß- und des Fahrradanteils hat (vgl. WHO Europe 2014). Es wurden die Anteile der aktiven Mobilität der Szenarien eingegeben. Der Rechner weist aus, wie die Mortalität der Bevölkerung durch zusätzliches Zufußgehen und Radfahren sinkt und berechnet zugleich die volkswirtschaftlichen Einsparungen.

Die Erhöhung der Verkehrsleistung aktiver Mobilität kann in den Szenarien modellgestützt über den Modal Split quantifiziert werden. Der Gesundheitsgewinn durch aktive Mobilität würde zu einer deutlichen Reduktion der Mortalität und der volkswirtschaftlichen Kosten führen. Im Szenario NMK reduziert sich die Mortalität demnach um ca. 3.000 Personen pro Jahr, im Szenario NDL um etwa 1.100 Personen und im Szenario NIM um etwa 100 Personen p. a (Abbildung 6.13). Der mit dem WHO-Rechner ermittelte volkswirtschaftliche Nutzen des Rad- und Fußverkehrs liegt im Szenario NMK bei fast 6 Mrd. Euro.



Quelle: eigene Berechnungen mit WHO Europe 2014, eigene Darstellung

Jede Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung ist positiv zu bewerten. Ab welchem Grad der Gesundheitsverbesserung durch aktive Mobilität von Nachhaltigkeit zu sprechen wäre, kann aber kaum definiert werden. Im Szenario NIM ergeben sich nur geringe Veränderungen gegenüber heute; im Szenario NDL und insbesondere im Szenario NMK ist der Gesundheitsnutzen aber in einer relevanten Größenordnung.

Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien:

**TABELLE 6.11: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „BEWEGUNG/AKTIVE MOBILITÄT“**

| Szenario                  | NIM | NDL | NMK |
|---------------------------|-----|-----|-----|
| Bewegung/aktive Mobilität | ●   | ●   | ●   |

Quelle: eigene Darstellung

### 6.3.2. VERKEHRSTOTE UND -VERLETZTE

Für die Bewertung in den Szenarien kann die Veränderung der Verkehrssicherheit und die Wahrscheinlichkeit für Gesundheitsschäden nicht explizit modelliert werden. Auf Grundlage der szenariospezifischen Annahmen zur Technikentwicklung, zu Veränderungen der Siedlungsentwicklung und des Mobilitätsverhaltens kann jedoch eine qualitative Einordnung der Verkehrssicherheit erfolgen.

Wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Verkehrssicherheit könnte das automatisierte bzw. autonome Fahren haben. Darüber hinaus sind szenariospezifische Veränderungen wie z.B. der Modal Split, Tempolimits etc. für die Verkehrssicherheit relevant.

Betrachten wir zunächst die potenziellen Wirkungen von weiteren Assistenzsystemen und durch automatisiertes Fahren. Die in der Literatur genannten Prognosen der Entwicklung sind uneinheitlich. Optimistische Betrachtungen (Winkle 2015, gestützt auf Daimler Unfallforschung) geht von folgender Entwicklung aus: 19 % weniger Verkehrstote bis 2030; 23 % weniger bis 2040; 50 % weniger bis 2050; 71 % weniger

bis 2060; nahezu 100 % bis 2070. Andere Analysen betonen, dass sich in einer Übergangsphase des Mischverkehrs von automatisiertem und konventionellem Fahren die Unsicherheit zunächst erhöhe, dabei wird betont, ein Erreichen des Null-Ziels sei unrealistisch (Sivak et al. 2015). Weitere Prognosen liegen dazwischen: Bei flächendeckendem Einsatz von „*forward collision and departure warning systems*“ könnten ein Drittel aller Unfälle und Verletzten vermieden werden. Eine weitere Unfallreduktion könne durch automatisches Bremsen bei Hindernissen und der Fahrtvermeidung bei Alkoholkonsum erreicht werden (Anderson et al. 2014).

Die Sicherheit würde sich weiter erhöhen wenn – wie in Szenario NMK angenommen – Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit eingeführt würde. Vorliegende Untersuchungen belegen, dass nach Einführung von Tempo 30 die Zahl der bei Unfällen schwer verletzten und getöteten Personen zurückgeht. In welchem Umfang dies geschieht, ist je nach empirischer Fallstudie und Methode unterschiedlich. Die Angaben liegen zwischen kein Effekt, 25 % (Beispiel Buxtehude nach Eugent o.J.) und 42 % (London nach Randelhoff 2016) weniger schwer verletzte und getötete Personen.

Ob auch die in den Szenarien angenommene Reduktion des PKW-Bestandes zu einer Unfallreduktion führt, kann hier nicht beantwortet werden. Das Unfallrisiko hat seit den 1970er-Jahren trotz kontinuierlich steigendem Bestand zwar abgenommen. Dennoch ist es möglich, dass die Reduktion der Unfallzahlen bei gleich bleibendem Fahrzeugbestand oder bei der in den Szenarien angenommenen Bestandssenkung noch deutlich höher ausgefallen wäre.

Hinsichtlich der Verbesserung der Verkehrssicherheit und dem Risiko, getötet oder verletzt zu werden, kann kein Wert für die Szenarien angenommen werden. Die Prognosen über einen Gewinn an Sicherheit durch neue Techniken sowie Temporeduktion sind in verschiedenen Untersuchungen zu unterschiedlich. Eine Strategie „*Vision Zero*“ (also null Tote), wie sie in Schweden mit zahlreichen Maßnahmen praktisch umgesetzt wird, erscheint aber sinnvoll und vor allem machbar. Sie würde sich auch positiv auf die Umwelt auswirken.

### 6.3.3. NUTZUNGSMISCHUNG

Insgesamt handelt es sich um einen rein qualitativ beschreibenden Indikator. Eine Quantifizierung der Veränderung der Nutzungsmischung ist im Rahmen der Modellierung nicht möglich. Hier hätten die dem Nachhaltigkeitsbarometer zugrunde liegenden Indikatoren und ein räumliches Modell Baden-Württembergs eingebunden werden müssen, was den Rahmen der Modellierung sprengen würde.

Die qualitative Abschätzung wurde so für jedes Szenario im Projektteam und mit dem Beirat/Stakeholderkreis reflektiert, welche Auswirkungen sich durch die dargelegten Entwicklungen auf die Nutzungsstrukturen bzw. Nutzungsmischung darstellen. In den Szenarien kann eine zunehmende Nutzungsmischung lediglich als exogene Annahme berücksichtigt werden und Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen und den Modal Split abgeschätzt werden. Diese wurden durch Analysen für ausgewählte Raumtypen unter Berücksichtigung der jeweiligen strukturellen Gegebenheiten plausibilisiert.

Im Szenario „*Neue Individualmobilität*“ findet weiterhin eine Zersiedelung bzw. Fragmentierung und geringere Flächennutzungsintensität von Siedlungen statt, dies führt zu stärkerer räumlicher Separation von Nutzungen, da die verschiedenen Flächen z. T. weiter voneinander entfernt liegen als bisher.

In den Szenarien „*Neue Dienstleistungen*“ und „*Neue Mobilitätskultur*“ fördern die Nahraumorientierung in der Bevölkerung und im planerischen Handeln und die hohe ÖV-Nutzung kleinteilige Versorgungsstrukturen und begünstigen die Nutzungsmischung vor allem in Bezug auf Wohnen/Arbeiten, aber auch Wohnen/Einkaufen. Im Szenario „*Neue Mobilitätsdienstleistungen*“ verläuft diese Entwicklung sicherlich etwas weniger deutlich.

Die Entwicklungen sind schwer abschätzbar, auch durch die lange Persistenz gebauter Strukturen. Zudem liegt eine enge Verzahnung mit Erreichbarkeitsqualitäten vor. Durch die Fortsetzung des Urbanisierungstrends auch im Szenario „Neue Mobilitätsdienstleistungen“ (und „Neue Mobilitätskultur“) wird von einer verstärkten Nutzungsmischung ausgegangen. Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien:

**TABELLE 6.12: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „NUTZUNGSMISCHUNG“**

| Szenario         | NIM   | NDL   | NMK   |
|------------------|---|---|---|
| Nutzungsmischung |  |  |  |

Quelle: eigene Darstellung

### 6.3.4. ERREICHBARKEIT

Eine genaue Quantifizierung der Veränderung von Erreichbarkeiten ist im Rahmen der Modellierung nicht möglich. Mit Blick auf bestimmte Entwicklungen (z. B. demografischer Wandel, neue Technologien) und mögliche Maßnahmen können aber qualitative Abschätzungen erfolgen.

Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ erhöht sich die räumliche Konzentration der Bevölkerung. Damit besteht eine Tendenz hin zu Gebieten, in denen eine bessere Erreichbarkeit von Aktivitätsgelegenheiten vorliegt. Des Weiteren nimmt die Nutzungsmischung generell zu, da Nahmobilität und Nahversorgung politisch aufgewertet werden und das Leben im Quartier durch eine integrierte Stadt- und Verkehrsplanung gefördert wird. Auch diese Entwicklung wirkt sich positiv auf die Erreichbarkeit aus. Die Bevölkerungswanderung in Richtung Zentren dürfte allerdings zur Folge haben, dass bei der Verteilung der Aktivitätsgelegenheiten ebenfalls die räumliche Konzentration zunimmt und somit die Gefahr besteht, dass sich in manchen peripheren Lagen die Erreichbarkeit verschlechtert, wenn nicht mit verbesserten Mobilitätsan-

geboten gegengehalten wird. Solche Verbesserungen finden im Rahmen des Szenarios in allen Räumen statt. So verkürzen sich die Fahrzeiten durch die Digitalisierung und Automatisierung (Effizienzgewinne) und die Taktung/Tagesabdeckung/Flexibilität verbessert sich vor allem in ländlichen Regionen durch flexible autonome ÖV-Angebote. Aus den einzelnen Punkten lässt sich ableiten, dass sich sowohl die fußläufige als auch die ÖV-gestützte Erreichbarkeit merklich verbessert. Räumlich gibt es aber Unterschiede: In hochverdichteten und verdichteten Regionen steigt sie erheblich an, während sie sich in ländlichen Regionen nur leicht verbessert oder gar stagniert. Die besseren Mobilitätsangebote werden hier durch ein geringeres nahräumliches Aktivitätsangebot (teilweise) kompensiert.

Im Szenario „Neue Dienstleistungen“ kommt es ebenfalls zu einer Verbesserung der Erreichbarkeit. Sie wird durch zusätzliche flexible ÖV- und Carsharing-Angebote erzeugt. Gleichzeitig gibt es hier bei der Siedlungsentwicklung und der Bevölkerungsverteilung keine wesentlichen Veränderungen gegenüber heute, sodass im ländlichen Raum keine Abschwächung der Effekte durch Bevölkerungsabwanderung stattfindet. Dies bedeutet aber auch, dass sich die Verbesserungen insgesamt auf die ÖV-/Carsharing-gestützte Erreichbarkeit konzentrieren, während es speziell bezogen auf die fußläufige Erreichbarkeit keine wesentliche Veränderung gegenüber heute gibt.

Im Szenario „Neue Individualmobilität“ kommt es lediglich in (hoch)verdichteten Gebieten zu Verbesserungen bezogen auf die ÖV-/Carsharing-Anbindung. Gleichzeitig geht von der stärkeren Zersiedelung ein gegenläufiger Effekt aus, da diese zu einer geringeren Nutzungsmischung führt und die Entfernungen zu den Gelegenheiten somit im Durchschnitt steigen. Die ÖV-/Carsharing-gestützte Erreichbarkeit dürfte in diesem Szenario somit stagnieren, während sich die fußläufige Erreichbarkeit aufgrund der stärkeren Zersiedelung sogar im Durchschnitt verschlechtert.

Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien:

**TABELLE 6.13: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „ERREICHBARKEIT“**

| Szenario       | NIM   | NDL   | NMK   |
|----------------|---|---|---|
| Erreichbarkeit |  |  |  |

Quelle: eigene Darstellung

### 6.3.5. AUFENTHALTSQUALITÄT IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Insgesamt handelt es sich um einen rein qualitativ beschreibenden Indikator. Eine Quantifizierung der Veränderung der Aufenthaltsqualität ist im Rahmen der Modellierung nicht möglich. Für jedes Szenario wurde im Projektteam und mit dem Beirat/Stakeholderkreis reflektiert, wie sich durch die dargelegten Entwicklungen in den Szenarien die Aufenthaltsqualität darstellen wird.

Im Szenario „Neue Individualmobilität“ wird es durch einen höheren Anteil des motorisierten Verkehrs, durch die Erfordernisse für den automatisierten Verkehr und durch eine stärkere Zersiedelung deutlich schwieriger, qualitätsvolle Freiräume und Verkehrsflächen zu gestalten.

In den Szenarien „Neue Dienstleistungen“ und „Neue Mobilitätskultur“ gibt es jeweils einen hohen Anteil an aktiver Mobilität. Dies bedingt, dass sich die Aufenthaltsqualitäten als wichtiger Bestandteil der Stadt- und Ortsplanung verbessern. Durch Straßenraumumgestaltungen werden langsamere, gleichmäßigere Fahrgeschwindigkeiten erreicht, durch eine höhere, feingliedrigere Nutzungsmischung sind Straßen und Plätze belebter. Diese Effekte sind im Szenario „Neue Dienstleistungen“ geringer als im Szenario „Neue Mobilitätskultur“.

Die Unterschiede in der Bewertung der Szenarien lassen sich vor allem an den Entwicklungen der infrastrukturellen Bedingungen für aktive Mobilität und am Einstellungswandel festmachen. Die schwächere Bedeutung der aktiven Mobilität im Szenario „Neue Dienstleistungen“ wirkt sich auf die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum aus. Im Überblick ergibt sich folgendes Bild bei der Bewertung der Szenarien:

**TABELLE 6.14: AMPELBEWERTUNG DES INDIKATORS „AUFENTHALTSQUALITÄT“**

| Szenario            | NIM   | NDL   | NMK   |
|---------------------|---|---|---|
| Aufenthaltsqualität |  |  |  |

Quelle: eigene Darstellung

## 6.4. ZUSAMMENFASSUNG: NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG DER SZENARIEN IM VERGLEICH

Ziel dieser Studie ist es, mögliche Transformationspfade für den Mobilitätsbereich in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 hin zu einer ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltigen Entwicklung aufzuzeigen.

Alle drei Szenarien weisen deutliche Unterschiede hinsichtlich der ökologischen, sozialen und ökonomischen Indikatoren auf (vgl. Tabelle 6.14). Bei den ökologischen und sozialen Indikatoren gibt es ein klares Ergebnis.

Während das Szenario „Neue Individualmobilität“ (NIM) die Ziele am weitesten verfehlt, schneidet das Szenario „Neue Dienstleistungen“ (NDL) etwas besser ab. Das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ (NMK) kommt den Zielen hinsichtlich einer ökologisch und sozial gerechten Nachhaltigkeit am nächsten. Auch wenn die Langfristziele für den Klimaschutz und den Endenergieverbrauch in allen Szenarien erreicht werden, die jeweiligen Ziele für 2030 werden nur im Szenario NMK erfüllt. Und die Entwicklung in diesem Szenario ist aufgrund der vergleichsweise geringen Ressourceninanspruchnahme am ehesten global verallgemeinerbar.

TABELLE 6.15: AMPELBEWERTUNG DER SZENARIEN IM ÜBERBLICK

|                                    | Indikator                             | Neue Individualmobilität (NIM)            | Neue Dienstleistungen (NDL) | Neue Mobilitätskultur (NMK) |
|------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| ökologisch                         | THG-Emissionen                        | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Endenergieverbrauch                   | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Strombedarf                           | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Flächeninanspruchnahme                | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Luftschadstoffemissionen              | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Lärmemissionen                        | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Verkehrsleistung ÖV                   | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Modal Split Güterverkehr              | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | ökonomisch                            | Beschäftigung in der Mobilitätswirtschaft | ●                           | ●                           |
| Umsatz in der Mobilitätswirtschaft |                                       | ●   | ●                           | ●                           |
| Mobilitätskosten                   |                                       | ●   | ●                           | ●                           |
| sozial                             | Bewegung/aktive Mobilität             | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Nutzungsmischung                      | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Erreichbarkeit                        | ●   | ●                           | ●                           |
|                                    | Aufenthaltsqualität öffentl. Raum     | ●   | ●                           | ●                           |

Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse zeigen damit, dass der Weg hin zu einer in Baden-Württemberg und global verträglichen Mobilität innerhalb der ökologischen und gesundheitlichen Belastungsgrenzen – also mit deutlichen Verbesserungen bei Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffen, beim Verbrauch von Endenergie und nicht-energetischen Ressourcen sowie beim Lärm und der Flächeninanspruchnahme – nur mit einem deutlichen Rückgang der Pkw-Fahrleistung und des Pkw-Bestandes gelingen kann. Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ reduziert sich die Anzahl der Pkw im Bestand bis 2030 um 30 % und bis 2050 auf rund ein Sechstel, die Fahrleistung der Pkw – privat und geteilt – auf 55 % in 2030 und 30 % in 2050. In diesem Szenario wird eine Reduktion der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 45 % in 2030 und 100 % in 2050 erreicht, der Endenergiebedarf sinkt um 42 % in 2030 und 80 % im Jahr 2050. Der Strombedarf des Verkehrssektors steigt zwar auf 170 PJ, liegt jedoch etwa bei der Hälfte des Szenarios „Neue Individualmobilität“. Die Bedarfe an nicht-energetischen Ressourcen können um 13 % ggü. der Referenzentwicklung durch eine deutlich geringere Nachfrage nach Pkw und weniger Parkraum reduziert werden und der Flächenverbrauch in Baden-Württemberg ist mit den Zielen einer langfristigen Reduktion auf Netto-Null kompatibel.

Es zeigt sich, dass der Einsatz von bspw. Elektrofahrzeugen allein – wie im Szenario „Neue Individualmobilität“ – bei Weitem nicht ausreicht, um ökologisch nachhaltig mobil zu sein. Die langfristigen Klimaschutzziele können so zwar erreicht werden, der Einsatz von energetischen Ressourcen – inkl. der Herstellung der CO<sub>2</sub>-freien Kraftstoffe – und nicht-energetischen Ressourcen jedoch liegt deutlich über den vereinbarten Zielen.

Der soziale und gesellschaftliche Status kann im Szenario NMK ebenfalls deutlich verbessert werden. Die durchgängige Verfügbarkeit eines attraktiven öffentlichen Verkehrs erhöht die Erreichbarkeit und den Zugang zu Mobilität für alle sozialen Gruppen. Die Aufenthaltsqualität öffentlicher Räume nimmt durch die Entlastung von Lärm und Schadstoffen sowie die Umwidmung von Verkehrsflächen zu Aufenthaltsraum zu. Dies fördert – ebenso wie die zunehmende aktive Mobilität – die Gesundheit der Bevölkerung.

Die Ergebnisse der ökonomischen Indikatoren zeigen, dass auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen ist. Die Arbeitsplatzverluste in der Automobilwirtschaft nehmen zusätzlich mit dem Grad der ökologischen Nachhaltigkeit der Szenarien zu, da die Pkw-Neuzulassungen zurückgehen. Das Maß hängt dann auch stark davon ab, wie die Transformation der Automobil- bzw. Mobilitätswirtschaft gestaltet wird (vgl. Kapitel 5.8).

Die betrachteten Szenarien weisen unterschiedliche Risiken auf. Bei dem Szenario „Neue Individualmobilität“ stellt sich zum Beispiel die Frage nach der Verfügbarkeit von Ressourcen und EE-Strom am stärksten. Gerade bei der Verfügbarkeit von EE-Kraftstoffen und deren Nachhaltigkeit bestehen zum jetzigen Zeitpunkt noch hohe Unsicherheiten. Bei dem Szenario „Neue Mobilitätskultur“ stellt sich dagegen v. a. die Frage, wie es gelingen kann, einen Produktionsrückgang durch z. B. neue Arbeitszeitmodelle aufzufangen und rechtzeitig neue Arbeitsplätze in anderen Bereichen zu schaffen. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass diese starke Transformation auch weltwirtschaftlich getrieben werden wird. Der gegenüber den anderen Szenarien stärkere Fokus auf Ökologie könnte damit auch den ökonomischen Übergang früher und zukunftssicherer einleiten.

Für die ökologischen Indikatoren gibt es einen klaren, normativen Rahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ziele u. a. hinsichtlich Ressourcenverbrauch und Fläche nicht mit mehr Verkehr zu erreichen sind, sondern nur mit weniger. Insbesondere die Automobilindustrie steht derzeit vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsziele können zwar kurz- und mittelfristig diese Unsicherheit und die Gefahr von Arbeitsplatzverlusten erhöhen – vor allem dann, wenn ein solcher Wandel auch weltweit und nicht nur in Baden-Württemberg umgesetzt wird. Ein Transformationsprozess der (Mobilitäts-)Wirtschaft in Baden-Württemberg ist aber grundsätzlich notwendig. Diesen gilt es aktiv zu gestalten, sodass sich Wirtschaft und Gesellschaft innerhalb der planetaren Grenzen möglichst optimal entwickeln können (vgl. Kapitel 1.1.1).

# 7. HANDLUNGSOPTIONEN ZUR GESTALTUNG DER TRANSFORMATION



Wie im vorangegangenen Kapitel deutlich wurde, erfüllt das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ die Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung innerhalb ökologischer Belastungsgrenzen am ehesten. Die Analyse der Szenarien zeigt deutlich, dass allein der Fokus auf technische Optionen nicht ausreicht, um die ökologischen und sozialen Indikatoren in ihrer Breite zu adressieren. Vielmehr ist auch ein Wandel im Mobilitätsverhalten notwendig. Das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ beinhaltet neben einem technischen Wandel hin zur Elektromobilität vor allem mehr aktive Nahmobilität (Fuß- und (Elektro-)Radverkehr), hohe Lebensqualität und gute Versorgungsangebote in

Quartieren, einen soziokulturellen Wandel in Richtung Nutzen statt Besitzen (Car-, Bike- Ridesharing), sowie eine Reduktion auch des Güterverkehrs auf der Straße und des Luftverkehrs (vgl. ausführlich Kap. 4.2.4). Das Szenario kombiniert somit alle drei Nachhaltigkeitsstrategien: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz (Fischer und Griefshammer 2013).

In diesem Kapitel werden die Handlungsoptionen dargestellt, die für die Transformation hin zu einer nachhaltigen Mobilität notwendig sind, bei der alle drei Strategien adressiert werden. Im Rahmen der dritten Stakeholder-Sitzung des Projekts wurden die Ergebnis-

se der Szenarien diskutiert und darauf basierend erste Handlungsempfehlungen, mit denen die Entwicklungen in den Szenarien unterstützt werden können, und Herausforderungen für die Akteure in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft formuliert. Diese wurden dann vom Projektteam konsolidiert, systematisiert und ergänzt und zusätzlich mit dem wissenschaftlichen Beirat diskutiert.

Die für den Weg hin zu einem nachhaltigen Mobilitätssystem notwendigen Maßnahmen und Rahmenbedingungen werden für eine bessere Übersichtlichkeit entlang von Handlungsfeldern dargestellt: Werte, Wissen und Visionen; Personenverkehr & Raumentwicklung; Technologien; Güter- und Luftverkehr; Mobilitätswirtschaft. Um Dopplungen zu vermeiden, werden Maßnahmen jeweils nur einem Handlungsfeld zugeordnet, auch wenn sie Wirkung auf mehrere Handlungsfelder haben. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Instrumente vor allem in ihrer Gesamtheit wirken bzw. dass ein Teil der Maßnahmen flankierend für die Wirkung anderer Maßnahmen notwendig ist. Wichtig ist zudem, dass nur Maßnahmen aufgezeigt werden, die derzeit noch nicht oder nicht ausreichend adressiert werden.

Es werden nachfolgend Handlungsoptionen aufgezeigt, bei denen das Land Baden-Württemberg entweder direkt oder indirekt – über EU- bzw. Bundesebene – aktiv werden kann oder die Umsetzung über die Kommunen erfolgt. Die Maßnahmen werden nicht hinsichtlich ihres zeitlichen Horizonts unterschieden, denn bei allen Optionen ist ein zügiges Handeln zentral, um bis zum Jahr 2030 die notwendigen Wirkungen zu erzielen und frühzeitig das Fundament für eine nachhaltige Entwicklung zu legen.

## 7.1. WERTE, WISSEN UND VISIONEN

Die aktuelle Landesregierung hat sich in ihrer Koalitionsvereinbarung auf das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung als den zentralen Grundsatz der gesamten Landespolitik und als Orientierungsmaßstab für alle Politikbereiche verständigt. Damit ist eine nachhaltige Entwicklung als Leitmotiv und Querschnittsthema in der Landes- und auch Kommunalpolitik in Baden-Württemberg verankert. In einem solchen Rahmen können Maßnahmen und Instrumente zur Beförderung und Begleitung eines Transformationsprozesses

sinnvoll und in einem ganzheitlichen Rahmen entwickelt und durchgesetzt werden. Dazu gehört auch die ebenen- und ressortübergreifende Institutionalisierung von Nachhaltigkeitszielen und -kriterien im politischen und administrativen Entscheidungsprozess. Hierfür wurde als zentrales Instrument der Politikfolgenabschätzung die ressortunabhängige Nachhaltigkeitsprüfung etabliert (Nachhaltigkeitscheck). Das bedeutet, dass alle Gesetze, Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften auf ihre Wirkung hinsichtlich ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte überprüft werden. Da das Einhalten ökologischer Belastungsgrenzen Voraussetzung auch für sozioökonomische Nachhaltigkeit ist (vgl. Kap. 1.1.1), muss insbesondere die Prüfung ökologischer Kriterien ernsthaft erfolgen. Ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit stehen nicht als unabhängige Ziele nebeneinander, sondern mögliche Zielkonflikte müssen unter Berücksichtigung der ökologischen Belastungsgrenzen gelöst werden.

Zur Transformation von Mobilität und Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg braucht es zudem einen landesweiten Dialogprozess, wie eine nachhaltige Mobilität 2050 aussehen und erreicht werden kann. Breit geteilte Visionen, im Sinne von positiven Zukunftsbildern, sind eine wesentliche Quelle der Orientierung und Legitimation von Veränderungsprozessen (Griehammer und Brohmann 2016). Die Verdichtung von eher abstrakten Nachhaltigkeitszielen zu Zukunftsbildern macht die Zielvorstellungen besser kommunizierbar. Die Erarbeitung und Prüfung verschiedener Szenarien in diesem Projekt kann dafür eine wertvolle Grundlage sein, wobei der anstehende Dialogprozess in dieser Phase neben Expertinnen und Experten sowie Stakeholdern insbesondere auch Bürgerinnen und Bürger einbinden sollte.

Die Vision einer ökologisch nachhaltigen Mobilität gilt es zu verknüpfen mit sinnstiftenden Bildern und Erzählungen, die Argumente, Emotionen und Werte transportieren (Espinosa et al. 2016). Im Sinne einer Anschlussfähigkeit für weite Bevölkerungskreise sind nicht nur ökologische Vorteile des Wandels zu vermitteln, sondern auch ökonomische und soziale Chancen, einschließlich Vorteile für Lebensqualität und Gesundheit. Über derartige Narrative hinaus sind auch filmische Vorstellungen und Besuche von Modellprojekten/Modellstadtteilen wichtig, auch in anderen Ländern.

Des Weiteren kann eine nachhaltige Entwicklung nur erreicht werden, wenn deren Notwendigkeiten und Ziele fachübergreifend Menschen in allen Lebenssituationen vermittelt sowie Kinder, Jugendliche und Erwachsene in Lernprozessen an nachhaltiges Denken und Handeln herangeführt werden. Denn ein gesamtgesellschaftliches Grundverständnis und eine hohe Akzeptanz für die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung sind die Basis für ein erfolgreiches Umsetzen notwendiger Maßnahmen.

Hierfür ist es zentral, die Bildung für Nachhaltigkeit und nachhaltige Mobilität an Schulen und an Hochschulen neu und originell an Themen festzumachen, die die Jugendlichen wirklich interessieren. Nur wenn ein gesamtgesellschaftliches Grundverständnis und eine hohe Akzeptanz für die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung bestehen, können die notwendigen Maßnahmen erfolgreich angegangen und umgesetzt werden.

Neben allgemeinen Orientierungen (z.B. Umweltbewusstsein) sind vor allem die Mobilitätsorientierungen angesprochen. Unter Mobilitätsorientierungen versteht man die auf Mobilität, Verkehrsmittel und Fortbewegungsformen bezogenen Einstellungen. Diese haben, wie in zahlreichen Studien der sozialwissenschaftlichen Mobilitätsforschung belegt wurde, Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten und damit einen starken Bezug zu Nachhaltigkeit (vgl. Götz et al. 2003, 2016, Ohnmacht et al. 2008). Gleichzeitig sind sich verändernde Mobilitätsorientierungen Voraussetzung für die Akzeptanz von Maßnahmen. Nur wenn sich die Mobilitätsorientierungen so verändern, dass Maßnahmen in Richtung einer Mobilitätswende nicht nur passiv geduldet, sondern aktiv unterstützt werden, kann eine Politik der Mobilitätswende gelingen. Da die Mehrheit der Bevölkerung ein eigenes Auto immer noch für wichtig bis sehr wichtig hält (vgl. Auswertungen in Abbildung 2.3), sind Maßnahmen zur Unterstützung eines kulturellen Wandels zentral. Wenn – wie empirisch belegt ist – sich Mobilitätsorientierungen und Verkehrsverhalten in Großstädten und Ballungsräumen in Richtung Multioptionalität und reduzierter Autofixierung ändern, kann die Politik darauf aufbauen (vgl. Schönduwe 2012). So kann eine positive Rückkoppelungsdynamik aus Maßnahmen entstehen, die diese Mobilitätsorientierungen verstärken, und einer Politik, die wiederum von diesen Orientierungen getragen wird. Aus einer multioptionalen Verkehrsmittelnutzung, also der souveränen Kombination von ÖV, Fahrradfahren, Zufußgehen und einer selektiven, reflektierten Autonutzung ent-

steht eine neue Kompetenzerfahrung von Freiheit und Selbstständigkeit. Dafür sollte das Erlernen einer multioptionalen Mobilität in die Lehrpläne (ohne und mit elektronischer Unterstützung) aufgenommen sowie Kommunikations- und wissenschaftlich gestützte Lehrkonzepte zur Einbeziehung der Eltern zur Reduktion der motorisierten „Elterntaxis“ entwickelt werden.

Ganz wesentlich dafür ist, dass nachhaltige Mobilität partizipativ und erlebbar gemacht sowie anschaulich kommuniziert wird: über Pilotprojekte der neuen Mobilität, in denen z. B. Autofreiheit durch städtebauliche Modelle und Visualisierungen veranschaulicht und zudem real attraktiv erlebbar wird – wie etwa in den Reallaboren in München Isarvorstadt und Untersending (vgl. City2Share 2016 und Schneidewind 2014). Gleichzeitig braucht es eine überzeugende, stetige, originelle und attraktive Kommunikation der Möglichkeiten und Ziele einer nachhaltigen Mobilität sowie eine laufende Bewusstseinsbildung bei kommunalen Entscheidungsträgern darüber, wie weniger MIV erreichbar ist. Zusätzlich kann durch Nudging-Ansätze auf Verhaltensänderung abgezielt werden, ohne dass sich das Bewusstsein verändern muss (vgl. Thaler; Sunstein 2011). Nudging bedeutet, dass sich das Verhalten durch Rahmenbedingungen bzw. eine Entscheidungsarchitektur ändert, ohne dass in die grundsätzlichen Motivstrukturen eingegriffen werden muss. Bekannt ist das Beispiel des in Kantinen auf Augenhöhe platzierten Obsts, wo auch Personen zugreifen, die nicht gesundheitsorientiert sind. Ein anderes Beispiel war die Einführung der kontinuierlichen Erfassung und Wiedergabe des Kraftstoffverbrauchs in Pkw, die fast spielerisch zum energiesparenden Fahren anregte. Zum Nudging zählen auch Voreinstellungen, z. B. die Abschaltautomatik bei Pkw an Ampeln, die bewusst abgestellt werden müssen, wenn sie nicht genutzt werden sollen. Nudging-Maßnahmen im Bereich nachhaltiger Mobilität können sich auf die Verkehrsmittel-Wahl, auf Kaufentscheidungen und wie oben dargestellt auf den Betrieb von Fahrzeugen beziehen. Denkbar wäre eine Landesarbeitsgruppe für die Unterstützung solcher Verhaltensänderungen, die mit Methoden der Behavioral Economics evidenzbasierte, aber auch rechtlich flankierte Politikberatung zur Verhaltensänderung anbietet<sup>91</sup>.

91 Nudging ist nicht unumstritten. Manche Formen des Nudging werden als manipulativ dargestellt. Wenn sich öffentliche Institutionen damit befassen – wie z. B. eine bestehende Arbeitsgruppe im Kanzleramt – müssen die entsprechenden Aktivitäten rechtlich flankiert werden, fordert der Soziologe Lepenies (vgl. Deutschlandfunk 2016).

Da Transformationen „Such-, Lern- und Experimentierprozesse“ (Reißig 2009) sind, braucht es schließlich ein politisches Monitoring der Entwicklung von Umweltindikatoren, der Potenziale und Nachhaltigkeitswirkungen von neuen technischen und gesellschaftlichen Trends sowie der Nachhaltigkeitswirkungen von Politikinstrumenten (Ex-post-Evaluation).

## 7.2. PERSONENVERKEHR & RAUMENTWICKLUNG

Die Ergebnisse der drei Szenarien zeigen, dass der Weg hin zu einer Mobilität innerhalb ökologischer Belastungsgrenzen nur mit einem Rückgang der Pkw-Fahrleistung und des Pkw-Bestandes gelingen kann, also mit einer klaren Mobilitätswende. Es muss entsprechend auf ein attraktives Setting von Maßnahmen hingewirkt werden, die nachhaltige Mobilität und entsprechende Verhaltensänderungen unterstützen.

Dabei bedeutet weniger Verkehr nicht zwangsläufig weniger Mobilität.

Bestehende Ziele des Landes, wie z. B. zur Verlagerung auf den Umweltverbund, zeigen in die richtige Richtung. Sie müssen konsequent mit Maßnahmen hinterlegt werden – auf allen politischen Ebenen. Ganz entscheidend ist aber, dass reine Förder- und Anreizmaßnahmen („Pull“) nicht ausreichen, es müssen auch „Push“-Maßnahmen umgesetzt werden. Damit sind Maßnahmen gemeint, die darauf abzielen, die Privilegierung des Pkw zu reduzieren.

Um Änderungen des Mobilitätsverhaltens zu flankieren, bedarf es eines umfassenden Maßnahmenbündels. Es gibt nicht die eine Maßnahme, die „silver bullet“. Es müssen verschiedene Handlungsfelder adressiert werden: Zum einen Pkw-Besitz und Pkw-Verkehrsnachfrage, zum anderen die Attraktivität der umweltfreundlichen Alternativen – aktive Mobilität, ÖV, Sharing-Konzepte.

Verbunden sind die einzelnen Handlungsfelder neben einer ineinandergreifenden Preisgestaltung durch die notwendigen Infrastrukturen. Auf die einzelnen Handlungsfelder wird im Folgenden näher eingegangen, wobei berücksichtigt werden muss, dass diese nur im Zusammenspiel funktionieren.

### PKW-BESITZ UND MIV

Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ spielen der MIV und Pkw-Besitz nur noch eine geringe Rolle. Der Rückgang des MIV liegt in einem Bereich, der nur mit starken Preissignalen in Form von Pkw-Maut und Parkraumbewirtschaftung erreicht werden kann. Durch eine neue Preisgestaltung können sozial ungerechte Subventionen abgebaut und eine nachhaltige Entwicklung unterstützt werden. Besonders wichtig wird dies im Hinblick auf eine erwartete Komfortsteigerung durch autonomes Fahren, das ohne eine stärkere Internalisierung der bisher gesamtgesellschaftlich getragenen Kosten der Pkw-Nutzung zu unerwünschten Rebound-Effekten, also einer höheren Verkehrsleistung, führen könnte.

Wesentliche Handlungsoptionen für diesen Bereich liegen in der Kompetenz des Bundes. Das Land hat aber die Möglichkeit, sich für entsprechende Maßnahmen im Bund einzusetzen:

- ▶ Anlastung der wirklichen Preise der Automobilität unter Einbeziehung der Infrastruktur- und externen (Umwelt-)Kosten, z. B. im Rahmen einer intelligenten, von der Fahrleistung und ökologischen Kriterien abhängigen Maut.
- ▶ Flächendeckende Parkraumbewirtschaftung und Hinwirken auf eine Überprüfung der StVO und Verwaltungsvorschrift der StVO (höhere Kosten für Parken und höhere Bußgelder sind zwingend, deutliche Erhöhung des kommunalen Handlungsspielraums, z. B. zur Einführung von Tempo 30 flächendeckend).
- ▶ Öffentlichen Parkraum mit langfristiger Zielsetzung kontinuierlich (2–3 % jährlich) umwidmen und in öffentlich nutzbare Räume verwandeln.
- ▶ Reform der Dienstwagenbesteuerung in Richtung Nachhaltigkeitssteuerungswirkung.

Es liegen empirische Daten für die Wirkung von höheren Kosten auf den Pkw-Bestand und den MIV vor. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass die daraus abgeleiteten Elastizitäten nicht grundsätzlich auf andere Gegebenheiten zu übertragen sind. So ist die Wirkung eines Anstiegs von Kosten auf die Verkehrsmittelnutzung immer auch verbunden mit den zur Verfügung stehenden Alternativen, wie z. B. ÖV, und deren Attraktivität. Auch haben Mobilitätsorientierungen, die sich in den nächsten Jahrzehnten durchaus ändern können, einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des

Pkw-Bestands oder MIV (z. B. Status-Rückgang des Pkw). Auf Basis von Elastizitäten können also nur Größenordnungen über die Wirkmächtigkeit abgeleitet werden<sup>92</sup>.

Wesentlich für die Pkw-Besitzquote ist neben den Anschaffungskosten für die Fahrzeuge und den Kraftstoffkosten bzw. Fahrkosten pro Kilometer (Pkw-Maut) das Einkommen, die demografische Struktur, das Angebot an ÖV, Fuß- und Radinfrastruktur sowie Carsharing und der Regionstyp (siehe z. B. (Buehler, R. 2011), (Commins; A. Nolan 2010), (Dargay, J. M. 2002), (Eakins 2013), (Frondel; Vance 2007), (Goodwin et al. 2003), (Karlaftis, M.; J. Golias 2002), (Liddle; Brantley 2012), (Yeboah et al. 2015)). Die Elastizitäten des Pkw-Bestands auf die Anschaffungspreise bewegen sich in der Größenordnung von rund -0,6. Das bedeutet, um einen Rückgang des Pkw-Bestands um rund 40 % allein über die Anschaffungspreise zu erreichen, müsste sich der Kaufpreis für einen Pkw mehr als verdoppeln.

Elastizitäten für die Pkw-Verkehrsnachfrage hinsichtlich der Kilometerkosten bewegen sich im Bereich von -0,3 (z. B. im Projektionsbericht (BReg 2017)) bis -0,6 (Renewability III). Im Projekt Renewability III wurde berechnet, dass eine Pkw-Maut in Höhe von 4 ct/km auf allen Straßen im Jahr 2030 beispielsweise zur Erhöhung der Fahrtkosten um knapp 50 % führt. Das wiederum hätte eine Reduktion der Verkehrsleistung um 20 % zur Folge. Während sich 4 ct/km aus den durchschnittlichen Infrastrukturkosten ergeben, sollten zur Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung aber auch die Umweltkosten internalisiert werden. Entsprechend kann abgeleitet werden, dass eine Pkw-Maut, um eine nachhaltige Entwicklung zu befördern, durchaus höher liegen sollte und die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen 8–10 Cent nicht unterschreiten sollte (UBA 2015b). Dieser Wert leitet sich ab aus der Internalisierung der Umweltkosten zuzüglich der Kosten für die Infrastruktur (Wegekosten).

92 Hierbei wird die Stärke der systemischen Reaktion auf ein bestimmtes Preissignal ermittelt. Die direkten Elastizitäten treffen eine Aussage über vermiedene oder induzierte Verkehre, Kreuzelastizitäten geben den Verlagerungseffekt auf andere Verkehrsträger an. Eine direkte Preiselastizität von -0,1 bedeutet z. B., dass bei einer Steigerung des Preises von 10 % ein Rückgang der Nachfrage um 1 % entsteht. Elastizitäten werden meist noch in kurz- und langfristige Elastizitäten unterschieden. Meist handelt es sich hierbei um das erste Jahr und 5 oder 10 Jahre nach dem Signal.

Wie eingangs erläutert, ist es für eine nachhaltige Entwicklung und den Rückgang der Pkw-Nachfrage aber neben einer neuen Preisgestaltung wesentlich, gleichzeitig die Alternativen zu schaffen, also die Handlungsfelder aktive Mobilität, Nahraumorientierung, öffentlicher Verkehr und Sharing-Dienstleistungen zu adressieren.

Wesentliche Barriere für die Pkw-Abschaffung auf individueller Ebene bisher ist die Wahrnehmung der Pkw-Abschaffung als Verzicht. Die Pkw-Abschaffung muss stattdessen als Gewinn erlebbar gemacht werden. Ein Zusatznutzen entsteht sowohl durch Wahlmöglichkeiten zwischen vielen verschiedenen, jeweils bestgeeigneten Fahrzeugen in Sharing-Systemen und durch die zusätzliche Nutzendimension durch Veränderung des Stadtbildes.

#### **AKTIVE MOBILITÄT UND NAHRAUMORIENTIERUNG**

Wesentliches Merkmal des Szenarios „Neue Mobilitätskultur“ und damit eine nachhaltige Entwicklung im Mobilitätsbereich ist die hohe Bedeutung von Nahversorgung und Nahmobilität sowie eine breite Flächenumwidmung zugunsten von Aufenthaltsqualität und aktiver Mobilität (zu Fuß und Fahrrad) (zu entsprechenden Nahmobilitätskonzepten vgl. Holzapfel 2016). Der wegebezogene Anteil des Fahrrad- und Fußverkehrs steigt im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ von heute 33 % auf 51 % im Jahr 2030. Um diesen Anstieg zu erreichen, bedarf es einer massiven Förderung des Rad- und Fußverkehrs.

Nahraumorientierung ist einerseits planerisches Leitbild, andererseits auch eine sich verbreitende Einstellung der Bürgerinnen und Bürger. Hierfür muss die aktive Mobilität noch stärker als bisher gefördert und dafür benötigte Infrastrukturen ausgebaut werden. So wird gleichzeitig auch erreicht, dass sich die Lebensqualität in urbanen Räumen deutlich verbessert – durch die Reduktion von Schadstoffen und Lärm, durch mehr körperliche und gesundheitsfördernde Aktivität und belebte öffentliche Räume. Die Interessenvertretung Fußverkehr Schweiz hat zur Bewertung von Nahraum- und Aufenthaltsqualität ein grundlegendes Methodenhandbuch entwickelt (vgl. Fußverkehr Schweiz 2015).

Eine Schlüsselfunktion zur Veränderung der räumlichen Strukturen hat die Stadt- und Siedlungsplanung (vgl. Kutter 2016). Sie verfügt über die wesentlichen und wirksamsten Instrumente zur Durchsetzung

einer Nahraumorientierung mit Priorität auf Förderung der aktiven Mobilität. Gleichzeitig ist aber auch klar, dass planerische Maßnahmen, die auf eine Änderung der Verkehrsinfrastruktur und des bebauten Raumes (Nutzungsmischung) zielen, einen z. T. sehr langen Zeithorizont haben. Das wird daran ersichtlich, dass die Städte bis heute mit den auto-orientierten Planungen der späten 1960er-/1970er-Jahre zu kämpfen haben, also mit einer Wirkungszeit von 45–50 Jahren.

Dazu kommt, dass viele planerische Maßnahmen durch eine Veränderung des Rechts flankiert werden müssen. So sollte das Land im Bündnis mit anderen Bundesländern auf den Bund einwirken, dass die StVO im Sinne einer Umverteilung des Straßenraums zugunsten von Rad- und Fußverkehr geändert wird. Einen wichtigen Schritt ist Baden-Württemberg bereits gegangen: Die Landesbauordnung wurde im Jahr 2015 angepasst und ermöglicht die Substitution von Pkw-Abstellplätzen durch Fahrradabstellplätze (Architektenkammer Baden-Württemberg 2015). Weiterhin sollte der Rad- und Fußverkehr durch Verstetigung, Entschleunigung und Verkehrsberuhigung sowie Begegnungszonen (analog zu den Ländern Schweiz, Österreich, Belgien, Frankreich, Luxemburg) attraktiver gestaltet werden. Auch ist eine Reformierung von BauGB und der Landesbauordnung (LBO) hinsichtlich baulicher Dichte, Nutzungsmischung, Parken sowie Erschließung wesentlich. Eine Stärkung der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Innenentwicklung (Umnutzung, Nachverdichtung, Entkernung, Denkmalschutz), kann dazu führen, dass attraktive Wohn- und Einzelhandelslagen innerorts erhalten werden bzw. entstehen. Hierbei sollte die Landesregierung die Kommunen durch Anschubfinanzierungen, Moderation und Kooperation auf regionaler Ebene sowie einer Erleichterung des Zuganges zu Fördermöglichkeiten unterstützen. Zielführend ist auch eine Änderung der Organisationsstrukturen im Sinne einer integrierten Stadt- und Verkehrsplanung, die es als Konzept seit den 1980er-Jahren gibt.

Schließlich geht es auch um eine Mittelumverteilung sowie neue Finanzierungsinstrumente für den Umweltverbund.

Wesentlich zur Förderung des Rad- und Fußverkehrs ist die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Mittel für Infrastrukturausbau (inklusive Ausrichtung an den Erfordernissen für Elektrofahrräder und Lastenräder, Beleuchtung, Barrierefreiheit), aber auch für

konzeptionelle und kommunikative Ausgaben. Auf kommunaler Ebene ist das Niveau der Radverkehrsförderung je nach Stadt bzw. Kommune sehr unterschiedlich. Die Finanzausstattung der Kommunen, welche im Rahmen der ersten Wirkungskontrolle zur Radverkehrsförderung in Baden-Württemberg analysiert wurde, liegt zum Großteil noch weit unter den im Nationalen Radverkehrsplan des Bundes und der Radstrategie Baden-Württemberg empfohlenen Ansätzen von jährlich etwa 8 bis 20 Euro/Einwohner (Alrutz et al. 2016). Defizite bestehen vor allem bei Fahrradparkplätzen und der Gestaltung von Straßenkreuzungen. Je nach Grad der bereits investierten Mittel, sollten die Investitionen für den Radverkehr entsprechend angehoben werden und durch zusätzliche Investitionen pro Einwohner für den Fußverkehr ergänzt werden. Eine hohe Akzeptanz von entsprechenden Maßnahmen ist in der Bevölkerung nicht unwahrscheinlich. So unterschrieben beispielsweise 2017 innerhalb von drei Wochen mehr als 100.000 Menschen den Berliner Volksentscheid Fahrrad. In der Folge wurden im Berliner Koalitionsvertrag ab 2019 51 Mio. Euro pro Jahr (d. h. rund 14,50 Euro pro Einwohner) für den Radverkehr eingestellt.

Grundsätzlich hat die Förderung des Radverkehrs eine hohe Effizienz. Nutzen-Kosten-Analysen zeigen, dass der volkswirtschaftliche Nutzen von Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs deutlich höher liegt als die Kosten. Nach (Gotschi 2011) liegt der Median des Nutzen-Kosten-Verhältnisses bei 5:1. Im Vergleich zum Pkw sind die gesellschaftlichen Kosten jedes mit dem Pkw gefahrenen Kilometers sechs-Mal so hoch wie die Kosten eines mit dem Fahrrad gefahrenen Kilometers (Gössling; Choi 2015).

Die Mobilitätskosten der Individuen sinken bei verstärkter Fahrradnutzung. Da Ausgaben für Kraftstoffe nur zum Teil im Land verbleiben, kann ein Anstieg des Fahrradverkehrs sogar mit einem positiven Beitrag zur Wertschöpfung verbunden sein, wenn statt für fossile Kraftstoffe Teile des verfügbaren Haushaltseinkommens für Güter oder Dienstleistungen ausgegeben werden, welche im Inland produziert werden. (Doll et al. 2013) ermitteln für die Maßnahme „Modal Split des Rad- und Fußverkehrs“ für das Jahr 2030 eine Zunahme von BIP und Beschäftigung um gut 1% (bei einer Zunahme des Radverkehrs um rund 8% am Modal Split der Wege, gleichzeitiger Zunahme des ÖV um 7% und Rückgang des Pkw-Verkehrs um 15%).

Im Vergleich zu siedlungsstrukturellen Ansätzen und Vorhaben wie z.B. dem Ausbau des öffentlichen Verkehrs, die mit hohem Infrastruktur- und Planungsbedarf einhergehen, lassen sich bei der Förderung des Radverkehrs auch kurzfristig Verlagerungseffekte erzielen.

#### **CAR-, BIKE- UND RIDESHARING**

Car-, Bike- und Ridesharing zählen zu den Angeboten, die dazu beitragen, die Abhängigkeit vom eigenen Auto und in spezifischen Situationen auch vom eigenen Fahrrad zu verringern (Sommer; Mucha 2014). Als Ergänzung zum Umweltverbund können sie dabei helfen, multi- und intermodales Verkehrsverhalten praktikabel zu machen (Sommer et al. 2016). Für die Transformation hin zu einer nachhaltigen Mobilität wird eine Förderung der Sharing-Kultur benötigt, um den Weg hin zum geteilten und dann gemeinsam genutzten Fahrzeug zu ebnen.

In mehreren Studien (u. a. Cervero et al. 2007, Shaheen et al. 2006, Wilke 2002) konnte eine verringerte Pkw-basierte Personenverkehrsleistung bei Carsharing-Nutzern festgestellt werden. Auch kann Carsharing die Abschaffung von Fahrzeugen bzw. den Verzicht auf Neuanschaffungen von Fahrzeugen unterstützen und so zu einem insgesamt reduzierten Fahrzeugbestand beitragen (Sommer et al. 2016). So ersetzt ein Carsharing-Fahrzeug je nach Studie zwischen vier und zehn private Pkw (Loose 2009, Ryden; Morin 2005, Shaheen; Cohen 2007).

Ein wichtiger Meilenstein der Regulation wurde mit dem im März 2017 vom Bundestag verabschiedeten Carsharing-Gesetz (GsgG 2017), das alle Formen des Carsharings adressiert, gesetzt. Anbietern des stationsbasierten wie auch stations-unabhängigen Carsharings sowie Mischformen wird ab September 2017 eine Bevorrechtigung auf deutschen (innerstädtischen) Bundesstraßen zuteil. Länder und Kommunen haben darüber hinaus die Möglichkeit, auf regionaler bzw. lokaler Ebene Carsharing-Anbietern zusätzliche Rechte einzuräumen, aber insbesondere auch durch die Förderung des Informations- und Kooperationsaustauschs zwischen Carsharing-Anbietern und dem Umweltverbund das Sharing-Angebot zu fördern. Priorität hat, dass die mit dem Carsharing-Gesetz entstandenen Möglichkeiten – vom Land unterstützt – in den Kommunen konkretisiert werden.

Neben IKT-gestützten Smartphone-Applikationen unterstützen Marketing-, Vertriebs- und Tarif-Kooperationen die Verknüpfung des Carsharings mit dem lokalen Umweltverbund (Sommer; Mucha 2013). Bei der Stadt- und Verkehrsplanung (in den Nahverkehrs-, Verkehrsentwicklungs- oder auch kommunalen Klimaschutzplänen) sollte daneben insbesondere die infrastrukturelle Integration des Carsharings mitgedacht werden (Sommer; Mucha 2013). Carsharing dient dabei vor allem als Zubringer zum ÖPNV im Rahmen von zentralen intermodalen Mobilitätsstationen an verkehrlichen Knotenpunkten als auch dezentral in Wohnquartieren (Harding 2013, Hoyer et al. 2012, Sommer et al. 2016).

Auch das private Carsharing – z. B. zwischen Nachbarn oder innerhalb von gemeinschaftlichen Wohnprojekten – kann eine praktikable und unkomplizierte Alternative zum eigenen Pkw bieten (Stiewe; Bäumer 2013). Landesregierungen haben hier vor allem im Bereich der Stellplatzverordnung Handlungsspielraum. So kann der in Satzungen und Bauordnungen festgelegte Pkw-Stellplatzschlüssel bei Bereitstellung alternativer Mobilitätsangebote herabgesetzt werden (Stiewe 2015). Ein zusätzlicher Ansatzpunkt für die Landesregierung wäre eine Initiative gegenüber den Kfz-Versicherern. Daneben braucht es einen guten rechtlichen Rahmen, sodass Versicherungen Verkehrsmittel- und nicht zwingend Personen-bezogen abgeschlossen werden können. Dieser reicht im privaten Carsharing von einer einfachen Erlaubnis für Drittfahrer durch den Pkw-Halter, über den Abschluss einer temporären Versicherung durch das Einstellen des Autos auf einer Peer-to-peer-Plattform bis hin zu einer gemeinsamen Carsharing-Versicherung für Vereine und deren Mitglieder (z. B. über bcs) (WohnMobil factsheet CS).

Wichtig beim Thema Sharing ist daneben auch die Berücksichtigung der noch sehr unterentwickelten Situation außerhalb von Großstädten. Durch günstigere Rahmenbedingungen (Einwohnerstruktur, Wohnungsdichte, Infrastruktur u. ä.) in Großstädten lassen sich der hohe Investitionsbedarf und die Wirtschaftlichkeit für Carsharing-Anbieter vor allem dort rechtfertigen (bcs 2015). Im ländlichen Raum ist Carsharing dagegen bisher kein profitables Geschäftsmodell. Carsharing-Angebote sollten dahingehend zudem sowohl in urbanen Randgebieten als auch in kleinen und mittleren Städten zur Verfügung gestellt werden (vgl. Klinger et al. 2016).

Das Ridesharing, also verschiedene Formen des Mit- und Zusammenfahrens, ist insgesamt noch wenig entwickelt. Zum Teil werden Onlineplattformen zur Organisation von Mitfahrten angeboten (z. B. BlaBlaCar); diese berücksichtigen dabei jedoch meist längere Fahrten zwischen Städten und seltener innerstädtische Alltagsfahrten. Diesen stehen in Deutschland zudem personenbeförderungsrechtliche Einschränkungen im Wege, wie die aktuellen Diskussionen um Uber zeigten (Schröder 2015). Ordnungsmögliche Handlungsmöglichkeiten sind weiterhin beschränkt und zudem fehlt bislang eine institutionelle Verankerung. Um hier einen Schritt weiter zu kommen, sollte das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) überarbeitet werden.

#### **ÖFFENTLICHER VERKEHR**

Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ wird Mobilität langfristig durch ein attraktives, öffentliches Verkehrssystem sichergestellt – mit einem deutlich gestärkten Schienenverkehr sowie im Straßenverkehr mit unterschiedlichsten Fahrzeuggrößen (Ridesharing). Entsprechend ist die Grundvoraussetzung für eine Transformation des Mobilitätssystems hin zu einer nachhaltigen Mobilität auch ein breites Maßnahmenbündel zur Förderung des öffentlichen Verkehrs. Mit den derzeit verabschiedeten Maßnahmen wird dies bei Weitem nicht erreicht werden können. Der öffentliche Verkehr muss deutlich verbessert und die technologischen Möglichkeiten frühzeitig für ein attraktiveres Angebot genutzt werden (z. B. intermodale Echtzeitinformationen, Augmented Reality, WLAN).

Baden-Württemberg kann beim öffentlichen Verkehr ein stetiges Wachstum vermelden. In Stuttgart stößt er zu Spitzenzeiten an Kapazitätsgrenzen. Nichtsdestotrotz hat das Land das ehrgeizige Ziel, die Personenkilometer im öffentlichen Verkehr gegenüber dem Jahr 2004 um 100 % bis zum Jahr 2030 zu steigern. Wichtige neue Angebote wie Bürgerbusse werden im Land erprobt und gefördert.

Zentral ist, dass für die Förderung des ÖV zusätzliche finanzielle Mittel der Landesregierung mit einer Bindung an Erfolgskriterien zur Verfügung gestellt werden. Diese sollten Pünktlichkeit, Modernität, Sauberkeit der Fahrzeuge und Fahrer/innen-Schulung enthalten und stetig kontrolliert werden. Ein Landesverkehrsfinanzierungsgesetz gibt es bereits, eine Reform der ÖPNV-Finanzierung ist im IEKK vorgesehen.

Auch gibt es in anderen Ländern erste Beispiele dafür, dass umlagefinanzierte Solidarangebote, bei denen finanzielle Beiträge aller Bürger/innen (auch der Nicht-Nutzer/innen) zu einer attraktiven Preisgestaltung führen. Auch eine günstige und zugleich werbewirksame Preisgestaltung wie z. B. in Wien (365,- Euro im Jahr, d. h. 1 Euro pro Tag) ist eine mögliche Option zur Finanzierung eines attraktiven ÖV (vgl. Wiener Linien 2017).

Bessere Taktanbindung zwischen verschiedenen Verkehrsanbietern (insbesondere S-Bahn- und örtlichen Nahverkehrsanbietern) sowie eine über Verbünde und Länder hinausgehende Kooperation der Verkehrsverbünde bei Tarifen sollte das Land über die Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg weiter fördern.

Auch wenn Baden-Württemberg hier schon weiter ist als mancher ÖV außerhalb des Landes, spricht vieles dafür, eine noch positivere öffentliche Wahrnehmung des öffentlichen Verkehrs zu erzeugen. Dazu ist ein „Reframing“ des ÖV hinsichtlich Image, Kundenwünschen, zielgruppenspezifischen Bedürfnissen (überall WLAN in Fahrzeugen), Standardisierung des Zugangs, übergreifendes Branding notwendig.

Ganz wesentlich ist die Umsetzung „Zielkonzept 2025 für den SPNV in BW“, welches durch ein Ausbaukonzept für die Infrastruktur (z. B. Elektrifizierung, Streckenertüchtigung, Reaktivierung stillgelegter Strecken) sowie durch leistungsstark vertaktete regionale Buslinien in Räumen, die nicht durch den Schienenverkehr erschlossen sind, ergänzt werden sollte (MVI 2014). In Räumen und zu Zeiten schwacher Nachfrage bieten sich zusätzlich der Einsatz alternativer Betriebsformen wie Rufbussysteme oder Bürgerbusse an.

#### **MOBILITÄT UND ERREICHBARKEIT IN LÄNDLICHEN RÄUMEN**

Es ist eine besondere Herausforderung, auch in weniger und nicht verdichteten Räumen die Mobilität wenigstens teilweise von privat gefahrenen Pkw zu entkoppeln (vgl. Conrad 2016). Dabei spielen drei Maßnahmen-Arten eine entscheidende Rolle: die Flexibilisierung des ÖV, eine bessere Vernetzung bestehender Angebote und der Ausbau der Angebote.

In dem Szenario „Neue Mobilitätskultur“ wird in Regionen mit geringer Bevölkerungsdichte die primäre Orientierung des ÖV auf Schüler aufgegeben, der „Jedermannverkehr“ sowie insbesondere der Freizeit- und Tourismusverkehr werden mit differenzierten Angeboten erfolgreich bedient. Langfristig ermögli-

chen autonome Fahrzeuge ein komfortables Mitfahr-system, das den Bedarf eines eigenen Pkw reduziert und eine hohe Flexibilität garantiert.

Analog zu urbanen Mobilitätsstationen braucht es im ländlichen Raum inter-/multimodale Angebote an wichtigen ÖV-Haltestellen, um den Einzugsbereich zu erhöhen (Anbindung an Radwegenetz, komfortable Umsteigepunkte mit Fahrradboxen und Lademöglichkeiten für E-Räder) (vgl. Deffner et al. 2017). Dies könnte durch ein Landesförderprogramm im Rahmen der Radstrategie oder des 3-Löwen-Takts für 100 Mobilitätsstationen auf dem Land unterstützt werden. Bessere informationstechnische Vernetzung von öffentlichen und privatwirtschaftlichen Angeboten (z. B. privaten Fahrdiensten etc.) und Verzahnung mit bürgerschaftlichen Angeboten wie Bürgerbussen, Mitnahmemöglichkeiten (Bsp.: Bürgerbusberatung, vgl. Rheinland-Pfalz) sind ebenfalls notwendig. Bei der Flexibilisierung ist vor allem an jetzt schon mögliche, öffentlich und privat organisierte Ridesharing-Angebote zu denken, in Zukunft können hier zudem autonome Fahrzeuge hohe Potenziale haben.

Zur Verkehrsvermeidung sind zwingend die Förderung kommunaler Konzepte zur Zusammenlegung von Wohnen und Arbeiten sowie zu Erhalt und Ausbau nähräumlicher Versorgung in suburbanen und ländlichen Räumen nötig, also die Förderung mobiler oder stationärer auch multifunktionaler (also Einkäufe, Begegnung, Betreuung etc.) Versorgungskonzepte, auch bürgerschaftlich organisiert – vgl. etwa das Konzept „Markttreff“ in Schleswig-Holstein (Kopatz 2016).

### **INFRASTRUKTURPLANUNG**

Verkehrsinfrastrukturen sind essentiell, um Verkehre abwickeln zu können. Daher beeinflussen Qualität und Quantität der Infrastrukturen auch maßgeblich die Attraktivität der Verkehrsträger. Die Verbesserung der Infrastruktur kann demnach auch zusätzliche Verkehre induzieren. Die Langlebigkeit der Infrastrukturen bringt neben den langfristigen Wirkungen auf Angebot und Nachfrage bei den einzelnen Verkehrsträgern auch eine Festlegung zukünftiger finanzieller Mittel mit sich, da Neu- und Ausbau der Infrastrukturen, aber auch der Erhalt kostenintensiv sind. Daher ist die Infrastrukturplanung ein wesentliches Instrument, um zukünftige Verkehre zu beeinflussen oder zu ermöglichen. Die ambitionierten Ziele der Bundesregierung erfordern daher eine frühzeitige Planung. Der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) ist das zentrale

Instrument für die langfristige, übergeordnete Verkehrsplanung und Investitionen in Neu- und Ausbau, aber auch Erhalt in Deutschland. Der aktuelle BVWP sieht Investitionen von rund 270 Mrd. Euro bis 2030 vor. Der BVWP ergibt laut Umweltprüfung jährliche Emissionsminderungen von 0,5 Mio. t. Ein Alternativszenario mit einem deutlich höheren Investitionsanteil in Schienen- und Wasserstraßeninfrastrukturen errechnet doppelt so hohe Emissionsminderungen (ifeu 2017).

Um den Herausforderungen des Klimaschutzes mit der Infrastrukturplanung gerecht zu werden, bedarf es einer dringlichen Umstrukturierung des Prozesses. Ein integrierter Bundesmobilitätsplan, welcher alle Verkehrsträger und verschiedene parallel laufende Infrastrukturplanungen zusammenführt, ist wesentlich. Dabei sollten Erhalt und Modernisierung, der vorrangige Ausbau der Schienennetzkapazitäten und ein weitestgehender Verzicht auf Kapazitätsausbau im übergeordneten Straßennetz im Vordergrund stehen (ifeu 2017).

## **7.3. TECHNOLOGIEN**

Die Nachhaltigkeitsstrategien Effizienz und Konsistenz können über den Einsatz entsprechender Technologien adressiert werden. Im Verkehrsbereich betrifft dies vor allem die Fahrzeugtechnologien, die eingesetzten Energieträger sowie die immer stärker in die öffentliche Debatte kommenden Themen Automatisierung und Digitalisierung.

### **ANTRIEBSTECHNOLOGIEN**

Die Effizienzsteigerung der Fahrzeuge ist eine wesentliche Strategie, die verfolgt werden muss, um die Ziele hinsichtlich Klimaschutz und Energiebedarf zu erreichen (siehe u. a. BMUB 2016b, Renewbility III, UBA 2017a). Diese kann man in zwei strukturelle Entwicklungspfade unterteilen: die Effizienzsteigerung der konventionellen Fahrzeuge und den Einsatz effizienterer, alternativer Antriebe (v. a. Elektromobilität). Hinzu kommt, dass durch die Nachfrage nach immer größeren und schweren Fahrzeugen die Effizienzgewinne z. T. konterkariert werden.

Mit den EU-Verordnungen zur Festsetzung für CO<sub>2</sub>-Emissionsnormen neu zugelassener Pkw und leichter Nutzfahrzeuge besteht bereits ein Instrument, um entsprechende Potenziale zu heben. Diese müssen am-

bitioniert weiterverfolgt werden. Gleichzeitig muss aber auch sichergestellt werden, dass die im Typprüfzyklus ermittelten und über Regulierungen limitierten CO<sub>2</sub>-Emissionen den tatsächlichen Emissionen im realen Betrieb entsprechen. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass zusätzliche Nachprüfungen unter Realbedingungen während der Nutzungsphase (Real Driving Emission (RDE)-Tests) verbunden mit entsprechenden Sanktionen bei Abweichungen notwendig sind, um die von der EU angestrebten Emissionsminderungen bei den Fahrzeugen tatsächlich zu erreichen (ICCT 2016).

Einigkeit besteht darin, dass der energieeffizienteste Antrieb der Elektromotor ist, der damit eine Schlüsseltechnologie darstellt. Der elektrische Fahrleistungsanteil der Pkw liegt in den Szenarien bei 15–20 % im Jahr 2030 und rd. 90 % im Jahr 2050. Der Marktanteil von elektrisch angetriebenen Straßenfahrzeugen bleibt bisher in Deutschland – und auch in anderen wichtigen Automobilmärkten – gegenüber den ursprünglich formulierten Zielvorgaben deutlich zurück. Wesentliche Gründe dafür sind der noch hohe Preis, die pro Batterieladung noch beschränkte Reichweite und die geringe Zahl der Ladestationen. Elektromobilität stellt im Verkehrssektor eine Innovation dar, die deutliche Veränderungen sowohl in der Herstellung (Angebot), bei den Fahrzeugkunden (Nachfrage) als auch bei der Gestaltung von politischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen erforderlich macht. Diese Veränderungen fallen bei rein batterieelektrischen Antrieben stärker ins Gewicht als bei den Plug-in-Fahrzeugen.

Derzeit ist der CO<sub>2</sub>-Emissionsstandard für die Hersteller das wesentliche Instrument, welches die Einführung von elektrisch betriebenen Pkw befördern könnte. Unterstützt wird dies auf Nutzerseite durch die niedrigen Energiekosten pro Kilometer im Vergleich zu den konventionellen Kraftstoffen und die Kfz-Steuerbefreiung. Hinzu kommt das Elektromobilitätsgesetz, das Kommunen ermächtigt, weitere Privilegien auf der lokalen Ebene zu gewähren (kostenfreies Parken, Aufhebung von Zufahrtsverboten, Nutzung von Busspuren) sowie die Kaufprämie.

Angesichts der derzeitigen Nachfrageentwicklung nach Elektrofahrzeugen bedarf es aber zügig zusätzlicher Instrumente bzw. eine Weiterentwicklung bestehender Instrumente, um rechtzeitig – d. h. deutlich vor 2030 – den Markthochlauf anzustoßen und den für

ambitionierte Klimaschutzziele notwendigen elektrischen Fahrleistungsanteil von mindestens 90 % in 2050 zu erreichen.

In der Regel setzen die Maßnahmen, die auf Fahrzeuge und Kraftstoffe abzielen, auf Bundes- oder EU-Ebene an. Hier kann sich die Landesregierung für entsprechende Änderungen einsetzen. Die Ergebnisse der Szenarien haben gezeigt, dass zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor eine deutliche Erhöhung des elektrischen Fahrleistungsanteils notwendig ist. Dies kann folgendermaßen unterstützt werden:

- ▶ Regulatorische Instrumente: Ambitionierte Fortschreibung der Fahrzeugeffizienzstandards (Pkw auf 35–45 g CO<sub>2</sub>/km real in 2030), verbindliche Quote für elektrische Fahrzeuge (50 % in 2030, 100 % 2035), RDE-Tests zur Begrenzung der maximalen Abweichung zwischen Realverbrauch und Testzyklus auf 15 %, blaue Plakette und temporäres Einfahrverbot für Fahrzeuge ohne blaue Plakette in Umweltzonen bei hoher Schadstoffbelastung
- ▶ Ökonomische Anreize: stärkere steuerliche Belastung fossiler Kraftstoffe
- ▶ Infrastrukturelle Rahmenbedingungen: Kritische Prüfung des bisherigen Ladeinfrastrukturaufbaus anhand der Prüfkriterien Wirtschaftlichkeit, Auslastung und Beitrag zur Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und ggf. öffentliche Förderung des Ladeinfrastrukturausbaus anhand dieser Kriterien

#### ERNEUERBARE ENERGIEN IM VERKEHR

Ganz wesentlich ist, dass mit Strom betriebene Fahrzeuge nur dann zu 100 % zum Klimaschutz beitragen, wenn sie mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Der in den Szenarien hinterlegte, hohe Anteil an Elektrofahrzeugen hat zur Folge, dass der Strombedarf des Verkehrssektors deutlich ansteigt. Dieser Anstieg ist in den Ausbauszenarien der erneuerbaren Energien in diesem Maße noch nicht berücksichtigt. Um den Klimavorteil der Elektrofahrzeuge langfristig sicherstellen zu können, müssen entsprechende Nachfragen aus dem Verkehrssektor bei der Ausbau-Planung berücksichtigt werden. Die Bundesregierung muss die Ausschreibungsmengen im EEG frühzeitig an den Strombedarf der Elektromobilität anpassen, um somit die Zielerreichung eines ambitionierten relativen EE-Ausbausziels zu ermöglichen (Öko-Institut 2017).

Die derzeit überwiegend verwendeten Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse („1. Generation“) stehen in den letzten Jahren zu Recht verstärkt in der Kritik. Wesentlicher Kritikpunkt an Biokraftstoffen ist die Konkurrenz mit dem Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln um begrenzt verfügbare Flächen und die aus diesem Zusammenhang resultierenden indirekten Landnutzungsänderungen. Berücksichtigt man indirekte Landnutzungsänderungen (iLUC), so kann die Treibhausgasemissionsbilanz einzelner Kraftstoffe schlechter ausfallen als die der fossilen Referenz. Als Alternative zu Biokraftstoffen der 1. Generation werden zunehmend Biokraftstoffe aus Abfall- und Reststoffen genannt. Ihr Potenzial ist jedoch begrenzt, sie werden bereits häufig auf etablierten Verwertungswegen genutzt und es bestehen weitere Nutzungskonkurrenzen zu anderen Sektoren (BMUB 2015a). Insgesamt sollte daher ein langsamer, kontrollierter Ausstieg aus der Nutzung landbasierter Biokraftstoffe im Verkehr angestrebt werden. Es ist ferner zu vermeiden, dass landbasierte Biokraftstoffe mit ungünstiger CO<sub>2</sub>-Bilanz in den Luftverkehr „umgelenkt“ werden, wo es keine Regulierung der Vorkettenemissionen gibt.

Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger bieten die Möglichkeit, über Elektrolyse Strom indirekt als Wasserstoff oder in Form von Kohlenwasserstoffen für den Verkehrssektor nutzbar zu machen. Wenn dieser Strom erneuerbar bereitgestellt wird, stehen damit CO<sub>2</sub>-freie Kraftstoffe zur Verfügung. Durch die notwendigen Umwandlungsschritte stehen je nach Prozesspfad noch 40 bis 60 % der ursprünglichen Energiemenge als Flüssigkraftstoff (PtL) zur Verfügung. Da der Elektromotor je nach Anwendungsfall auch noch etwa um den Faktor 2,5 effizienter ist als der Verbrennungsmotor, wird daher für die Kombination „Verbrennungsmotor + PtL“ je nach Wirkungsgrad sechs bis zehn Mal so viel Strom benötigt wie für die direkte Stromnutzung im Elektromotor (UBA 2016b). Der zusätzliche Strombedarf durch den Einsatz strombasierter Kraftstoffe ist damit erheblich und liegt auch in dem vergleichsweise energieeffizienten Szenario „Neue Mobilitätskultur“ bei rund 48 TWh. In Hacker et al. (2014) wird gezeigt, dass bei einer vollständigen Dekarbonisierung des Verkehrs über PtX-Kraftstoffe selbst in den Jahren nach 2030 und in 2050 nur ein kleiner Anteil der für den Verkehr benötigten Strommenge über ansonsten ungenutzten, sogenannten „Überschussstrom“ aus erneuerbaren Energien in Deutschland bereitgestellt werden kann. Für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen in relevan-

ten Mengen müssen daher zusätzliche EE-Erzeugungskapazitäten aufgebaut werden. Da die Mengen voraussichtlich die in Baden-Württemberg (und Deutschland) darstellbaren Potenziale für den Ausbau von erneuerbaren Energien überschreiten werden<sup>93</sup> und entsprechend auf Importe aus Drittländern zurückgegriffen werden muss, sind international gültige Nachhaltigkeitsstandards für strombasierte Kraftstoffe zwingend. Denn alleine dass diese auf der Basis von EE-Strom erzeugt werden, garantiert noch nicht ihre Nachhaltigkeit z. B. hinsichtlich des Bezugs von Wasser für die Elektrolyse.

#### DIGITALISIERUNG UND AUTOMATISIERUNG

Noch gibt es viele offene Fragen hinsichtlich der Auswirkungen der Digitalisierung und Automatisierung im Verkehrssystem auf das Mobilitätsverhalten, das Mobilitätsumfeld und die Auswirkungen auf Städte und Umwelt. Welche Wirkungen werden autonom fahrende Fahrzeuge haben und wie können die Rahmenbedingungen so gesetzt werden, dass autonome Fahrzeuge einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg leisten und durch Attraktivitätssteigerung und Leerfahrten nicht zu mehr Verkehr führen? – das sind die Fragen, die derzeit im Raum stehen. Aufgrund der noch nicht etablierten Technologie voll autonomer Fahrzeuge existieren derzeit nur hypothetische Wirkungsüberlegungen und es gibt viele (Forschungs-)Fragen, die in den nächsten Jahren und Jahrzehnten beantwortet werden müssen (vgl. Agora Verkehrswende 2017).

Grundsätzlich gilt es jedoch, den Megatrend der Digitalisierung mitzudenken und soweit möglich für umweltpolitische Ziele zu nutzen und in diesem Sinne mitzugestalten. Es könnten sich Umweltentlastungs- und Unfallvermeidungs-Potenziale bieten, etwa durch Erleichterung von Ridesharing oder durch automatische Anpassung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen an zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Verkehrsfluss und Ampelphasen (ebd.). Beispielsweise braucht es entsprechende Rahmenbedingungen und die rechtliche Voraussetzung auch im ÖPNV autonome Fahrzeuge im Straßenverkehr einzusetzen.

<sup>93</sup> Bei 3 MW-Windkraftanlagen und 1.500 Vollbenutzungsstunden würden 48 TWh immerhin rund 10.000 Anlagen zur Erzeugung benötigen.

## 7.4. GÜTER- & LUFTVERKEHR

Schwerpunkt der Studie war der nationale Personenverkehr. Güterverkehre sowie internationale Luftverkehre weisen jedoch die höchsten Wachstumsraten auf. Ein nachhaltiges Mobilitätssystem kann also nicht diskutiert werden, ohne auf diese beiden Subsektoren einzugehen. Daher werden im Folgenden kurz auch wesentliche Handlungsnotwendigkeiten für den Güter- und Luftverkehr aufgezeigt.

### VERLAGERUNG GÜTERVERKEHR AUF DIE SCHIENE

Das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ zeigt, dass es für eine nachhaltige Entwicklung eine deutliche Verlagerung von Verkehren auf die Schiene braucht – bei gleichzeitig fortschreitender Elektrifizierung auch im Schienengüterverkehr. Der Anteil des Schienenverkehrs am Modal Split nimmt zu. Ziel der Landesregierung ist es, den Anteil von Schiene und Binnenschiff am Güterverkehrsaufwand bis 2030 um 10 % zu erhöhen. Trotzdem braucht es eine klare Bahnpolitik, bei der die Zielsetzung „Verlagerung auf die Schiene“ im Mittelpunkt steht.

Um entsprechende Anteile zu erreichen, muss umgehend hinsichtlich der Ausschöpfung bestehender Kapazitätspotenziale, der Optimierung der Netzbewirtschaftung, dem gezielten Aus-/Neubau von Strecken zur Beseitigung von Engpässen und der Schaffung von Überholmöglichkeiten deutlich in die Schieneninfrastruktur investiert werden. Infrastrukturelle Ertüchtigung auf zeitnah 740 m Zuglänge (und dann zeitig 1.500 m), Unterstützung bei der ETCS-Ausrüstung sowie Unterstützung bei der Automatisierung des Fahrens und Rangierens sind Forderungen der deutschen Bahn. Zusätzlich müssen Umschlagsanlagen, innovative Umschlagssysteme und der kombinierte Verkehr gefördert werden.

Um aber nicht nur zukünftiges Verkehrswachstum auf die Schiene zu lenken, sondern eine Verlagerungswirkung zu erzielen, ist zusätzlich eine deutliche Attraktivitätssteigerung des Schienenverkehrs im Vergleich zur Straße notwendig, auch hinsichtlich des Kostenverhältnisses. Dafür ist eine Erhöhung der Transportkosten für Langstrecken auf der Straße wesentlich. Eine Weiterentwicklung der Lkw-Maut für alle Größenklassen und auf allen Straßen sowie der Einbezug externer Kosten kann dies ermöglichen. Derzeit sind nur schwere Nutzfahrzeuge über 7,5 t zGG auf Autobahnen und ausgewählten 1.100 km Bundesstraßen

mautpflichtig. Die Maut ist in zwei Bestandteile zerlegt. Die Infrastrukturabgabe, welche den Bau- und Erhaltungsaufwand der betroffenen Straßen kompensiert, und internalisierte externe Kosten. Die Infrastrukturabgabe beträgt derzeit im Mittel rund 14 ct/fz.-km (Alfen Consult 2014) und betrifft rund die Hälfte der Fahrleistung. Die externen Kosten betreffen aktuell nur die Luftschadstoffe, welche über die Schadstoffklassen (Euro 0 bis VI) abgebildet sind. Ein Euro-V-Fahrzeug hat zusätzliche Kilometerkosten von 2,1 Cent je Fahrzeugkilometer, ein Euro-VI-Fahrzeug hat keine zusätzlichen Kosten (Toll Collect 2017). Das UBA berechnet dagegen bei Betrachtung aller externer Kosten Kostensätze für schwere Nutzfahrzeuge (3,5 t bis 40 t zGG) von durchschnittlich 25,1 Cent pro Fahrzeugkilometer (UBA 2014).

Eine aktuelle Studie für das UBA berücksichtigt die Lkw-Maut mit 6–9 ct/km, int. externer Kosten inkl. CO<sub>2</sub>, zusätzlich einen Anstieg der Kraftstoffpreise wie in der Verkehrsprognose 2030, eine Erhöhung der Trassenpreise um 10 %, eine Erhöhung der LuFV von 2,75 Mrd./a auf 4 Mrd./a, höhere Investitionszuschüsse für den kombinierten Verkehr (KV) und Gleisanschlüsse, eine Erhöhung der Schienenkapazität um 60–70 % sowie eine Verdopplung der KV-Kapazitäten. Im Ergebnis steigt der nationale Modal-Split-Anteil auf 23 % in 2030, statt auf 18 % in der Referenzentwicklung (UBA 2016a). In Renewbility III wird die Wirkung von 740-m-Zügen, einer Beschleunigung des Schienengüterverkehrs sowie einer leichten Erhöhung der Kraftstoffkosten modelliert. In 2030 steigt der Anteil der Schiene durch diese Maßnahmen auf 20 % (Renewbility III). In einer Studie für das BMVI werden zusätzlich zu diesen infrastrukturellen Maßnahmen Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit adressiert sowie das Bruttozuggewicht auf 2.000 t erhöht. Der Anteil Schiene wird mit 27 % modelliert (BMVI 2016).

Zu berücksichtigen ist bei einem Förderpaket für die Schiene, dass die Gigaliner-Erlaubnis v. a. bei einer Anhebung des maximal zulässigen Gesamtgewichtes kontraproduktiv wäre, da dadurch die Transportkosten auf der Straße weiter sinken würden.

### REDUKTION GÜTERVERKEHRS-AUFWAND

Der Güterverkehrsaufwand wird, wenn keine entsprechenden Maßnahmen umgesetzt werden, weiter stark ansteigen. Das nachhaltige Szenario „Neue Mobilitätskultur“ basiert dagegen auf einer Trendumkehr.

Durch eine Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe kann die Transportleistung reduziert werden. Hierfür sind jedoch neben einer informatorischen Förderung (Zertifizierung der Umweltauswirkungen der Transporte bzw. der produktspezifischen Logistikprozesse) ein deutlicher Anstieg der Transportkosten bzw. finanzielle Anreize für regionale Produktions- und Versorgungsprozesse notwendig. Innerstädtisch, und hier insbesondere für die „letzte Meile“, bietet sich die Verlagerung weg von motorisierten Fahrzeugen hin zu Lastenfahrrädern als nachhaltige Alternative an (siehe z. B. DLR 2016).

Der Güterverkehr kann zudem durch das Angebot langlebigerer Produkte und durch suffizientere Konsumweisen reduziert werden – also ein überlegteres Einkaufsverhalten (Brauche ich das Produkt wirklich? Nutze ich es mehr als einmal?), die längere Nutzung statt schnelle Ersetzung funktionstüchtiger Geräte (und Kleidung), und das Leihen bzw. gemeinschaftliche Nutzen statt Besitzen (vgl. u.a. Fischer und Griefhammer 2013). Fördernde Maßnahmen – außerhalb der Verkehrspolitik – können etwa auf Aspekte von Haltbarkeit und Reparierbarkeit ausgeweitete Produktstandards innerhalb der europäischen Ökodesign-Richtlinie sein. Als Anreiz für langlebige Produkte kann auch das Gewährleistungsrecht angepasst werden, sodass es nicht nur den Kaufzustand, sondern auch frühzeitigen Verschleiß adressiert und die Beweislastfrist des Herstellers verlängert. Auf subnationaler Ebene können Kommunen Verleih- und Reparaturdienstleistern günstig Flächen/Räume in öffentlicher Hand zur Verfügung stellen und sie in Stadtbroschüren bewerben. Die ökonomischen Rahmenbedingungen solcher Dienstleister könnten zudem national über eine reduzierte Mehrwertsteuer oder eine adäquate Ressourceninputbesteuerung verbessert werden (Heyen et al. 2013; Kopatz 2016).

#### **REDUKTION LUFTVERKEHRSaufKOMMEN**

Die besonders starke Klimarelevanz pro Kopf und Reise, kombiniert mit starken Wachstumsraten, machen den Luftverkehr zu einem wesentlichen Handlungsfeld im Verkehrssektor. Hinzu kommt, dass neben CO<sub>2</sub> auch andere Emissionen wie Stickoxide, Wasserdampf, Schwefeloxide und Ruß, sowie die Bildung von Kondensstreifen und Zirren in hohen Luftschichten zur Klimawirkung des Luftverkehrs beitragen und entsprechend berücksichtigt werden müssten. Das bedeutet, dass die tatsächliche Klimawirkung des Luftverkehrs 1,2- bis 1,7-mal höher ist, als wenn nur die

Klimawirkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet werden würde. Auch wenn CO<sub>2</sub>-freie Kraftstoffe eingesetzt werden, bleibt dieser Klimaeffekt bestehen. Das wichtigste Ziel im Luftverkehr sollte daher sein, den Flugverkehr insgesamt zu reduzieren und dessen Endenergiebedarf möglichst gering zu halten.

Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ liegt der Luftverkehrsaufwand im Personenverkehr etwas niedriger als heute. Um dies zu erreichen, ist also eine deutliche Trendwende notwendig – z. B. indem Dienstreisen stärker virtuell als physisch durchgeführt werden und indem man bei privaten Urlaubsreisen wieder stärker auf Naherholung setzt und bei Flugreisen länger am Ort verweilt, anstatt pro Jahr mehrere Flugreisen zu unterschiedlichen Zielen zu unternehmen.

Schlussendlich kann so eine Trendwende jedoch nur mit höheren Preisen für den Nutzer (und entsprechender Bereitstellung von Alternativen) erreicht werden. Derzeit wird der Luftverkehr hoch subventioniert, z. B. durch die ausgesetzte Kerosin- und Mehrwertsteuer. Hier sind die Handlungsoptionen für Baden-Württemberg begrenzt, da die relevanten Maßnahmen sehr stark von internationalen Verhandlungen abhängen. Stärker sind die Einflussmöglichkeiten auf Landesebene beim Abbau der Subventionen für Regionalflughäfen und (einer Ausweitung) des Nachtflugverbots. Die Landesregierung hat darüber hinaus die Option, sich klar und deutlich auf Bundesebene für entsprechende Maßnahmen auszusprechen. Ganz wesentlich sind dabei folgende Aspekte:

- ▶ Beibehaltung und Weiterentwicklung der Luftverkehrssteuer mit steigenden Steuertarifen (Dynamisierung mit 2 % p. a. zum Inflationsausgleich) und Abschaffung der Deckelung der Einnahmen aus Luftverkehrssteuer und EU-Emissionshandel
- ▶ Internalisierung der externen Kosten (inkl. nicht CO<sub>2</sub>-verursachter Effekte) des Luftverkehrs auf internationaler Ebene
- ▶ Landegebühren anheben

Auch der Einsatz von strombasierten Kraftstoffen könnte zukünftig zu höheren Preisen im Luftverkehr führen, wenn die höheren Kraftstoffkosten auf den Nutzer umgelegt werden – dies allein wird jedoch (wie das Szenario NIM zeigt) nicht ausreichen, um die aus klimapolitischer Sicht notwendige Reduktion des Luftverkehrs zu erreichen.

## 7.5. MOBILITÄTSWIRTSCHAFT

Die Automobilindustrie, die gesamte Mobilitätswirtschaft wie auch die gesamte baden-württembergische Wirtschaft unterliegen einem anhaltenden Strukturwandel, der von drei Entwicklungen geprägt ist:

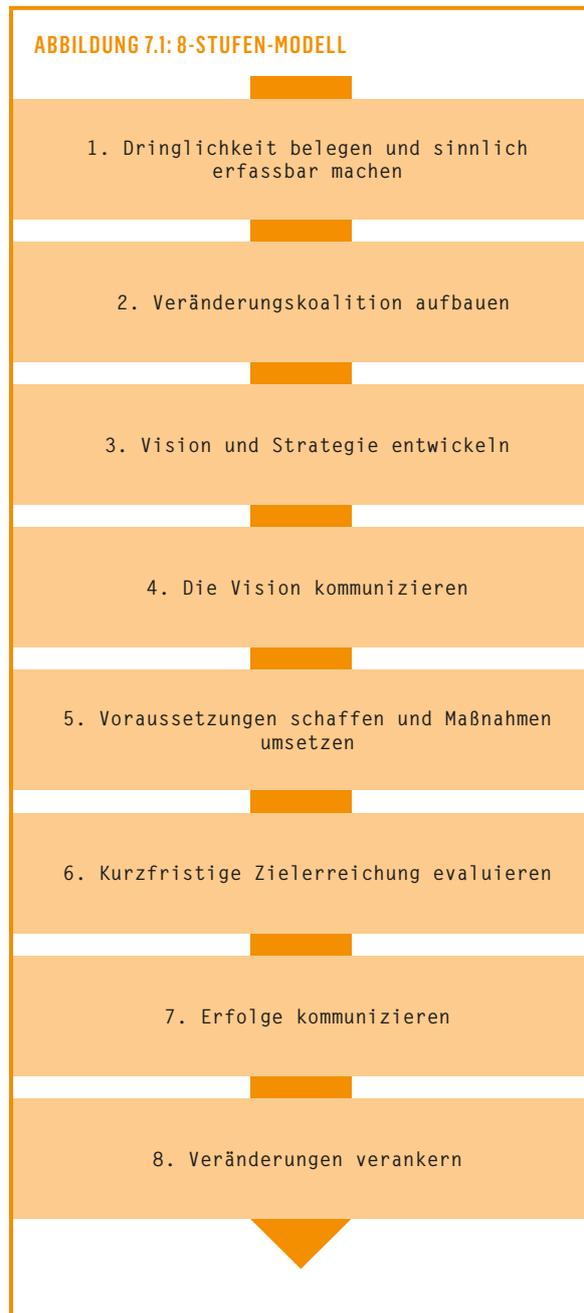
- ▶ technologischer Wandel der Produktion und Unternehmensprozesse (Schlagworte Digitalisierung und Industrie 4.0)
- ▶ technologischer Wandel der Produkte, in Verbindung mit neuen Mobilitätskonzepten (Elektrifizierung, Automatisierung, Vernetzung und Sharing)
- ▶ Anpassung europäischer bzw. weltweiter Produktionsnetzwerke und Veränderungen an deutschen Unternehmensstandorten

Aufgrund der vielfältigen politischen Abhängigkeiten der Mobilitätswirtschaft ist die Transformation eine industriepolitische und wirtschaftspolitische Herausforderung für Baden-Württemberg. Im Laufe dieser Transformation entstehen neue Wertschöpfungschancen, während andere wegfallen. Hieraus ergibt sich die Frage, mit welchen Maßnahmen die Beschäftigung weiterhin auf einem hohen Niveau gehalten werden kann. Die technologischen Entwicklungen stellen vor allem in der Automobilindustrie die bisherigen Produktions- und Entwicklungsnetzwerke in Frage. So bedeutet beispielsweise eine möglichst vollständige Elektrifizierung des Antriebsstrangs einen grundlegenden Umbruch für die Automobilindustrie.

Um einen Strukturbruch zu vermeiden, empfiehlt sich zwar eine gewisse Abfederung und zeitliche Streckung des Transformationsprozesses. Jedoch gilt gerade dann sowie für die Planungssicherheit von Unternehmen und Beschäftigten, insbesondere in Branchen mit langen Investitionszyklen, den Strukturwandel *frühzeitig* einzuleiten (Heyen 2016). Daher ist zeitnah ein industriepolitischer Transformationsprozess in Baden-Württemberg zu initiieren und zu gestalten.

Im unternehmerischen Kontext gibt es bewährte Methoden zur Implementierung und Steuerung von Veränderungsprozessen. Etabliert haben sich insbesondere das 3-Stufen-Modell von Lewin (Lewin 1947) und das darauf aufbauende 8-Stufen-Modell von Kotter (Kotter 1996). In Abbildung 7.1 ist eine abgewandelte und für das Betrachtungsfeld spezifizierte Variante

des 8-Stufen-Modells dargestellt. Diese Konzeption wird im Folgenden zugrunde gelegt, um die darin enthaltenen abstrakten Handlungsempfehlungen kontextspezifisch zu konkretisieren. Die genannten Phasen sind als Phasen einer industriepolitischen Dialoggestaltung zu verstehen. Auch aus der Transformationsforschung wird aus gesellschaftlicher Sicht ein ähnliches Vorgehen wie im 8-Stufen-Modell empfohlen.



Quelle: Fraunhofer IAÖ

### **1. DRINGLICHKEIT BELEGEN UND SINNLICH ERFASSBAR MACHEN**

Die im Projekt durchgeführten Analysen eignen sich zur Verdeutlichung der Dringlichkeit der mobilitätswirtschaftlichen Herausforderung. Auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien ist von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen. Insbesondere die Automobilindustrie steht vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Das ökologisch und sozial nachhaltigste Szenario „Neue Mobilitätskultur“ droht mit den stärksten Beschäftigungsverlusten innerhalb der Mobilitätswirtschaft einherzugehen. Eine Betrachtung der gesamten Zulieferstrukturen über Input-Output-Analysen würde diesen Effekt nochmal mehr als verdoppeln. Die bisherige industrielle Struktur Baden-Württembergs und die Struktur der Mobilitätswirtschaft bedürfen einer deutlichen Veränderung und Umstrukturierung, wobei die Dringlichkeit noch einmal verstärkt wird, wenn eine Transformation zur nachhaltigen Mobilität gewünscht und umgesetzt wird.

### **2. VERÄNDERUNGSKOALITION AUFBAUEN**

Als wesentliche Befähiger möglicher Umsetzungsstrategien sind die beteiligten Akteure zu verstehen. Ihre Vernetzung und Kooperation stellt einen wichtigen Teil von Transformations-Governance dar. Daher werden vor allem potenzielle „change agents“ bzw. treibende Kräfte aus Politik, Verwaltung, Industrie und Zivilgesellschaft im Sinne einer „Veränderungskalition“ zusammengestellt. Die bereits initiierte Bildung eines Transformationsbeirats ist hierzu ein erster Schritt. Im weiteren Wirken dieses Beirats ist die Nachhaltigkeitsorientierung zu klären und sicherzustellen. Wichtig ist es hierbei, möglichst neutrale Instanzen an Schnittstellen und in Steuerungsfunktionen zu etablieren. Denkbar sind beispielsweise Vertreter aus der Wissenschaft oder anerkannte Persönlichkeiten, die keiner einzelnen Interessengruppe nahestehen, da dies die Akzeptanz anderer Akteure gefährden würde.

### **3. VISION UND STRATEGIE ENTWICKELN**

Veränderungsprozesse werden getragen von Visionen und darauf aufbauenden Strategien. Die im Projekt entwickelten Szenarien können einen ersten Baustein einer Visions- und Strategiebildung darstellen. Im nächsten Schritt sollten langfristige Wirtschaftsszenarien („Strukturwandelszenarien“) für Baden-Württemberg entwickelt werden, die Wege aufzeigen, mit denen Baden-Württemberg die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung ohne Beschäftigungsverluste einhal-

ten kann. Entsprechend ist zeitnah eine umfassende industriepolitische Strategie für die Transformation der Mobilitätswirtschaft und darüber hinaus zu formulieren.

### **4. DIE VISION KOMMUNIZIEREN**

Die Vision sollte unter Beteiligung einer breiten Veränderungskalition aus Politik und Verwaltung, Industrie und Wissenschaft kommuniziert werden. Eine der Kernbotschaften könnte dabei die Ausrichtung Baden-Württembergs als globale Leitregion für nachhaltige Mobilität („Leitmarkt und Leitanbieter“) sein.

### **5. VORAUSSETZUNGEN SCHAFFEN UND MASSNAHMEN UMSETZEN**

Phase 5 ist eine Umsetzungs- und Realisierungsphase. Dabei sollen die Strategien konkretisiert und die entsprechenden Maßnahmen realisiert werden, sodass die praktischen Voraussetzungen der Transformation geschaffen werden. Auf Basis der im Projekt „Mobiles Baden-Württemberg“ vorgenommenen Analysen lassen sich bereits konkrete Maßnahmen benennen, die aber im Rahmen des Transformationsprozesses mit den zentralen Akteuren validiert werden sollten:

- ▶ **Standortsicherung und Unternehmensansiedlung:** Um Anbieter nachhaltiger Mobilitätslösungen (z. B. Hersteller in den Bereichen Zweirad, Schiene, Bus) in Baden-Württemberg anzusiedeln, ist eine Klärung der Anforderungen dieser Akteure erforderlich. Zudem sollten seitens der Politik bei der Sicherung der bestehenden Standorte die etablierten Unternehmen durch entsprechende Dialoge mit den Unternehmens- und Arbeitnehmervertretern unterstützt und Verlagerungsrisiken geprüft werden.
- ▶ **Wirtschaftsförderung:** Insbesondere viele KMUs in der Automobilzulieferindustrie sind derzeit in besonderem Maße auf Verbrennungsmotoren spezialisiert. Einen radikalen Strukturwandel können sie möglicherweise nicht ausschließlich mit eigenen Ressourcen bewältigen. Gezielte Unterstützung von KMUs der Automobilwirtschaft im Hinblick auf die Transformation (bspw. bei der Szenarien- und Strategieentwicklung, Identifikation und Kompetenzaufbau bei Zukunftstechnologien) ist daher geboten.
- ▶ **Akteursvernetzung:** Da durch die Transformation auch neue Geschäftsmodelle entstehen, sollten in den Transformationsprozess auch Akteure einbezogen werden, die zwar bislang branchen-

fremd sind, deren Betätigungsfelder aber Schnittmengen zu den erwarteten Technologien und Produkten der künftigen Mobilitätswelt aufweisen. Daher sollten Unternehmensnetzwerke zum Technologietransfer und die Einbindung branchenferner Akteure mit neuen Schlüsselkompetenzen gefördert werden.

- ▶ Förderung neuer Akteure: Die Erfahrung aus anderen Industriezweigen zeigt, dass gerade im Zuge der Digitalisierung Start-up-Unternehmen eine wesentliche Rolle für die Entwicklung der neuen Märkte spielen können und bei Veränderungsprozessen als „Change Agents“ agieren können. Hierfür sind sowohl kulturell, als auch finanziell und arbeitsmarktpolitisch die Weichen zu stellen, ohne dass sich die Entwicklung zu Lasten von Arbeitnehmerrechten vollzieht. Die Förderung von Start-up-Unternehmen sollte sich dabei auf die wesentlichen Innovationsfelder wie elektrische Antriebe, Vernetzung, automatisiertes Fahren beziehen.
- ▶ Förderung sozialer Innovationen: Die Transformation erfordert neben der Förderung von technologischen Innovationen auch die von sozialen Innovationen. Auf Bundesebene wurde hier eine „Institution für soziale Innovationen“ vorgeschlagen, aber bislang nicht weiter verfolgt. Hier könnte das Land vorangehen.
- ▶ Such- und Lernprozesse: Die Vielfältigkeit der möglichen technologischen und sozialen Entwicklungspfade, verbunden mit Unsicherheiten, welche sich durchsetzen werden und sollen, erfordert eine stärkere Ausrichtung der Politik auf Such- und Lernprozesse, die Ermöglichung von regulatorischen Innovationszonen, Realexperimenten und Reallaboren.
- ▶ Akademische und betriebliche Qualifizierung: Die technologische Transformation des Automobilsektors aufgrund der Trends „Automatisierung“, „Vernetzung“ und „Elektrifizierung“ bedingt eine Veränderung der Tätigkeiten und hiermit eine Veränderung der Qualifikationsprofile der Beschäftigten. Da in den Szenarien eine sehr dynamische technologische Entwicklung unterstellt wurde, besteht eine erhebliche Herausforderung für die betriebliche und akademische Qualifizierung. Der hohe Anteil an Beschäftigten mit mechanischen Kompetenzen wird künftig nicht gehalten werden können. Stattdessen werden zunehmend Kompetenzen in den Bereichen Elektrotechnik, Sensorik, Rege-

lungstechnik und Informationstechnologie benötigt. Der Anteil von Beschäftigten in Produktion und Montage wird im Verhältnis zu den Beschäftigten in Entwicklung, Konstruktion und Verwaltung weiterhin zurückgehen. Um dieser Herausforderung sowohl akademisch als auch betrieblich begegnen zu können, sind die entsprechenden Strukturen wie die Lehrstuhlausrichtung der Hochschullandschaft zu verändern, und neue Bildungs- und Qualifizierungsangebote zu entwickeln. Übergreifend könnte eine BW-spezifische Arbeitsgruppe „Ausbildung und Qualifizierung Elektromobilität“ eingerichtet werden, ähnlich wie die AG Ausbildung und Qualifizierung der Nationalen Plattform Elektromobilität. In diesem Rahmen könnte auch eine Überprüfung und ggf. Überarbeitung von Ausbildungsordnungen im Kfz-Bereich erfolgen. Gleichzeitig braucht es eine Bestandsaufnahme und Bewertung bestehender Weiterbildungsangebote zur Elektrifizierung und Schlussfolgerungen für den zielgerichteten Ausbau der Weiterbildungsangebote sowie die Standardisierung von Inhalten und Abschlüssen. Hinsichtlich der Forschungs-/Hochschullandschaft sollte die Einrichtung spezifischer Professuren für künftige Schlüsselkompetenzen (z. B. Mobility as a service, Mobilitätsdatenanalyse und autonomes Fahren) angedacht werden.

## 6. KURZFRISTIGE ZIELERREICHUNG EVALUIEREN

Die Umsetzung der Strategie muss regelmäßig evaluiert werden. Hierzu sollte ein Transformations-Monitoring mit einer mobilitätswirtschaftlichen und nachhaltigkeitsorientierten Perspektive etabliert werden. Dabei können bewährte Ansätze wie beispielsweise der Monitoring-Prozess zur Energiewende auf Bundesebene (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2016) adaptiert werden.

## 7. ERFOLGE KOMMUNIZIEREN

Dabei identifizierte Erfolge und/oder die Erreichung von Zwischenzielen sollen hervorgehoben und aktiv kommuniziert werden, um die Akzeptanz und Motivation der Beteiligten zu stärken.

## 8. VERÄNDERUNGEN VERANKERN

Damit der Change-Prozess dauerhaft wirkungsvoll sein kann, ist eine „wirtschaftskulturelle“ Verankerung sicherzustellen. Dies könnte durch bestimmte Rituale wie einen jährlichen Transformationsdialog

oder entsprechende Publikationen geschehen, die eine dauerhafte Verpflichtung der zentralen Akteure gewährleisten und dokumentieren.

## 7.6. ZUSAMMENFASSUNG: HANDLUNGSOPTIONEN

Die Analyse der Szenarien hat gezeigt, dass allein ein Fokussieren auf technische Optionen nicht ausreicht, um die ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsindikatoren in ihrer Breite zu adressieren. Vielmehr ist auch ein Wandel im Mobilitätsverhalten weg vom motorisierten Individualverkehr – also eine Mobilitätswende – notwendig.

Eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität kann nur dann erreicht werden, wenn deren Ziele und Notwendigkeiten von den Bürgerinnen und Bürgern getragen werden. Dazu braucht es eine Änderung in den „mental-Infrastrukturen“ (Welzer 2013). Hier liegt eine weitere Herausforderung und Chance für die Landesregierung Baden-Württembergs. Sie kann nachhaltige Mobilität partizipativ und erlebbar machen sowie anschaulich kommunizieren: über Pilotprojekte der neuen Mobilität, in denen die Vorteile der nachhaltigen Mobilität – mehr Lebensqualität durch weniger Lärm und Schadstoffe und mehr Lebensraum statt Parkraum – real erlebbar werden. Gleichzeitig muss nachhaltige Entwicklung im Verkehrssektor insbesondere Kindern und Jugendlichen neu und aufregend mit attraktiven Themen und Methoden vermittelt werden.

Da sich die Mobilitätsorientierungen in Großstädten und Ballungsräumen bereits deutlich in Richtung Multioptionalität und weniger Autofixierung ändern, kann die Politik darauf aufbauen. Im besten Falle entsteht so eine positive Rückkoppelungsdynamik aus Maßnahmen, die diese Mobilitätsorientierungen verstärken, und einer Politik, die wiederum von diesen Orientierungen getragen wird.

Neben den bereits genannten auf Bildung, Information und Kommunikation ausgerichteten Maßnahmen besteht aber auch bei den eher „harten“ Themen Handlungsbedarf, denn ohne eine Änderung der physischen Infrastrukturen und ökonomischen wie rechtlichen Rahmenbedingungen wird die Mobilitätswende nicht gelingen. Dazu sind einerseits Verbesserungen des Angebots an umweltfreundlicheren Verkehrsformen not-

wendig („Pull“). Andererseits muss das Preissystem derart umgestaltet werden, dass nachhaltige Mobilität für jeden einzelnen preiswerter wird, sowie die Infrastrukturplanung auf Verkehrsberuhigung, Entschleunigung sowie den Verzicht von weiterem Straßenausbau ausgerichtet werden („Push“).

Die Landesregierung kann gerade bei der Angebotsverbesserung Einfluss nehmen. Hierfür müssen die aktive Mobilität noch stärker als bisher gefördert und dafür benötigte Infrastrukturen ausgebaut werden. Die Empfehlung zur Förderung des Radverkehrs liegt bei 8–20 Euro pro Einwohner. Der ÖV bildet das Rückgrat der neuen Mobilität. Er muss aber noch deutlich verbessert und die technologischen Möglichkeiten müssen frühzeitig für ein attraktiveres Angebot genutzt werden (z. B. Echtzeitinformationen, Augmented Reality, WLAN). Auch hierfür braucht es zusätzliche Investitionsmittel.

Die Mobilitätswende braucht gleichzeitig klare rechtliche Rahmenbedingungen. Die historisch gewachsene Privilegierung des Pkw ist nicht mehr zeitgemäß. Die Straßenverkehrsordnung und das Personenbeförderungsgesetz müssen zur Erleichterung einer umweltfreundlichen und für alle zugänglichen Mobilität angepasst werden. Hier sollte die Landesregierung Einfluss auf die politischen Prozesse der nationalen Ebene nehmen. Auch sind gleichzeitig starke Preissignale in Form von Pkw-Maut und Parkraumbewirtschaftung notwendig, um einen Rückgang der Pkw-Verkehrsleistung zu unterstützen. Der Bund setzt hierfür den Rahmen, das Land kann ihn dabei unterstützen.

Neben der Mobilitätswende braucht es auch die Energiewende im Verkehrssektor. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, ist die direkte Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom in Form von Elektromobilität Voraussetzung. Baden-Württemberg kann hier nur in begrenztem Umfang den Rahmen setzen, sollte sich jedoch auf Bundes- und EU-Ebene für die entsprechende Gesetzgebung – u. a. einer ambitionierten Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Standards für Pkw und ein verstärkter und beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien – nachdrücklich einsetzen.

Die heutige Mobilitätswirtschaftsstruktur des Landes ist derzeit (noch) nicht auf globale Nachhaltigkeit ausgelegt. Dies ist als Herausforderung und Chance zu begreifen. Baden-Württemberg kann ein Leuchtturm

für ökologische Industriepolitik im Mobilitätssektor werden und zeigen, dass ein nachhaltigkeitsorientierter Strukturwandel von Wirtschaft und Industrie langfristig auch ökonomisch sinnvoll und notwendig ist.

Es braucht vorsorgende und proaktive Maßnahmen, die den Strukturwandel der Mobilitäts- und Gesamtwirtschaft begleiten. Für eine Sicherstellung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit Baden-Württembergs ist eine industriepolitische Strategie notwendig, die den Strukturwandel frühzeitig aktiv gestaltet. Voraussetzung hierfür sind langfristige Zukunftsszenarien für die Mobilitätswirtschaft und die Wirtschaftsstruktur Baden-Württembergs insgesamt. Forschung, Entwicklung und (Hochschul-)Bildung zu neuen (Schlüssel-)Technologien müssen gestärkt werden, um zukunftsfähige Kompetenzen aufzubauen.

# 8. ZUSAMMENFASSUNG: MOBILES BADEN-WÜRTTEMBERG – WEGE DER TRANSFORMATION ZU EINER NACHHALTIGEN MOBILITÄT



Im Zentrum des Projektes *Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität* stand die Beantwortung der immer drängenderen Fragen: Was muss sich an der Mobilität bis 2050 ändern, damit sie zukunftsfähig wird – also die ökologischen Belastungsgrenzen einhält, ohne zu sozialen und ökonomischen Verwerfungen zu führen? Mit welchen Schritten kann die dazu notwendige Transformation in Baden-Württemberg eingeleitet werden? Und wie kann es gelingen, dabei die zentralen

Ziele der Nachhaltigkeit einzuhalten? Eine wesentliche Herausforderung für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg ist dabei die Verschränkung einer nachhaltigen Transformation des Verkehrs, auf die sich vor allem die bisherigen Politikziele im Bereich Umwelt und Klima beziehen, mit einer nachhaltigen Transformation der wirtschaftlich besonders bedeutsamen Automobilindustrie und der Mobilitätswirtschaft im Ganzen.

Als wissenschaftlich fundierten Beitrag zu einer gesellschaftlichen Debatte, wie nachhaltige Mobilität in Baden-Württemberg in Zukunft aussehen und aktiv gestaltet werden kann, hat die Baden-Württemberg Stiftung das Projekt *Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität* in Auftrag gegeben<sup>94</sup>.

Unter Beteiligung von Stakeholdern und eines wissenschaftlichen Projektbeirats wurden im Rahmen des Projektes drei Szenarien zur Mobilität in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 formuliert.

### DREI SZENARIEN ZUR ZUKUNFT DER MOBILITÄT

Als szenarioübergreifender Trend wurde die Eindämmung des Klimawandels als international anerkanntes Leitmotiv für Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft definiert. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Fahrzeugantriebs wird durch maximale Elektrifizierung des Fahrzeugbestands und den Einsatz von erneuerbaren Energien stark verbessert. Die Digitalisierung nimmt in allen Szenarien stark zu und verändert das Verkehrsgeschehen. Auch das autonome Fahren hat sich bis 2050 vermutlich durchgesetzt und den öffentlichen und Individualverkehr strukturell verändert.

#### SZENARIO NEUE INDIVIDUALMOBILITÄT – PRIVAT UND KOMFORTABEL UNTERWEGS

Das Szenario „Neue Individualmobilität“ ist geprägt durch ein weiterhin hohes Bedürfnis nach Individualität und Flexibilität. Der Individualverkehr mit Pkw ist weiterhin dominant. Mobilität dient auch dem sozialen Status und ist Ausdruck der Zugehörigkeit zu einer sozialen Gruppe. Das eigene, autonom fahrende Auto ist – unabhängig von Alter, Gesundheit und Führerschein – in städtischen wie ländlichen Räumen für die meisten Menschen erschwinglich. Durch die Automatisierung kann das Fahrzeug während der Fahrt für anderweitige Tätigkeiten genutzt werden. Eine kleinere Rolle spielen fahrerlose Busse im öffentlichen Verkehr (ÖV) und ergänzende Fahrzeug-Sharing-Angebote. Die Fahrleistung der Pkw nimmt gegenüber heute

geringfügig ab und die Lebensqualität in Städten hat sich v. a. durch niedrigere Emissionen der elektrifizierten Fahrzeuge verbessert. Der ländliche Raum ist vorwiegend über autonom fahrende Privat-Pkw an die urbanen Zentren angebunden. Güter- und Luftverkehr steigen weiter an.

#### SZENARIO NEUE DIENSTLEISTUNGEN – KREATIVE GESCHÄFTSMODELLE, GETEILTE FAHRZEUGE

Im Szenario „Neue Dienstleistungen“ ist die Sharing-Kultur wesentlicher Treiber. Autos haben als Symbol in vielen Milieus an Bedeutung verloren. Stattdessen werden sie in unterschiedlichen Größen und für unterschiedliche Zwecke bestellt, genutzt und danach zur weiteren Nutzung wieder freigegeben. Neue Mobilitätsangebote erobern den Markt und die Kombination von ÖV und individuellem Fahren einschließlich des Radfahrens hat sich durchgesetzt. Der Pkw-Bestand geht v. a. in Städten zurück und sinkt um zwei Drittel gegenüber heute. In den Städten findet eine Umnutzung von öffentlichem Parkraum zugunsten von aktiver Mobilität (Fuß- und Radmobilität) und Flächen mit großer Aufenthaltsqualität statt. Über multimodale Mobilitätsketten sind ländliche Räume gut erschlossen. Es gibt sowohl in den Verdichtungsräumen als auch außerhalb neue Formen der Nahversorgung. Die Zunahme des Güter- und Luftverkehrs verlangsamt sich.

#### SZENARIO NEUE MOBILITÄTSKULTUR – KÜRZERE WEGE, FLEXIBLE ÖFFENTLICHE SYSTEME

Wesentliches Merkmal des Szenarios „Neue Mobilitätskultur“ ist die hohe Bedeutung von Nahversorgung und Nahmobilität im Jahr 2050, was zu einem starken Anstieg der aktiven Mobilität führt. Darüber hinaus wird Mobilität durch ein attraktives, öffentliches Verkehrssystem mit unterschiedlichsten Fahrzeuggrößen (Ridesharing) sichergestellt. Ergänzend nehmen Bike- und Carsharing-Angebote zu. Die Verkehrsleistung geht durch die kürzeren Wege bis zum Jahr 2050 um knapp ein Drittel zurück. Der Pkw-Bestand spielt nur noch eine geringe Rolle und der Pkw-Bestand sinkt auf rund 1 Mio. Fahrzeuge in Baden-Württemberg – durch Verlagerung auf den ÖV, Fuß- und Radverkehr, aber auch weil die Pkw nun öfter geteilt, besser besetzt und somit effizienter genutzt werden. Es finden weitreichende Flächenumwidmungen zugunsten von Aufenthaltsqualität und aktiver Mobilität statt. Durch

<sup>94</sup> Initiiert wurde die Idee zum Projekt vom BUND e. V. Landesverband Baden-Württemberg. Es wurde gemeinsam vom Öko-Institut, dem Fraunhofer IAO, dem ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung und dem IMU Institut bearbeitet und hatte eine Laufzeit von November 2015 bis Juni 2017.

eine stärkere Nachfrage nach regionalen und langlebigeren Produkten und einer starken regionalen Orientierung ergibt sich eine Trendumkehr beim Wachstum von Güter- und Luftverkehr.

## ERGEBNISSE DER DREI SZENARIEN

Diese Szenarien wurden vom Projektteam über modellgestützte Berechnungen und qualitative Analysen hinsichtlich ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitswirkungen ausgewertet. Alle drei Szenarien erfüllen die international vereinbarten Langfristziele für den Klimaschutz und die Ziele der Landesregierung für den Endenergiebedarf des Verkehrssektors 2050. Sie weisen jedoch deutliche Unterschiede hinsichtlich der Ziele 2030 sowie der weiteren ökologischen und sozialen Indikatoren auf: Während das Szenario „Neue Individualmobilität“ die Ziele am weitesten verfehlt, schneidet das Szenario „Neue Dienstleistungen“ bereits etwas besser ab. Das Szenario „Neue Mobilitätskultur“ kommt den Zielen hinsichtlich einer ökologisch und sozial gerechten Nachhaltigkeit am nächsten.

Die Ergebnisse zeigen damit, dass der Weg hin zu einer in Baden-Württemberg und global verträglichen Mobilität innerhalb der ökologischen und gesundheitlichen Belastungsgrenzen – also mit deutlichen Verbesserungen bei Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffen, beim Verbrauch von Endenergie und nicht-energetischen Ressourcen sowie beim Lärm und der Flächeninanspruchnahme – am ehesten mit einem deutlichen Rückgang der Pkw-Fahrleistung und des Pkw-Bestandes gelingen kann. Im Szenario „Neue Mobilitätskultur“ reduziert sich die Anzahl der Pkw im Bestand bis 2030 um 30 % und bis 2050 auf rund ein Sechstel, die Fahrleistung der Pkw – privat und geteilt – auf 55 % in 2030 und 30 % in 2050. In diesem Szenario wird eine Reduktion der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 45 % in 2030 und 100 % in 2050 erreicht, der Endenergiebedarf sinkt um 42 % in 2030 und 80 % im Jahr 2050. Der Strombedarf des Verkehrssektors steigt zwar auf 170 PJ, liegt jedoch etwa bei der Hälfte des Szenarios „Neue Individualmobilität“. Die Bedarfe an nicht-energetischen Ressourcen können um 13 % ggü. der Referenzentwicklung durch eine deutlich geringere Nachfrage nach Pkw und weniger Parkraum reduziert werden und der inländische Flächenverbrauch ist mit den Zielen einer langfristigen Reduktion auf Netto-Null kompatibel.

Es zeigt sich, dass der Einsatz von bspw. Elektrofahrzeugen allein – wie im Szenario „Neue Individualmobilität“ – bei Weitem nicht ausreicht, um ökologisch nachhaltig mobil zu sein. Die langfristigen Klimaschutzziele werden so zwar ggf. erreicht, der Einsatz von energetischen Ressourcen – inkl. der Herstellung der CO<sub>2</sub>-freien Kraftstoffe v. a. für den Güter- und Luftverkehr – und nicht-energetischen Ressourcen liegt jedoch deutlich über den vereinbarten Zielen.

Für die ökologischen Indikatoren gibt es einen klaren, normativen Rahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ziele nur mit weniger Verkehr zu erreichen sind. Die Ergebnisse der ökonomischen Indikatoren weisen darauf hin, dass unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen ist. Insbesondere die Automobilindustrie steht derzeit vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsziele erhöhen diese Unsicherheit und die Gefahr von Arbeitsplatzverlusten – vor allem dann, wenn ein solcher Wandel auch weltweit und nicht nur in Baden-Württemberg umgesetzt wird. Ein Strukturwandel der (Mobilitäts-)Wirtschaft in Baden-Württemberg ist aber grundsätzlich notwendig. Diesen gilt es aktiv zu gestalten, sodass sich Wirtschaft und Gesellschaft innerhalb der planetaren Grenzen möglichst optimal entwickeln können.

## HANDLUNGSOPTIONEN FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG DES MOBILITÄTSVERHALTENS

Eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität kann nur dann erreicht werden, wenn deren Ziele und Notwendigkeiten von den Bürgerinnen und Bürgern getragen werden. Dazu braucht es eine Änderung in den „mental Infrastrukturen“. Und genau hier liegt eine Herausforderung und Chance für die Landesregierung Baden-Württembergs. Sie kann nachhaltige Mobilität partizipativ und erlebbar machen sowie anschaulich kommunizieren: über Pilotprojekte der neuen Mobilität, in denen die Vorteile der nachhaltigen Mobilität – mehr Lebensqualität durch weniger Lärm und Schadstoffe und mehr Lebensraum statt Parkraum – real erlebbar werden. Gleichzeitig muss nachhaltige Entwicklung im Verkehrssektor insbesondere Kindern und Jugendlichen neu sowie aufregend mit attraktiven Themen und Methoden vermittelt werden.

Da sich die Mobilitätsorientierungen in Großstädten und Ballungsräumen bereits deutlich in Richtung Multioptionalität und weniger Autofixierung ändern, kann die Politik darauf aufbauen. So kann eine positive Rückkoppelungsdynamik entstehen aus Maßnahmen, die diese Mobilitätsorientierungen verstärken, und einer Politik, die wiederum von diesen Orientierungen getragen wird.

Es besteht aber auch bei den eher „harten“ Themen Handlungsbedarf: Es braucht eine Änderung der physischen Infrastrukturen und ökonomischen wie rechtlichen Rahmenbedingungen, um das Gelingen der Mobilitätswende zu ermöglichen. Dazu sind einerseits Verbesserungen des Angebots an umweltfreundlichen Verkehrsformen notwendig („Pull“). Andererseits muss das Preissystem derart umgestaltet werden, dass nachhaltige Mobilität für jeden Einzelnen preiswerter wird, sowie die Infrastrukturplanung auf Verkehrsberuhigung, Entschleunigung sowie den Verzicht von weiterem Straßenausbau ausgerichtet werden („Push“).

- ▶ Rechtliche Rahmenbedingungen wie die Straßenverkehrsordnung und das Personenbeförderungsgesetz müssen zur Erleichterung einer umweltfreundlichen und sozial gerechten Mobilität angepasst werden. Änderungen können zunächst örtlich und zeitlich beschränkt getestet werden („Regulatorische Innovationszonen“), bevor sie allgemeingültig eingeführt werden. Die historisch gewachsene Privilegierung des Pkw ist nicht mehr zeitgemäß.
- ▶ Gleichzeitig sind starke Preissignale in Form von Pkw-Maut und Parkraumbewirtschaftung notwendig. So können sozial ungerechte Subventionen abgebaut und eine nachhaltige Entwicklung flankiert werden – auch im Hinblick auf eine erwartete Komfortsteigerung durch autonomes Fahren, welche ohne ein Gegensteuern zu unerwünschten Rebound-Effekten führen könnte.
- ▶ Nahraumorientierung ist einerseits planerisches Leitbild, andererseits auch eine sich verbreitende Einstellung der Bürgerinnen und Bürger. Hierfür müssen die aktive Mobilität noch stärker als bisher gefördert und dafür benötigte Infrastrukturen um- und ausgebaut werden. So wird erreicht, dass sich die Lebensqualität in urbanen Räumen deutlich verbessert – durch die Reduktion von Schadstoffen und Lärm und mehr körperliche Aktivität und belebte öffentliche Räume.
- ▶ Bei Planung und Bau von Infrastruktur sind (mit

Blick auf den Bundesverkehrswegeplan 2030) deutliche Veränderungen notwendig, um die Voraussetzungen für eine nachhaltige Mobilität zu schaffen. Auf Kapazitätserweiterungen bei den Bundesfernstraßen ist zu verzichten; dagegen ist dem Ausbau von Schienennetzkapazitäten Vorrang zu gewährleisten. Mittelfristig ist der Bundesverkehrswegeplan durch einen Bundesmobilitätsplan zu ersetzen, welcher viel stärker als bisher soziale und ökologische Kriterien berücksichtigt.

- ▶ Der öffentliche Verkehr bildet das Rückgrat der neuen Mobilität. Er muss aber noch deutlich verbessert und die technologischen Möglichkeiten frühzeitig für ein attraktiveres Angebot genutzt werden (z. B. Echtzeitinformationen, Augmented Reality, WLAN).

Gleichzeitig gilt es, den Megatrend der Digitalisierung auch für umweltpolitische Ziele zu nutzen und in diesem Sinne mitzugestalten. Das vernetzte, (teil-)autonome Fahren und entsprechende Dienstleistungen bieten Umweltentlastungs- und Unfallvermeidungspotenziale, etwa durch Erleichterung von Ridesharing oder durch automatische Anpassung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen an zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Verkehrsfluss und Ampelphasen. Auf der anderen Seite bergen sie das Risiko, dass Autofahren noch komfortabler und einfacher wird und entsprechend mehr gefahren wird.

## HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEN NACHHALTIGEN EINSATZ VON TECHNOLOGIEN

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, ist die direkte Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom in Form von Elektromobilität Voraussetzung. Baden-Württemberg kann hier nur in begrenztem Umfang den Rahmen setzen, sollte sich jedoch auf Bundes- und EU-Ebene für die entsprechende Gesetzgebung nachdrücklich einsetzen:

- ▶ Die vollständige Abkehr vom reinen Verbrennungsmotor muss 2035 erreicht sein, um bis 2050 den Fahrzeugbestand vollständig zu elektrifizieren. Dafür sind klare Rahmensetzungen in Form von CO<sub>2</sub>-Standards für Pkw und Elektrofahrzeug-Quoten notwendig. Der Trend hin zu immer größer und schwerer werdenden Fahrzeugen muss sich umkehren.

- ▶ Für die Verkehrsträger, bei denen eine direkte Stromnutzung nicht möglich ist (also im Schiffs- und Flugverkehr), werden CO<sub>2</sub>-freie Kraftstoffe benötigt. Aus Ressourcen sowie aus Kostengründen sind aber auch hier die Effizienz der Fahrzeuge und eine deutliche Dämpfung der Verkehrsnachfrage das höchste Gebot.
- ▶ Strombasierte Kraftstoffe sind erst nach 2030 eine Option und bedürfen strenger Nachhaltigkeitsanforderungen. Sie dürfen nicht als Argumentationshilfe missbraucht werden, um den Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor beim Pkw hinauszuzögern.
- ▶ Für eine Sicherstellung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit Baden-Württembergs ist eine industriepolitische Strategie notwendig, die den Strukturwandel frühzeitig aktiv gestaltet. Voraussetzung hierfür sind langfristige Zukunftsszenarien für die Mobilitätswirtschaft und die Wirtschaftsstruktur Baden-Württembergs insgesamt.
- ▶ Für Planungs- und Investitionssicherheit der Industrie, aber auch für eindeutige Investitionssignale in neue Infrastrukturen (v. a. Ladeinfrastruktur), empfiehlt sich die frühzeitige Kommunikation und rechtliche Fixierung von Maßnahmen mit klaren Anforderungen für die Zukunft (z. B. CO<sub>2</sub>-Standards 2030).
- ▶ Forschung, Entwicklung und (Hochschul-)Bildung zu neuen (Schlüssel-)Technologien müssen gestärkt werden, um zukunftsfähige Kompetenzen aufzubauen.

## HANDLUNGSOPTIONEN FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG DER MOBILITÄTSWIRTSCHAFT

Die heutige Mobilitätswirtschaftsstruktur des Landes ist derzeit (noch) nicht auf globale Nachhaltigkeit ausgelegt. Dies ist als Herausforderung und Chance zu begreifen. Baden-Württemberg kann ein Leuchtturm für ökologische Industriepolitik im Mobilitätssektor werden und zeigen, dass ein nachhaltigkeitsorientierter Strukturwandel von Wirtschaft und Industrie langfristig auch ökonomisch sinnvoll und notwendig ist.

Auch unabhängig von den in diesem Projekt entworfenen Szenarien ist von einschneidenden Veränderungen in der Mobilitätswirtschaft auszugehen. Insbesondere die Automobilindustrie steht vor einer Phase großer Unsicherheit und Umbrüche. Disruptive Technologien und Geschäftsmodelle, neue Akteure und Wettbewerber, verschärfter Standortwettbewerb sowie mögliche Produktivitätssprünge gehen mit der Gefahr von Beschäftigungsverlusten auch in Baden-Württemberg einher. Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsziele erhöhen diese Unsicherheit und Gefahr.

Doch Nicht-Handeln und Festhalten am Status quo ist keine Option: Je länger gewartet wird, desto größer wird der Technologierückstand und desto größer ist insgesamt das Risiko für einen späteren disruptiven Strukturbruch. Die Entwicklung der großen Stromversorger oder auch des Handy-Herstellers Nokia sind abschreckende Beispiele. Daher braucht es vorsorgende und proaktive Maßnahmen, die den Strukturwandel der Mobilitäts- und Gesamtwirtschaft begleiten:

Eine nachhaltige Entwicklung des Verkehrssektors kann nur dann erreicht werden, wenn seitens der Politik die Nachhaltigkeitsherausforderungen und die sich daraus ergebenden Ziele samt sich stellender Zielkonflikte offen kommuniziert werden und diese Ziele vom Bewusstsein und den Aktivitäten der Bürgerinnen und Bürger getragen werden. Nur dann entstehen ausreichend gesellschaftliche und politische Mehrheiten für eine Transformation unserer Mobilität. Die Gesellschaft sollte einen offenen Diskurs führen, welche Formen der Mobilität und damit verbundene Auswirkungen sie wirklich will, und was sie bereit ist dafür zu tun. Die vorliegende Studie mit ihren Ergebnissen zu den drei betrachteten Szenarien und Zukunftsvisionen sieht sich als Grundlage für einen solchen Diskurs. Sie zeigt sowohl Entwicklungen und Chancen auf, die mit einer Transformation von Mobilität und Mobilitätswirtschaft einhergehen können, als auch politische Handlungsoptionen, die den Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung befördern würden.

## 9. LITERATURVERZEICHNIS

**acatech (Hg.) (2011).** Cyber-Physical Systems. Innovationsmotoren für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech POSITION). Heidelberg u.a. [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Cyber-Physical-Systems/acatech\\_POSITION\\_CPS\\_web.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Cyber-Physical-Systems/acatech_POSITION_CPS_web.pdf) (online abgerufen 22.09.2016)

**Agora Verkehrswende (2017).** Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende.

**Ahrens et al. (2013).** Potenziale des Radverkehrs für den Klimaschutz. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau/Roßlau 2013

**Ahrens, Gerd-Axel (2014).** Die Stunde der Wahrheit. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse des SrV 2013. [https://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013/Schlusskonferenz/SrV2013-Abschluss\\_Ahrens\\_2014-11-10.pdf](https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013/Schlusskonferenz/SrV2013-Abschluss_Ahrens_2014-11-10.pdf)

**AK VwGdL – Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2014).** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder. Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2013. Reihe 1 Länderergebnisse Bd. 1

**Albert, Mathias; Hurrelmann, Klaus; Quenzel, Gudrun; Schneekloth, Ulrich (2010).** Jugend 2010. Die 16. Shell Jugendstudie. Frankfurt am Main

**Alix Partners (2015).** C.A.S.E. – Car of the Future. The AlixPartners Global Automotive Outlook 2015.

**Alrutz, Dankmar; Prahlow, Heike; Brünink, Niels; Busek, Stefanie (2016).** Wirkungskontrolle Radverkehrsförderung in Baden-Württemberg. 1. Wirkungskontrolle 2014/2015 Schlussbericht. Hg. v. Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg (NVBW). Online verfügbar unter: [https://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user\\_upload\\_fahrradlandbw/1\\_Radverkehr\\_in\\_BW/g\\_Wirkungskontrolle/1\\_Wirkungskontrolle\\_2014\\_-\\_Schlussbericht.pdf](https://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user_upload_fahrradlandbw/1_Radverkehr_in_BW/g_Wirkungskontrolle/1_Wirkungskontrolle_2014_-_Schlussbericht.pdf), zuletzt geprüft am 07.06.2017.

**Anderson, James M.; Kalra, Nidhi; Stanley, Karlyn D.; Sorensen, Paul; Samaras, Constantine; Oluwatola, Oluwatobi A. (2014).** Autonomous Vehicle Technology. A Guide for Policymakers. RAND Corporation. Santa Monica [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_reports/RR400/RR443-2/RAND\\_RR443-2.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR400/RR443-2/RAND_RR443-2.pdf)

**Architektenkammer Baden-Württemberg (2015).** Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur über die Herstellung notwendiger Stellplätze (VwV Stellplätze). Merkblatt Nr. 593, Stuttgart [https://www.akbw.de/fileadmin/download/dokumenten\\_datenbank/AKBW\\_Merkblaetter/Baurecht\\_Planungsrecht/Merkblatt593-VWV-Stellplaetze2015.pdf](https://www.akbw.de/fileadmin/download/dokumenten_datenbank/AKBW_Merkblaetter/Baurecht_Planungsrecht/Merkblatt593-VWV-Stellplaetze2015.pdf)

**Audi AG (2011).** Geschäftsbericht 2010.

**Automobilwoche (2016).** Digitalisierung. Porsche setzt auf Mitarbeiter mit IT-Wissen, URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20160726/AGENTURMELDUNGEN/307269938/digitalisierung-porsche-setzt-auf-mitarbeiter-mit-it-wissen>.

**automotive IT (2015).** Der globale Fertigungsverbund von Daimler, URL: <http://www.automotiveit.eu/der-globale-fertigungsverbund-von-daimler/blickpunkt/id-0052149>

**Baden-Württemberg (2016).** Landesstrategie Ressourceneffizienz Baden-Württemberg. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg; Ministerium für Wissenschaft, Forschung

**Baden-Württemberg International (2014).** Automobilwirtschaft in Baden-Württemberg. Stuttgart

**Barthel, K.; Böhler-Baedeker, S.; Bormann, R.; Dispan, J.; Fink, P.; Koska, T.; Meißner, H.-R.; Pronold, F. (2010).** Zukunft der deutschen Automobilindustrie. Herausforderungen und Perspektiven für den Strukturwandel im Automobilsektor. Diskussionspapier der Arbeitskreise Innovative Verkehrspolitik und Nachhaltige Strukturpolitik. Friedrich-Ebert-Stiftung, <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/07703.pdf>

**BAST – Bundesanstalt für Straßenwesen (Hg.) (2013).** Radpotenziale im Stadtverkehr. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Verkehrstechnik. Heft V 227. Bergisch Gladbach

**Bauer, Wilhelm; Rothfuss, Florian; Dungs, Jennifer; Herrmann, Florian; Cacilo, Andrej; Schmidt, Sarah; Brand, Marius; Klausmann, Florian; Borrmann, Daniel (2015).** Strukturstudie BWe MOBIL 2015 Elektromobilität in Baden-Württemberg. Stuttgart. e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg.

**Baumann, Stefanie; Püschner, Michael (2016).** Smart Mobility im Einsatz – Nutzungsszenarien I. In: Flügge, Barbara (Hg.) (2016). Smart Mobility. Trends, Konzepte, Best Practices für intelligente Mobilität. Wiesbaden. 91–98

**Baumgarten, Patrick (2014).** Stau und Knappheitspreise für die Nutzung von Schieneninfrastruktur. In: Hartwig (2014). 49-95

**BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hg.) (2007).** Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. BBR Forschungen 130. Bonn

**BBR (2007).** Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen Heft 130. Bonn

**BBSR (2011).** Auf dem Weg, aber noch nicht am Ziel – Trends der Siedlungsflächenentwicklung. BBSR-Berichte KOMPAKT 10/2011

**BBSR (o. J.).** Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Flächenziele im Rahmen der Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ReFo/Raumordnung/2004undFrueher/NachhaltigkeitsbarometerFlaechen/01\\_Start.html?nn=440378&notFirst=true&docId=439836](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ReFo/Raumordnung/2004undFrueher/NachhaltigkeitsbarometerFlaechen/01_Start.html?nn=440378&notFirst=true&docId=439836) (01.06.2017)

**BBSR (2015).** Burgdorf, Markus; Krischausky, Gesine; Müller-Kleißler, Renate (2015). Indikatoren zur Nahversorgung. Erreichbarkeit von Gütern und Dienstleistungen des erweiterten täglichen Bedarfs. BBSR-Analysen KOMPAKT 10/2015.

**BCG (2015).** Self driving vehicles in the urban context. Press briefing

**Becker, Udo (2015).** Mobilität vs. Verkehr. Für einen neuen Mobilitätsbegriff. Vortrag auf dem Kongress „Neue Mobilität – Baden-Württemberg bewegt nachhaltig“ in Stuttgart am 24. April 2015. [http://www.kongress-neue-mobilitaet.de/fileadmin/\\_kongress\\_neue\\_mobilitaet/Downloads/Vortraege/NeueMobilitaet\\_BaWue\\_UB\\_final\\_20150424.pdf](http://www.kongress-neue-mobilitaet.de/fileadmin/_kongress_neue_mobilitaet/Downloads/Vortraege/NeueMobilitaet_BaWue_UB_final_20150424.pdf) (online abgerufen. 23.09.2016)

**Becker, Udo (o. J.).** Was ist nachhaltige Mobilität. [http://material.htlwien10.at/UZSB/Zusatzmaterial/Nachhalt\\_Mobil.pdf](http://material.htlwien10.at/UZSB/Zusatzmaterial/Nachhalt_Mobil.pdf) (aufgerufen am 22.02.2016)

**Beiker, Sven (2015).** Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge. In: Maurer, Markus J.; Gerdes, Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hg.). Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin, Heidelberg

**BentoBox Berlin (2012).** Neue Ansätze in der Citylogistik – Berlin erprobt mit „messenger Transport + Logistik GmbH“ neue Logistikprozesse der Innenstadtbeflieferung im Rahmen des EU-Projektes „CITYLOG“. <http://www.bentobox-berlin.de/presse/>

**Berding, Ulrich (2012).** Einer für alle? Öffentlich nutzbare Räume als Orte der gesellschaftlichen Integration. vhw Forum Wohneigentum, Heft 1/Januar-Februar 2012. 23–26

**Bertelsmann Stiftung (Hg.)/Julia Vollmer (Verf.) (2011).** Deutschland im demographischen Wandel 2030. Datenreport. Baden-Württemberg, Gütersloh

**Biekert, Franz (2016).** Deutlich mehr Güterumschlag auf der Bahn als auf dem Schiff im Hafen Stuttgart. In: Statistik und Informationsmanagement, Monatsheft 8/2016. 195

**Bitkom – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Hg.) (2015).** Zukunft der Consumer Electronics. Marktentwicklung, Schlüsselrends, Mediennutzung, Konsumentenverhalten, Neue Technologien. Berlin

**BMUB (2015a).** Öko-Institut und Fraunhofer ISI. Klimaschutzszenario 2050. 2. Modellierungsrunde. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umweltschutz, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Der folgende Link führt zur zuvor genannten Veröffentlichung: <http://www.oeko.de/oekodoc/2441/2015-598-de.pdf>

**BMUB (2015b).** Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2015. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin

**BMVI 2016.** Verkehrsverlagerungspotenzial auf den Schienengüterverkehr in Deutschland, DLR und ifeu im Auftrag des BMVI. Dezember 2016

**BMWI 2016.** Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklungen im Jahr 2015. [http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=6)

**Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich (2015).** Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Endbericht Kurzexpertise Nr. 57 für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Mannheim. Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung GmbH

**Bormann, Rene; Bracher, Tilman; Dümmler, Oliver; Dünbier, Ludwig; Haag, Martin; Holzapfel, Helmut et al. (2010).** Neuordnung der Finanzierung des Öffentlichen Personennahverkehrs . Bündelung, Subsidiarität und Anreize für ein zukunftsfähiges Angebot. Hg. v. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES). Bonn (WISO-Diskurs). Online verfügbar unter: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/07641.pdf>

**Bosch 2017,** „Bosch in Zahlen“, URL: [http://www.bosch.de/de/de/our\\_company\\_1/facts\\_and\\_figures\\_1/facts-and-figures.php](http://www.bosch.de/de/de/our_company_1/facts_and_figures_1/facts-and-figures.php)

**Brake, Klaus (2012).** Interdependenzen zum Strukturwandel. In: Brake, Klaus; Herfert, Günter (2012). Reurbanisierung. Materialität und Diskurs in Deutschland. Wiesbaden. 22–33

**Brauck, Markus; Hawranek, Dietmar; Schulz, Thomas (2016).** Zukunft – Steuer frei. Titelthema. In Der Spiegel Nr. 9/2016. Hamburg. 12–20

**Brecht, Michael (2017).** Daimler-Betriebratschef zum Bau von Elektroautos „Natürlich sind wir verärgert“, <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.daimler-betriebratschef-zum-bau-von-elektroautos-natuerlich-sind-wir-veraergert.a49ffb43-694a-4d89-9ebe-992fdb1fd678.html>

**Brown, Austin; Repac, Brittany; Gonder, Jeffrey (2013).** Autonomous Vehicles Have a Wide Range of possible Energy Impacts. Workshop on Road Vehicle Automation. July 16, 2013. Stanford, CA

**Bruhn-Tripp, Jonny (2013).** Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Armut in Dortmund im Spiegel der Dortmunder Beschäftigten-, Arbeitslosen- und Sozialstatistik 2000–2012

**Brzeski, Carsten; Burk, Inga; Franke, Sebastian (2016).** Alles nur eine Farce? Niedriges Produktivitätswachstum in Zeiten größter digitaler Revolutionen. Economic Research. 28.11.2016. ING DIBA.

**Bucher, Hansjörg; Schlömer, Claus (2013).** Raumordnungsprognose 2030 des BBSR. Bevölkerung, private Haushalte, Erwerbspersonen in den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg. Präsentation auf der ARL-Tagung der Landesarbeitsgemeinschaften Bayern und Baden-Württemberg am 10./11.10.2013 in Ulm

**Buchert, Matthias; Jenseit, Wolfgang; Merz, Cornelia; Schüler, Doris (2011).** Ökobilanz zum „Recycling von Lithium-Ionen-Batterien“ (LithoRec). Darmstadt. <http://gruener-strom.org/oekodoc/1500/2011-o68-de.pdf>

**Buchert, Matthias; Bulach, Winfried; Degreif, Stefanie (2017).** Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft. Eigenprojekt des Öko-Instituts. Online verfügbar unter: [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschlussbericht\\_D2049.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschlussbericht_D2049.pdf), zuletzt geprüft am 07.06.2017

**Buehler, R. (2011).** Determinants of transport mode choice. A comparison of Germany and the USA. Journal of Transport Geography 19 (4), 644–657

**BUND et al. (1996).** Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Birkhäuser Verlag

**BUND et al. (2008).** Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt. Ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte. Fischer Verlag.

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016a).** Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Progress II. Online verfügbar unter: [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/progress\\_ii\\_broschuere\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf), zuletzt geprüft am 06.06.2017

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016b).** Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Online verfügbar unter: [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf), zuletzt geprüft am 20.04.2017

**Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (BReg) (2002).** Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung

**Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (BReg) (2017).** Projektionsbericht 2017 für Deutschland. Gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013. Online verfügbar unter: [http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/arto4-13-14\\_lcds\\_pams\\_projections/projections/envwqc4\\_g/170426\\_PB\\_2017\\_-\\_final.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/arto4-13-14_lcds_pams_projections/projections/envwqc4_g/170426_PB_2017_-_final.pdf), zuletzt geprüft am 09.05.2017

**Bundesverband CarSharing (2017).** Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland

**Bundesverband CarSharing (bcs) (2015).** Jahresbericht 2015/16. Platz für Menschen – wie Car-Sharing Städte entlastet. Bundesverband CarSharing (bcs)

**bvr – Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken (2016).** Güterbeförderungsbranche kann mit steigenden Umsätzen rechnen. Ohne Ort (= Pressemitteilung vom 29.01.2016)

**Cacilo, Andrej; Schmidt, Sarah; Wittlinger, Phillip; Herrmann, Florian; Bauer, Wilhelm; Sawade, Oliver; Doderer, Hannes; Hartwig, Matthias; Scholz, Volker (2015).** Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Stuttgart. <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/hochautomatisiertes-fahren-autobahnen-industriepolitische-schlussfolgerungen.pdf> (online abgerufen 22.09.2016)

**Cacilo, Andrej; Haag, Michael (2017).** Wirkungen der Digitalisierung und Fahrzeugautomatisierung auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Hans-Böckler-Stiftung (im Erscheinen)

**Cacilo, Andrej; Schmidt, Sarah; Wittlinger, Philipp; Hermann, Florian; Bauer, Wilhelm; Sawade, Oliver; Doderer, Hannes; Hartwig, Matthias; Scholz, Volker (2015).** Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Stuttgart (herausgegeben vom Fraunhofer IAO)

**Cervero, Robert; Golub, Aaron; Brendan, Nee (2007).** City CarShare. Longer-term travel demand and car ownership impacts. In: Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board 1992(1), S. 70–80

**City2share (2016).** <http://www.city2share.de/index.html>

**Clausen, Jens; Fichter, Klaus (2016).** Pfadabhängigkeiten und evolutorische Ökonomik.

**Commins, A. Nolan (2010)** Car Ownership and Mode of Transport to Work in Ireland. The Economic and Social Review, Vol. 41, No. 1, pp.43–75

**Conrad, Johanna (2016).** Nachhaltige Mobilität im ländlichen Raum. Global Studies Working Paper. Institute of Geographie. Universität Tübingen

**Costanza, R.; d'Arge, R.; d. Groot, R.; Farber, St.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R. V.; Paruelo, J.; Raskin, R. G.; Sutton, Paul; v. d. Belt, M. (1997).** The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. In: Nature, 1997, Vol 387 pp. 253–260

**Courtesy of Detroit Regional Chamber. (2017).** State of the Region report

**Danielzyk, Rainer; Priebs, Axel (2012).** Suburbanisierung – Angesichts von Reurbanisierungstendenzen ein Phänomen von „gestern“? In: Schenk, Winfried; Kühn, Manfred; Leibenath, Markus; Tzaschaschel, Sabine (Hg.) (2012). Suburbane Räume als Kulturlandschaften. Hannover. 25–57

**Dargay, J. M. (2002)** Determinants of car ownership in rural and urban areas. A pseudopanel analysis. Transportation Research Part E. Logistics and Transportation Review 38 (5), 351–366

**Daubitz, S. (2016).** Mobilitätsarmut. Die Bedeutung der sozialen Frage im Forschungs- und Politikfeld Verkehr. In: Schöller, o., Canzler, W., Knie, A. (Hg.). Handbuch Verkehrspolitik. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften

**Davis, Steven J.; Caldeira, Ken (2010).** Consumption-based accounting of CO<sub>2</sub> emissions. In: PNAS 107 (12), S. 5687–5692. DOI. 10.1073/pnas.0906974107

**Daziano, Ricardo A.; Sarrias, Mauricio; Leard, Benjamin (2016).** Are consumers willing to pay to let cars drive for them? Analyzing response to autonomous vehicles Discussion Paper. <http://www.rff.org/files/document/file/RFF-DP-16-35.pdf>

**DB Fernverkehr AG (2016).** Geschäftsbericht 2015. Online verfügbar unter: [http://www1.deutschebahn.com/file/ecm2-db-de/12205942/IGm-JiaRrfvFo1KFAzECoDlItSQ/11201330/data/2015\\_gb\\_dbfv.pdf](http://www1.deutschebahn.com/file/ecm2-db-de/12205942/IGm-JiaRrfvFo1KFAzECoDlItSQ/11201330/data/2015_gb_dbfv.pdf), zuletzt geprüft am 12.06.2017

**Deffner, Jutta; Stieß, Immanuel; Winker, Martina; Hefter, Tomas; Kluge, Thomas (2015).** Eckpunkte und Thesen für eine sozial-ökologische Forschungsperspektive auf urbane Räume. Unveröffentlichtes Arbeitspapier. ISOE, Frankfurt

**Deffner, Jutta; Götz, Konrad; Stete, Gisela; Bracher, Tilman; Stein, Melina; Bülow, Simon (2017).** Nachhaltige Mobilitätskultur in Hessen gestalten. Konzept für eine Mobilitätsstrategie. WISO Diskurs, 02. Bonn. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/13229.pdf>

**Deffner, Jutta; Hefter, Tomas; Götz, Konrad (2014).** Multioptionalität auf dem Vormarsch? Veränderte Mobilitätswünsche und technische Innovation als neue Potenziale für einen multimodalen Öffentlichen Verkehr. In: Schwedes, Oliver (Hg.). Öffentliche Mobilität. Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung. 2. Aufl. Wiesbaden

**Deutsche Wirtschaftsnachrichten (2016).** <https://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/2016/09/19/daimler-betriebsrat-erwartet-job-verluste-in-der-auto-industrie/>

**Deutscher Bundestag (22.02.2017).** Gesetzesentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Bevorrechtigung des Carsharing. Carsharing-Gesetz (CsgG) (18/11285)

**Deutschlandfunk (2016).** Den Deutschen einen Stups geben. [http://www.deutschlandfunkkultur.de/arbeitsgruppe-wirksam-regieren-den-deutschen-einen-stups.1008.de.html?dram.article\\_id=347199](http://www.deutschlandfunkkultur.de/arbeitsgruppe-wirksam-regieren-den-deutschen-einen-stups.1008.de.html?dram.article_id=347199)

**DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) (2017).** DGNB System. DGNB Kriterien. [http://www.dgnb-system.de/de/system/kriterien/neubau\\_gebaeude/\(09.05.17\)](http://www.dgnb-system.de/de/system/kriterien/neubau_gebaeude/(09.05.17))

**Diez, Willi; Schreier, Norbert; Haag, Alexander (2014).** Entwicklung der Beschäftigung im After-Sales. Effekte aus der Elektromobilität. Herausgegeben von: e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg; Institut für Automobilwirtschaft (IFA) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU) Nürtingen-Geislingen; Center of Automotive Service Technology (CAST) der Hochschule Esslingen

**Difu – Deutsches Institut für Urbanistik/BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2014).** Bracher, Tilman; Hertel, Martina; Radverkehr in Deutschland. Zahlen, Daten, Fakten. Berlin

**Dispan, Jürgen (2011).** Greentech im Maschinen- und Anlagenbau Baden-Württembergs. Potenziale in den Zukunftsfeldern Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Elektromobilität. Stuttgart (= IMU-Informationendienst 1/2011)

**Dispan, Jürgen; Koch, Andreas; Krumm, Raimund; Seibold, Bettina (2015).** Strukturbericht Region Stuttgart 2015. Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung. Schwerpunkt. Investitionen. Stuttgart, Tübingen, herausgegeben von: Verband Region Stuttgart, Handwerkskammer Region Stuttgart, Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart, IG Metall Region Stuttgart

**Dispan, Jürgen; Koch, Andreas; Seibold, Bettina (2017).** Strukturbericht Region Stuttgart 2017. Digitaler Wandel in der regionalen Wirtschaft. Stuttgart, Tübingen. (wird Mitte September 2017 veröffentlicht).

**Dispan, Jürgen; Krumm, Raimund; Seibold, Bettina (2013).** Strukturbericht Region Stuttgart 2013. Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung. Schwerpunkt. Fachkräftebedarf und Erwerbspersonenpotenzial. Stuttgart, Tübingen, herausgegeben von Verband Region Stuttgart, Handwerkskammer Region Stuttgart, Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart, IG Metall Region Stuttgart.

**DLR (2016).** Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr (WIV-RAD). Schlussbericht an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Mai 2016

**Doll, Claus; Hartwig, Johannes; Senger, Florian; Schade, Wolfgang; Maibach, Markus; Sutter, Daniel et al. (2013).** Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Fraunhofer Institut für System- und Innovationstechnik (ISI); Infrac; Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Nichttechnische\\_Massnahmen\\_im\\_Verkehr.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Nichttechnische_Massnahmen_im_Verkehr.pdf), zuletzt geprüft am 29.09.2016

**Doll, Claus; Hartwig, Johannes; Senger, Florian; Schade, Wolfgang (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe); Maibach, Markus; Sutter, Daniel; Bertschmann, Damaris (INFRAS, Zürich); Lambrecht, Udo; Knörr, Wolfram; Dünnebeil, Frank (IFEU, Heidelberg) (2012).** Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. Hg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4440.html> (26.05.2017)

**DVR (2017).** Deutscher Verkehrssicherheitsrat. Unfallstatistik aktuell [http://www.dvr.de/betriebe\\_bg/daten/unfallstatistik/de\\_aktuell.htm](http://www.dvr.de/betriebe_bg/daten/unfallstatistik/de_aktuell.htm) (02.06.2017)

**Eakins (2013)** – The Determinants of Household Car Ownership. Empirical Evidence from the Irish Household Budget Survey

**Engelke, Dirk; Wolfgang Jung (Hg.) (2012)**. Strategien zukünftiger Raumentwicklung in Baden-Württemberg. E-Paper der ARL. Nr. 14. Hannover

**Enquête-Kommission (2013)**. Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft

**Espinosa, Cristina; Pregernig, Michael; Fischer, Corinna (2016)**. Narrative und Diskurse in der Umweltpolitik. Möglichkeiten und Grenzen ihrer strategischen Nutzung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Freiburg

**Europäische Kommission (2017)**. Kommission droht Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien und dem Vereinigten Königreich mit Klage wegen anhaltender übermäßiger Luftverschmutzung. Brüssel. Online verfügbar unter [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-238\\_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-238_de.htm)

**Europäische Kommission (KOM) (2011)**. Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem

**European Environment Agency (EEA) (2016)**. Air quality in Europe. 2016 report. Copenhagen (EEA Report, 28/2016).

**Eurostat (2016)**. Digitale Kompetenzen. Nahezu eineinhalb Millionen zusätzliche IKT-Fachleute in den letzten 5 Jahren in der EU beschäftigt. Pressemitteilung 25.10.2016

**Fischer, Corinna; Griefshammer, Rainer (2013)**. Suffizienz. Begriff, Begründung und Potenziale. Unter Mitarbeit von Regine Barth, Bettina Brohmann, Christoph Brunn, Dirk Arne Heyen, Friedhelm Keimeyer und Franziska Wolff. Öko-Institut (Öko-Institut Working Paper, 2/2013). Online verfügbar unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/1836/2013-505-de.pdf>, zuletzt geprüft am 19.01.2016

**Flachsbarth, Franziska; Kasten, Peter (2017)**. Aktuelle Potenziale der Produktion von PtX-Kraftstoffen auf Basis von zusätzlich integrierten Erneuerbaren Energien. Öko-Institut Working Paper 3/2017. Öko-Institut e.V. Freiburg, Berlin

**Flügge, Barbara (Hg.) (2016)**. Smart Mobility. Trends, Konzepte, Best Practices für intelligente Mobilität. Wiesbaden

**Flügge, Barbara; Pfriemer, Heinrich (2016)**. Das Smart-Mobility-Ökosystem. In: Flügge, Barbara (Hg.) (2016). Smart Mobility. Trends, Konzepte, Best Practices für intelligente Mobilität. Wiesbaden. 63–82

**Follmer, Robert; Gruschwitz, Dana; Jesske, Birgit; Quandt, Sylvia; Lenz, Barbara; Nobis, Claudia et al. (2010)**. Mobilität in Deutschland 2008. Datensätze der MiD 2008. Institut für angewandte Sozialwissenschaft; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Berlin, Bonn

**Friedrich, Markus; Hartl, Maximilian (2016)**. MEGAFON. Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs, zuletzt geprüft am 08.06.2017

**Frondel and Vance (2007)**. "Do High Oil Prices Matter? – Evidence on the Mobility Behavior of German Households". Ruhr economic papers [Elektronische Ressource] / RWI Essen. ISSN. 1864-4872 Ruhr economic papers

**Fürst, Peter; Kühne, Rainer (2010)**. Straßenverkehrslärm. Eine Hilfestellung für Betroffene. Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD). Online verfügbar unter: <http://www.ald-laerm.de/fileadmin/ald-laerm.de/Publikationen/Druckschriften/Straßenverkehrslaerm.pdf>, zuletzt geprüft am 14.06.2017

**Geels, F. W. (2002)**. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes. A multi-level perspective and a case-study. In: Research Policy 31 (8-9), S. 1257–1274

**Geels, Frank W. (2005)**. Technological Transitions and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis. Cheltenham. Edward Elgar

**Gibson, Gena (2014)**. Update of the Handbook on External Costs of Transport. Hg. v. Ricardo-AEA. Online verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>, zuletzt geprüft am 07.06.2017

**Glaser, Dagmar (2012)**. Öffentlicher Personennahverkehr mit Bussen und Bahnen 2010. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 12/2012. 9

**Goodwin et al. (2003)** – Phil Goodwin, Joyce Dargay and Mark Hanly (2003), Elasticities Of Road Traffic And Fuel Consumption With Respect To Price And Income. A Review, ESRC Transport Studies Unit, University College London ([www.transport.ucl.ac.uk](http://www.transport.ucl.ac.uk)); at [www2.cege.ucl.ac.uk/cts/tsu/elasfinweb.pdf](http://www2.cege.ucl.ac.uk/cts/tsu/elasfinweb.pdf)

- Gössling, Stefan; Choi, Andy S. (2015).** Transport transitions in Copenhagen. Comparing the cost of cars and bicycles. In: *Ecological Economics* 113, S. 106–113
- Gotschi, Thomas (2011).** Costs and Benefits of Bicycling Investments in Portland, Oregon. In: *Journal of Physical Activity and Health* 8, S. 49–58
- Götz, K.; J. Deffner; T. Klinger (2016).** Mobilitätsstile und Mobilitätskulturen – Erklärungspotentiale, Rezeption und Kritik. In: Schöller, O., W. Canzler, A. Knie (Hg.). *Handbuch Verkehrspolitik*. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 781-804.
- Götz, Konrad; Deffner, Jutta; Stieß, Immanuel (2011).** Lebensstilansätze in der angewandten Sozialforschung am Beispiel der transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung. In: Rössel, Jörg; Otte, Gunnar (Hg.). *Lebensstilforschung*. Wiesbaden. 86–112
- Götz, Konrad; Willi Loose; Martin Schmied; Steffi Schubert (2003).** Mobilitätsstile in der Freizeit. Minderung der Umweltbelastungen des Freizeit- und Tourismusverkehr. Berlin
- Graff, Arno; Klose, Susan; Minkos, Andrea; Dauert, Ute; Feigenspan, Stefan (2014).** Luftqualität 2013. Vorläufige Auswertung. Umweltbundesamt (Hintergrund, Februar 2014)
- Grießhammer, Rainer; Brohmann, Bettina (2016).** Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können. Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel. Baden-Baden. Nomos
- Gruber, Johannes (2015).** Ich ersetze ein Auto (Schlussbericht). Elektro-Lastenräder für den klimafreundlichen Einsatz im Kuriermarkt. Vorhaben 03KSF029 der Nationalen Klimaschutzinitiative des BMUB. Institut für Verkehrsforschung. Berlin. [http://www.ich-ersetze-ein-auto.de/ieea/Ich-ersetze-ein-Auto\\_Schlussbericht.pdf](http://www.ich-ersetze-ein-auto.de/ieea/Ich-ersetze-ein-Auto_Schlussbericht.pdf)
- Hacker, Florian (2015).** Beitrag der Elektromobilität zur Minderung der Umweltwirkungen des Verkehrs. Forum 2. Stark in den Markt für eine umwelt- und klimafreundliche Stadt- und Verkehrsentwicklung. Präsentation vom 15. Juni 2015 (online abgerufen, 22.09.2016)
- Hacker, Florian; Harthan, Ralph; Hermann, Hauke; Kasten, Peter; Loreck, Charlotte; Seebach, Dominik; Timpe, Christof; Zimmer, Wiebke (2011).** Betrachtung der Umweltentlastungspotenziale durch den verstärkten Einsatz von kleinen batterieelektrischen Fahrzeugen im Rahmen des Projekts E-Mobility. Berlin (online abgerufen, 22.09.2016)
- Hacker, Florian; Waldenfels, Rut von; Mottschall, Moritz (2015).** Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen. Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO<sub>2</sub>-Minderung im Auftrag der Begleitforschung zum BMWi Förderschwerpunkt IKT für Elektromobilität II. Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic. Öko-Institut. Berlin
- Hackmann, Markus; Pyschny, Hermann; Stanek, Robert (2015).** Total Cost of Ownership Analyse für Elektrofahrzeuge. P3 automotive GmbH. Stuttgart
- Hansestadt Hamburg. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hg.) (2013).** Mehr Stadt in der Stadt. Chancen für mehr urbane Wohnqualität in Hamburg. Daniel Luchterhandt/Leonie Plänklers/Renée Tribble/Alexander Wenzel/Manuela Witt/Ann-Kristin Schlapkohl/Yvonne Siegmund/Jana Latus/Jonas Heger (Verf.). Hamburg
- Harding, Jochen (2013).** Aktuelle Entwicklungen im Bereich Carsharing – Fluch oder Segen für Verkehrsbetriebe. In: *Straßenverkehrstechnik* 57 (4), S. 222–227
- Hartwig, Karl-Hans (Hg.) (2014).** Aktuelle wettbewerbs- und infrastrukturpolitische Aspekte der Verkehrswirtschaft. Münster
- Helms, Hinrich; Jöhrens, Julius; Kämper, Claudia; Giegrich, Jürgen; Liebich, Axel; Vogt, Regine; Lambrecht, Udo (2016).** Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau (online abgerufen, 22.09.2016)
- Heyen, Dirk Arne (2016).** Exnovation. Herausforderungen und politische Gestaltungsansätze für den Ausstieg aus nicht-nachhaltigen Strukturen. Öko-Institut (Working Paper, 3/2016)
- Heyen, Dirk Arne; Brohmann, Bettina (2017).** Konzepte grundlegenden gesellschaftlichen Wandels und seiner Gestaltung Richtung Nachhaltigkeit. Ein Überblick über die aktuelle Transformationsliteratur. In: Jana Rückert-John und Martina Schäfer (Hg.). *Governance für eine Gesellschaftstransformation. Herausforderungen des Wandels in Richtung nachhaltige Entwicklung*. Wiesbaden. Springer, S. 69–86

- Heyen, Dirk Arne; Fischer, Corinna; Barth, Regine; Brunn, Christoph; Griefßhammer, Rainer; Keimeyer, Friedhelm; Wolff, Franziska (2013).** Suffizienz. Notwendigkeit und Optionen politischer Gestaltung. Öko-Institut (Working Paper, 3/2013). Online verfügbar unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/1837/2013-506-de.pdf>, zuletzt geprüft am 05.11.2014
- Hin, Monika (2015).** Die Branche „Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen“ in Baden-Württemberg. Eckdaten und konjunkturelle Entwicklung. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 12/2015. 24–27
- Hofmann, Jörg (2016).** „Autoregion braucht neue Perspektiven“, URL: <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.wie-ig-metall-chef-joerg-hofmann-die-job-entwicklung-in-der-autobranche-sieht-autoregion-braucht-neue-perspektiven.51224be3-8043-4c71-a054-ba913cb9963a.html>
- Holz-Rau, Christian (1990).** Bestimmungsfaktoren des Verkehrsverhaltens. Berlin
- Holz-Rau, Christian; Scheiner, Joachim (2005).** Siedlungsstrukturen und Verkehr – Was ist Ursache, was ist Wirkung? In: Raumplanung 119/2005. 67–72
- Hoyer, Lea; Kluck, Christian; Kränzke, André; Reining, Christian (2012).** Osnabrück setzt auf verknüpfte Mobilität. In: W. Loose und M. Glotz-Richter (Hg.). Car-Sharing und ÖPNV. Entlastungspotenziale durch vernetzte Angebote. Köln, S. 79–88
- Hueck, Uwe (2016).** Interview mit Uwe Hüeck. „Der beste Sattel nützt nichts ohne Pferd“, URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20161210/HEFTARCHIV/161209912/interview-mit-uwe-hueck-der-beste-sattel-nuetzt-nichts-ohne-pferd>
- Hülsmann, Friederike; Mottschall, Moritz; Hacker, Florian; Kasten, Peter (2014).** Konventionelle und alternative Fahrzeugtechnologien bei Pkw und schweren Nutzfahrzeugen. Potenziale zur Minderung des Energieverbrauchs bis 2050. Working Paper 3/2014. Öko-Institut. Berlin
- Hunsicker, F., Sommer, C. (2009).** Mobilitätskosten 2030. Autofahren und ÖPNV-Nutzung werden teurer. In: Internationales Verkehrswesen. 61. Jg. Heft 10, S. 367–376
- ICCT (2016).** FROM LABORATORY TO ROAD, ICCT, TNO [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_LaboratoryToRoad\\_2016.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LaboratoryToRoad_2016.pdf)
- Ifeu (2017).** Fabian Bergk, Wolfram Knörr, Udo Lambrecht (Hg. Umweltbundesamt). „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“, Dessau-Roßlau 2017, ISSN 1862-4359
- Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (Hg.) (2011).** Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher. München
- IHK Region Stuttgart (Hg.) (2012).** Innenstadtlogistik mit Zukunft. Maßnahmen für einen funktionierenden Wirtschaftsverkehr in der Stadt Stuttgart. [https://www.stuttgart.ihk24.de/blob/sihk24/presse/Publicationen/Branchen/669346/3faeao610f6fb5675585a8b935f8f52/Innerstaedtischer\\_Wirtschaftsverkehr\\_INTERNET-data.pdf](https://www.stuttgart.ihk24.de/blob/sihk24/presse/Publicationen/Branchen/669346/3faeao610f6fb5675585a8b935f8f52/Innerstaedtischer_Wirtschaftsverkehr_INTERNET-data.pdf)
- IHS (2015).** Trends Impacting the global automotive aftermarket
- IMU-Institut (2016).** IMU-Akzente Beratung · Forschung · Seminare Nr. 24 · Juni 2016
- in ,t Veld, Roeland Jaap (2011).** Transgovernance. The quest for governance of sustainable development. IASS. Potsdam
- Infas – Institut für angewandte Sozialforschung GmbH/DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2010).** Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Bonn, Berlin
- Innovaplan (2015).** Radverkehr in Baden-Württemberg. Bericht. [http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user\\_upload\\_fahrradlandbw/1\\_Radverkehr\\_in\\_BW/a\\_Radstrategie/Radverkehr\\_Baden.Wuerttemberg\\_heute.pdf](http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user_upload_fahrradlandbw/1_Radverkehr_in_BW/a_Radstrategie/Radverkehr_Baden.Wuerttemberg_heute.pdf) (online abgerufen, 11.10.2016)
- IÖR (Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung) (2007).** Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Bundesregierung. Erarbeitet im Auftrag des BMVBS und des BBR. Forschungen, Heft 130
- Jacob, Klaus; Wolff, Franziska; Graaf, Lisa; Heyen, Dirk Arne (i. E.).** Elemente und Handlungsansätze einer transformativen Umweltpolitik
- Jessen, Johann; Siedentop, Stefan; Zakrzewski, Philipp (2012).** Rezentralisierung der Stadtentwicklung? In: Brake, Klaus; Herfert, Günter (2012). Reurbanisierung. Materialität und Diskurs in Deutschland. Wiesbaden. 198–215

- Joumard, Robert; Gudmundsson, Henrik (2010).** Indicators of environmental sustainability in transport. INRETS. INRETS, pp.422, 2010, Recherches, A. Lauby
- Kagermann, Henning (2016).** Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert, Tagesspiegel eMobility Summit – Berlin, 25.10.2016
- Kalmbach, Peter; Franke, Reiner; Knottenbauer, Karin; Krämer, Hagen (2005).** Die Interdependenz von Industrie und Dienstleistungen. Zur Dynamik eines komplexen Beziehungsgeflechts. Berlin (edition sigma)
- Karlaftis, M.; Golias, J. (2002).** Automobile ownership, households without automobiles, and urban traffic parameters. Are they related? Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board 1792, 29–35
- KBA (2015).** Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD 3). Inlandsverkehr Jahr 2014. Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), zuletzt geprüft am 13.06.2017
- Kemnitzer, Tim (2016).** EU-Vertragsverletzungsverfahren 2016/2116 wg. fehlender Lärmaktionspläne. E-Mail an die von der Lärmkartierung 2012 betroffenen Städte und Gemeinden.
- Kirsch, Karin (2015).** Schlüsselereignisse und schleichende Prozesse mit Auswirkungen auf die Mobilität Älterer. In: Scheiner, Joachim; Holz-Rau, Christian (Hg.). Räumliche Mobilität und Lebenslauf. Studien zu Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation. Wiesbaden. 151–175
- Klinger, Thomas; Kemen, Juliane; Lanzendorf, Martin; Deffner, Jutta; Stein, Melina (2016).** Sharing-Konzepte für ein multioptionales Mobilitätssystem in Frankfurt/Rhein/Main. Analyse neuerer Entwicklungen und Ableitung von Handlungsoptionen für kommunale und regionale Akteure. Schlussbericht. Arbeitspapiere zur Mobilitätsforschung, 9. Frankfurt am Main
- Knoflacher, Hermann (2013).** Die Zukunft der Mobilität – Über die Notwendigkeit einer Verkehrswende. In. Münchener Stadtgespräche Nr. 66, 10/2013. 4–7
- Knöll, Matrin; Neuheuser, Katrin; Vogt, Joachim; Rudolph-Cleff, Annette (2014).** Einflussfaktoren der gebauten Umwelt auf die wahrgenommene Aufenthaltsqualität während der Nutzung städtischer Räume. Umweltpsychologie, 2(18), 84–102
- Knörr, Wolfram; Heidt, Christoph; Schacht, Alexander (2012).** Aktualisierung Daten- und Rechenmodell. Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960–2030 (TREMODO, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990–2011). Endbericht. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 360 16 037. Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg
- Kollosche, Ingo; Schwedes, Oliver (2016).** Mobilität im Wandel. Transformationen und Entwicklungen im Personenverkehr. Bonn (herausgegeben von der Friedrich-Ebert-Stiftung, = WISO Diskurs 14/2016)
- Kopatz, Michael (2016).** Ökoroutine. Damit wir tun was wir für richtig halten. Oekom-Verlag München
- KPMG (2017).** Global Automotive Executive Research 2017
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2015).** Bestand an Pkw am 1. Januar 2015 gegenüber dem 1. Januar 2014 auf 1.000 Einwohner (Diagramm). [http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2015\\_b\\_pkw\\_bundeslaender\\_diagramm.html](http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2015_b_pkw_bundeslaender_diagramm.html) (aufgerufen am 23.02.2016)
- Kristof, Kora (2010).** Models of change. Einführung und Verbreitung sozialer Innovationen und gesellschaftlicher Veränderungen in transdisziplinärer Perspektive. Zürich. vdf-Hochschulverlag
- Kruse, Sylvia (2010).** Vorsorgendes Hochwassermanagement im Wandel. Ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Kuhm, Klaus (1997).** Moderne und Asphalt. Die Automobilisierung als Prozeß technologischer Integration und sozialer Vernetzung. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften (Stadt, Raum und Gesellschaft, 9)
- Kuhnimhof, Tobias; Bühler, Ralph; Dargay, Joyce (2011).** A New Generation. Travel Trends for Young Germans and Britons. In: Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board 2230. Washington, D.C.. 58–67
- Kuhnimhof, Tobias; Bühler, Ralph; Wirtz, Matthias; Kalinowska, Dominika (2012).** Travel Trends among Young Adults in Germany. Increasing Multimodality and Declining Car Use for Men. Journal of Transport Geography 24. 443–450

**Kunert, Uwe; Radke, Sabine; Chlond, Bastian; Kagerbauer, Martin (2012).** Auto-Mobilität. Fahrleistungen steigen 2011 weiter. DIW-Wochenbericht 47. 3–14

**Kutter, Eckhard (2016).** Siedlungsstruktur und Verkehr. Zum Verständnis von Sachzwängen und individueller Verkehrserreichbarkeit in Stadtregionen. In: Oliver Schwedes; Weert Canzler; Andreas Knie (Hg.). Handbuch Verkehrspolitik. Springer Verlag Berlin

**Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2016).** Spotmessstelle „Stuttgart Am Neckartor“. Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid überschritten. Online verfügbar unter <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/-/spotmessstelle-stuttgart-am-neckartor-immissionsgrenzwert-fur-stickstoffdioxid-ueberschritten->

**Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (o. J.).** Emissionen in Baden-Württemberg 2014 in Tonnen pro Jahr. Online verfügbar unter [https://ekat.lubw.baden-wuerttemberg.de/bw\\_tabelle.php](https://ekat.lubw.baden-wuerttemberg.de/bw_tabelle.php), zuletzt geprüft am 07.06.2017

**Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2015).** Umweltdaten 2015 Baden-Württemberg

**Legler, Harald; Gehrke, Birgit; Krawczyk, Olaf; Schasse, Ulrich; Rammer, Christian; Laheyda, Nina (2015).** „Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland. Ausbau und Betrieb, heute und morgen“ <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/beschaeftigung-durch-erneuerbare-energien-in-deutschland.html>

**Liddle, Brantley (2012).** „The Systemic, Long-run Relation among Gasoline Demand, Gasoline Price, Income, and Vehicle Ownership in OECD Countries. Evidence from Panel Cointegration and Causality Modeling“. MPRA Paper No. 52081, posted 10. December 2013 20:30 UTC

**Lobig, Anika; Liedtke, Gernot; Knörr, Wolfram (2017).** Beitrag des Schienengüterverkehrs zur Energiewende. In: Internationales Verkehrswesen 69, S. 48–52, zuletzt geprüft am 31.05.2017

**Loorbach, Derk (2010).** Transition Management for Sustainable Development. A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. In: Governance 23 (1), S. 161–183

**Loose, Willi (2009).** Nutzen – Carsharing als stadtverträgliche Mobilität. In: W. Christ (Hg.). Access für All – Zugänge zur gebauten Umwelt. Basel, S. 134–143

**Löw, Martina (2001).** Raumsoziologie. Frankfurt am Main. Suhrkamp

**Löw, Martina; Sturm, Gabriele (2005).** Raumsoziologie. In: Kessel et al. Handbuch Sozialraum (2005)

**MacKenzie, Don; Wadud, Zia; Leiby, Pail (2014).** Energy Impacts of Vehicle Automation. A First Order Estimate of Energy Impacts of Automated Vehicles in the United States. TRB Paper No. 14-2193

**Mayntz, Renate; Schneider, Volker (1995).** Die Entwicklung technischer Infrastruktursysteme zwischen Steuerung und Selbstorganisation. In: Mayntz, Renate/ Fritz W. Scharpf (Hg.) (1995). Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung. Frankfurt/New York. 73–100

**McKinsey (2010).** Beitrag der Elektromobilität zu langfristigen Klimaschutzziele und Implikationen für die Automobilindustrie. Im Auftrag des BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin

**McKinsey (2016).** Disruptive Trends that will transform the industry, <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry>

**Miller, Joshua (2016).** Reducing CO<sub>2</sub> emissions from road transport in the European Union. An evaluation of policy options, zuletzt geprüft am 17.10.2016

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW) (2014).** Indikatorenbericht 2014 – Statusindikatoren einer nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg.

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW) (2014a).** Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg.

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW) (2014b).** Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg (IEKK).

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW) (2015).** Erster Monitoring-Kurzbericht 2014 – Klimaschutzgesetz / Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg.

**Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (o.J.).** Nachhaltigkeitsziele. Online verfügbar unter <http://www.neue-mobilitaet-bw.de/unsere-ziele/nachhaltigkeit/>, zuletzt geprüft am 06.06.2017

**MLR BW (2016).** Wirtschaftsfaktor Tourismus für das Bundesland Baden-Württemberg 2015. Anlage zur Pressemitteilung 58/2016. Online abrufbar unter. [https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/PDFs/Tourismus/Bilderstrecke\\_Tourismus\\_Ausdruck.pdf](https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/PDFs/Tourismus/Bilderstrecke_Tourismus_Ausdruck.pdf), zuletzt geprüft am 11.05.2017

**Mock, Peter; Tietge, Uwe; Franco, Vicente; German, John; Bandivadekar, Anup; Ligterink, Norbert; Lambrecht, Udo (2014).** From Laboratory to Road. A 2014 Update of Official and “Real-World” Fuel Consumption and CO<sub>2</sub> Values for Passenger Cars in Europe. White Paper. International Council on Clean Transportation; Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek; Institut für Energie- und Umweltforschung; Kühlwein – Ingenieurwissen für saubere Umwelt.

**Mohr, Detlev; Kaas, Hans-Werner; Gao, Paul; Wee, Dominik; Möller, Timo (2016).** Automotive revolution – perspective towards 2030 How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry, McKinsey & Company.

**Münzenmeier, Werner (1988).** Zur Abhängigkeit baden-württembergischer Arbeitsplätze vom Automobilbau. In: Baden-Württemberg in Wort und Zahl 12/88. 514–521

**MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2016).** Radstrategie Baden-Württemberg. Wege zu einer neuen Radkultur für Baden-Württemberg. [http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user\\_upload\\_fahrradlandbw/Downloads/RadSTRATEGIE\\_Baden-Wuerttemberg\\_web.pdf](http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user_upload_fahrradlandbw/Downloads/RadSTRATEGIE_Baden-Wuerttemberg_web.pdf), online abgerufen, 11.10.2016

**MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (Hg.) (2015).** Nachhaltige Mobilität für alle. Strategie des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur. Stuttgart. [http://www.neue-mobilitaet-bw.de/fileadmin/4\\_Publikationen/Broschuere\\_Nachhaltige\\_Mobilitaet\\_fuer\\_alle.PDF](http://www.neue-mobilitaet-bw.de/fileadmin/4_Publikationen/Broschuere_Nachhaltige_Mobilitaet_fuer_alle.PDF)

**MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (Hg.) (o.J.).** RadKULTUR in Baden-Württemberg. [http://www.agfk-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Projekte/RadKULTUR/1409\\_01\\_Vorstellung\\_RadKULTUR\\_Baden-Wuerttemberg\\_A4\\_web.pdf](http://www.agfk-bw.de/fileadmin/user_upload/Projekte/RadKULTUR/1409_01_Vorstellung_RadKULTUR_Baden-Wuerttemberg_A4_web.pdf)

**MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (MVI) (2015).** Nachhaltigkeitsbericht 2014 des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur

**MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (MVI) (2014).** Zielkonzept 2025 für den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) in Baden-Württemberg Angebotskonzept und Angebotsstandards für den landesbestellten SPNV. [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/SPNV\\_Broschuere\\_Zielkonzeption-SPNV\\_Auflage\\_2\\_-\\_Final.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Broschueren/SPNV_Broschuere_Zielkonzeption-SPNV_Auflage_2_-_Final.pdf). Letzter Abruf 09.06.2017

**Nationale Plattform Elektromobilität (2015).** Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, Berlin. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO)

**Neumann, Lars; Krippendorf, Walter (2016).** Branchenanalyse Bahnindustrie. Industrielle und betriebliche Herausforderungen und Entwicklungskorridore. Düsseldorf (herausgegeben von der Hans Böckler Stiftung, = HBS Study 331)

**Nobis, Claudia (2014).** Multimodale Vielfalt. Quantitative Analyse multimodalen Verkehrshandelns. Dissertation. Berlin

**NRVP (2020).** Nationaler Radverkehrsplan 2020. BMVBS 2012

**NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH (2016).** Wirkungskontrolle Radverkehrsförderung in Baden-Württemberg. 1. Wirkungskontrolle 2014/2015. Kurzfassung. NVBW Schriftenreihe. Stuttgart. [http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user\\_upload\\_fahrradlandbw/1\\_Radverkehr\\_in\\_BW/g\\_Wirkungskontrolle/Kurzfassung\\_Wirkungskontrolle\\_Radverkehrsfoerderung.pdf](http://www.fahrradland-bw.de/fileadmin/user_upload_fahrradlandbw/1_Radverkehr_in_BW/g_Wirkungskontrolle/Kurzfassung_Wirkungskontrolle_Radverkehrsfoerderung.pdf) (online abgerufen, 11.10.2016)

**Ohnmacht, Timo; Grotrian, Jobst; Stettler, Jürg; Götz, Konrad; Deffner, Jutta; Haefeli, Ueli; Matti, Daniel (2008).** Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen. Forschungsauftrag SVI 2004/074 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI). Frankfurt/Luzern

**OECD (2015).** System innovation. Synthesis report. [https://www.innovationpolicyplatform.org/sites/default/files/general/SYSTEMINNOVATION\\_FINALREPORT.pdf](https://www.innovationpolicyplatform.org/sites/default/files/general/SYSTEMINNOVATION_FINALREPORT.pdf)

- Öko-Institut (2017).** Handlungsbedarf und -optionen zur Sicherstellung des Klimavorteils der Elektromobilität. Studie im Auftrag des BMUB. Mai 2017
- Öko-Institut (Hg.) (2011).** Autos unter Strom. Ergebnisbroschüre erstellt im Rahmen des Projektes Optum – Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen – Integrierte Betrachtung von Fahrzeugnutzung und Energiewirtschaft. Berlin (online abgerufen, 22.09.2016)
- Öko-Institut; Infrac; Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2016).** Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Unter Mitarbeit von Peter Kasten, Moritz Mottschall und Wolfgang Köppel. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: [http://www.dvgw-ebi.de/download/2016-11-10\\_endbericht\\_energieversorgung\\_des\\_verkehrs\\_2050\\_final.pdf](http://www.dvgw-ebi.de/download/2016-11-10_endbericht_energieversorgung_des_verkehrs_2050_final.pdf)
- Ott, Konrad; Döring, Ralf (2011).** Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit. 3. Aufl. Marburg. Metropolis-Verl. (Beiträge zur Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit, 1)
- Paech, Niko (2012).** Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie. München. Oekom
- Platzer, Michaela; Harrison, Glennon (2009).** The U.S. Automotive Industry. National and State Trends in Manufacturing Employment
- Prognos AG (2016).** Industriestandort Deutschland und Bayern 2030. München. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.
- PWC (PricewaterhouseCoopers) (2017).** PWC Autofacts Q1 2017. Forecast Release.
- RadKULTUR Baden-Württemberg (2016).** RadKULTUR – offizielle Webseite. <https://www.radkultur-bw.de/>
- Rammler, Stephan (2000).** Die Wahlverwandtschaft von Moderne und Mobilität. Berlin
- Ramsauer, Kathrin (2015).** Investitionen in der Kfz-Industrie. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 10/2015. 38–42
- Reißig, Rolf (2009).** Gesellschafts-Transformation im 21. Jahrhundert. Ein neues Konzept sozialen Wandels. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Reuters (2017).** Daimler will Beschäftigung bei Verbrennungsmotoren verringern. URL. <http://de.reuters.com/article/deutschland-daimler-idDEKBN1511OT>
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Åsa; Chapin, F. Stuart; Lambin, Eric et al. (2009).** Planetary Boundaries. Exploring the Safe Operating Space for Humanity. In: Ecology and Society 14 (2), zuletzt geprüft am 06.11.2014
- Rose Versand GmbH (2014).** Fahrradfahren in Deutschland 2014. Eine Studie der Rose Versand GmbH. 3. Aufl.
- Renewbility III.** Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Öko-Institut, Institut für Verkehrsforschung am DLR, ifeu, INFRAS. Im Auftrag des BMUB. 2016
- Runge, Diana (2005).** Mobilitätsarmut in Deutschland? Hg. v. Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung TU Berlin (IVP Schriften), zuletzt geprüft am 25.02.2016
- Rydén, Christian; Morin, Emma (2005).** Environmental assessment (Report WP 6)
- Sausen, Matthes (2014).** Einfluss des Flugverkehrs auf das Klima. promet, Jahrgang 38. Nr. fj, 193–200. Deutscher Wetterdienst 2014
- Schade, Wolfgang; Zanker, Christoph; Kühn, André; Kinkel, Steffen; Jäger, Angela; Hettesheimer, Tim; Schmall, Thomas (2012).** Zukunft der Automobilindustrie, Arbeitsbericht Nr. 152, Berlin. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Schäfer, Markus (2017).** Interview mit Mercedes-Produktionschef Markus Schäfer. „Maximale Fertigungsflexibilität ist für EQ das A und O“, URL: <http://www.automobilwoche.de/article/20170323/BCONLINE/170319898/interview-mit-mercedes-produktionschef-markus-schaefer-maximale-fertigungsflexibilitaet-ist-fuer-eq-das-a-und-o>.
- Schäfer, Tobias; Jud, Christopher; Mikusz, Martin (2015).** Plattform-Ökosysteme im Bereich der intelligent vernetzten Mobilität. Eine Geschäftsmodellanalyse. HMD (2015) 52. 386–400 (online abgerufen, 22.09.2016)

- Scheiner, Joachim; Holz-Rau, Christian (2015).** Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation. Neue Zugänge zu einem alten Thema. In: Ders. (Hg.). Räumliche Mobilität und Lebenslauf. Studien zu Mobilitätsbiografien und Mobilitätssozialisation. Wiesbaden. 3–22
- Schlag, Bernhard (2015).** Die Technik übernimmt das Steuer? Vortrag auf dem 13. Hessischen Mobilitätskongress auf der IAA in Frankfurt/Main. [https://www.mobil-in-hessen.de/mm/mm002/Bernhard\\_Schlag.pdf](https://www.mobil-in-hessen.de/mm/mm002/Bernhard_Schlag.pdf) (online abgerufen, 22.09.2016)
- Schneider, Norbert; Limmer, Ruth; Ruckdeschel, Kerstin (2002).** Berufsmobilität und Lebensform. Sind berufliche Mobilitätsanforderungen in Zeiten der Globalisierung noch mit Familie vereinbar? Schriftenreihe des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, 208. Stuttgart
- Schneidewind, Uwe (2014).** Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschungswerkstatt. pnd online III
- Schönduwe, Robert; Bock, Benno; Deibel, Inga (2012).** Alles wie immer, nur irgendwie anders? Trends und Thesen zu veränderten Mobilitätsmustern junger Menschen. InnoZ-Baustein Nr. 10. Berlin
- Schröder, Meinhard (2016).** Ridesharing-Angebote als Herausforderung für das Personenbeförderungs- und das Ordnungsrecht (3). In: Revista digital de direito administrativo (1), S. 42–52. Online verfügbar unter: <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.htm>, zuletzt geprüft am 15.02.2011
- Schubert, Markus (2014).** Verkehrsverflechtungsprognose 2030 – Abschlussbericht – Los 3. Schlussbericht, zuletzt geprüft am 20.10.2015
- Schubert, Steffi (2009).** Steigende Verkehrskosten. Soziale und räumliche Dimension. In: Informationen zur Raumentwicklung. Heft 12, S. 813–821
- Schwarck, Cornelia (2012).** Der typisch ländliche Kreis? In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2/2012
- Schwarz-Kocher, Martin (2017).** Umsteuern mit und ohne Diesel? Wirtschaftliche und beschäftigungspolitische Gesichtspunkte. Vortrag bei einer Tagung der Evangelischen Akademie Bad Boll am 10.03.2017 in Stuttgart.
- Schwermer, Sylvia (2012).** Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau
- SCI Verkehr (o. J.).** Der deutsche Bahnmarkt vor Richtungsentscheidungen. [http://www.sci.de/fileadmin/user\\_upload/Free\\_Downloads/dt/130506\\_Der\\_Deutsche\\_Bahnmarkt.pdf](http://www.sci.de/fileadmin/user_upload/Free_Downloads/dt/130506_Der_Deutsche_Bahnmarkt.pdf), letzter Abruf 30.08.2016
- Senate Fiscal Agency (2007).** The US and Michigan Motor Vehicle Statistical Report. 2007
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2016).** 86. Umweltministerkonferenz am 17. Juni 2016 in Berlin. Ergebnisprotokoll. Berlin
- Shaheen, Susan A.; Cohen, Adam P. (2007).** Growth in Worldwide Carsharing. An International Comparison. In: Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1992, S. 81–89
- Shaheen, Susan; Cohen, Adam; Roberts, Darius (2006).** Carsharing in North America. Market Growth, Current Developments, and Future Potential. In: Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board 1986 (1), S. 116–124
- Siedentop, Stefan (2009).** Bewertung der Siedlungsentwicklung – welche Indikatoren brauchen wir? Präsentation auf dem IÖR-Workshop Flächennutzungsmonitoring, Dresden, 22. Januar 2009
- Sivak, Michael; Schoettle, Brandon (2015).** Road Safety with Self-Driving Vehicles. General Limitations and Road Sharing with Conventional Vehicles. The University of Michigan, Transportation Research Institute. Report No. UMTRI-2015-2. Michigan
- SMS – Struktur Management Partner und Institut für Automobilwirtschaft (o. J.).** Spreu und Weizen. Welche KMU-Automobilzulieferer schaffen den Strukturwandel, welche nicht? Köln
- Sofka, Wolfgang (2009).** Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext. Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Projekt Nr. 29/08. Hannover/Mannheim. Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsförderung/Zentrum für Europäische Wirtschaftsförderung GmbH
- Sommer, Carsten; Mucha, Elena (2013).** Multimodale Angebote zur Ergänzung des klassischen Nahverkehrs. In: Der Nahverkehr. Öffentlicher Personennahverkehr in Stadt und Region 31 (6), S. 18–22

- Sommer, Carsten; Mucha, Elena; Roßnagel, Alexander; Anschütz, Maria; Hentschel, Anja; Loose, Willi (2016).** Umwelt- und Kostenvorteile ausgewählter innovativer Mobilitäts- und Verkehrskonzepte im städtischen Personenverkehr. Endbericht. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (87)
- Spath, Dieter; Bauer, Wilhelm; Rothfuss, Florian.; Voigt, Simon; Rath, Karola. (2010).** Strukturstudie BWe mobil Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, Stuttgart. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO); Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS)
- Spath, Dieter; Rothfuss, Florian; Herrmann, Florian; Voigt, Simon; Brand, Marius; Fischer, Susanne; Ernst, Thomas; Rose, Hannes; Loleit, Martha (2011).** Strukturstudie BWe mobil 2011. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, 2. Auflage. e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO); Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg; Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS)
- Spath, Diether; Bauer, Wilhelm; Voigt, Simon; Borrmann, Daniel; Herrmann, Florian; Brand, Marius; Rally, Peter; Rothfuss, Florian; Sachs, Carolina; Friedrich, Horst E.; Frieske, Benjamin; Propfe, Bernd; Redelbach, Martin; Schmid, Stephan; Dispan, Jürgen (2012).** Elektromobilität und Beschäftigung – Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). Düsseldorf. Hans-Böckler-Stiftung
- Stadt Zürich (Hg.) (2006).** Stadträume 2010. Strategie für die Gestaltung von Zürichs öffentlichem Raum. Miriam Schlup Villaverde/Franz Eberhard/Brigit Wehrli/Roger Jans/Fritz Römer/Paul Bauer/Christine Bräm (Verf.). Zürich [https://www.stadt-zu-erich.ch/ted/de/index/oeffentlicher\\_raum/heute\\_und\\_morgen/strategie/stadtraeume\\_2010.html](https://www.stadt-zu-erich.ch/ted/de/index/oeffentlicher_raum/heute_und_morgen/strategie/stadtraeume_2010.html) (10.06.2015)
- Statista (2017).** <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/203028/umfrage/touristische-ankuenfte-aus-dem-in-und-ausland-nach-bundeslaendern/>
- Statistik der Kohlewirtschaft (2016).** Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2015 S.38
- Statistisches Bundesamt (2004).** Personenverkehr mit Bussen und Bahnen – Fachserie 8 Reihe 3.1 – 2004. Online verfügbar unter: [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00006123/2080310047004.pdf](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00006123/2080310047004.pdf), zuletzt geprüft am 07.06.2017
- Statistisches Bundesamt (2014).** Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2014
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2015).** Personenverkehr mit Bussen und Bahnen – Fachserie 8 Reihe 3.1 – 2015. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/PersonenverkehrSchienenverkehr/PersonenverkehrBusseBahnenJ2080310157004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/PersonenverkehrSchienenverkehr/PersonenverkehrBusseBahnenJ2080310157004.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 07.06.2017
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2013).** Fahrleistungen und Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg. In. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg, 2013/4, 42–46
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017a).** <http://www.statistik-bw.de/Arbeit/Beschaeftigte/LRto507.jsp>, abgerufen am 22.3.2017
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017b).** Endenergiebedarf des Verkehrs. Online verfügbar unter <http://www.statistik-bw.de/Energie/Energiebilanz/LRt1507.jsp>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017c).** Straßenverkehrsunfälle und Verunglückte <http://statistik-bw.de/Verkehr/Unfaelle/> (02.06.2017)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2016a).** Güterverkehrsleistung im Bundesvergleich. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Verkehr/PersGueterverk/v5b05.jsp>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2016b).** Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr in Baden-Württemberg seit 1980 nach Straßenkategorien und Fahrzeugarten. Online verfügbar unter <http://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/v5c01.jsp>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (22.08.2016).** Flächenverbrauch bei 5,2 Hektar pro Tag. Baden-Württemberg: Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche bei 14,4 Prozent – Große Unterschiede in den Kreisen des Landes. Online verfügbar unter <http://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2016242>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015).** statistik AKTUELL. Flächenverbrauch in Baden-Württemberg rückläufig. Stuttgart

- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014).** Vorausgerechnete Bevölkerung im Kreisvergleich. <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Vorausrechnung/Kreisdaten.jsp> (23.05.2017)
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.; Fetzer, I.; Bennett, E. M. et al. (2015).** Planetary Boundaries. Guiding human development on a changing planet. In: *Science* 347 (6223)
- Stein, Melina (2016).** Recherche zum autonomen Fahren. Unveröffentlichtes Arbeitspapier, ISOE. Frankfurt am Main
- Steininger, Karl W.; Lininger, Christian; Meyer, Lukas H.; Muñoz, Pablo; Schinko, Thomas (2015).** Multiple carbon accounting to support just and effective climate policies. In: *Nature Climate Change* 6 (1), S. 35–41. DOI. 10.1038/nclimate2867
- Stengel, Oliver (2011).** Suffizienz. Die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise. München. oekom Verlag (Wuppertaler Schriften zur Forschung für eine nachhaltige Entwicklung, 1)
- Sterner, Michael; Thema, Martin; Eckert, Fabian; Moser, Albert; Schäfer, Andreas; Drees, Tim et al. (2014).** Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz. Hg. v. Agora Energiewende. Berlin, zuletzt geprüft am 18.05.2017
- Sternkopf, Benjamin; Nowack, Felix (2016).** Lobbying. Zum Verhältnis von Wirtschaftsinteressen und Verkehrspolitik. In: Oliver Schwedes, Weert Canzler und Andreas Knie (Hg.). *Handbuch Verkehrspolitik*. Wiesbaden. Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 381–399
- Stiewe, Mechtild (2015).** Wohnstandortbezogene Mobilitätsdienstleistungen – Ein Beitrag zur Daseinsvorsorge?! In: Heike Proff (Hg.). *Entscheidungen beim Übergang in die Elektromobilität*. Wiesbaden. Springer, S. 533–555
- Stiewe, Mechtild; Bäumer, Doris (2013).** Klimaverträglich mobil in Zeichen des demographischen Wandels – Wie Wohnen Mobilität bestimmt. In: Manfred Schrenk, Vasily V. Popovich, Peter Zeile und Pietro Elisei (Hg.). *Proceedings of the 18th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society*. Rom, Italien. REAL CORP 2013, S. 475–484
- Streit, Tatjana; Alier, Charles-Elie; Weiß, Christine; Chlond, Bastian (2015).** Changes and Variability and Flexibility of Individual Travel in Germany – Trends and Drivers. *Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board* 2496. 10–19
- Stuttgarter Zeitung (2017).** Das E-Auto kommt, doch wo bleiben die Jobs? URL. <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.region-stuttgart-das-e-auto-kommt-doch-wo-bleiben-die-jobs.a830aa7b-4e5d-47d6-bc78-b73c22b2of10.html>
- Süddeutsche Zeitung (2016a).** Vive la Révolution! Auf dem pariser Autosalon verkündet Daimler einen tiefgreifenden Kurswandel bei Produkten und Prozessen. Gelingt die Transformation zur agilen Tech-Company? Artikel vom 08.10.2016
- Süddeutsche Zeitung (2016b).** Bundesrat für steuerliche Anreize für emissionsfreie Autos. Artikel vom 09.10.2016. <http://www.sueddeutsche.de/politik/umwelt-bundesrat-fuer-steuerliche-anreize-fuer-emissionsfreie-autos-1.3196529>
- Thaler, Richard H.; Cass R. Sunstein (2011).** *Nudge*. Wie man kluge Entscheidungen anstößt. Ullstein-Verlag Berlin
- Tietge, Uwe; Díaz, Sonsoles; Mock, Peter; German, John; Bandivadekar, Anup; Ligterink, Norbert (2016).** From Laboratory to Road. A 2016 update of official and „real-world“ fuel consumption and CO<sub>2</sub> values for passenger cars in Europe. International Council on Clean Transportation (ICCT); Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO)
- Trapp, Jan Hendrik; Schneider, Stefan; Arndt, Wulf-Holger; Libbe, Jens; Mottschall, Moritz; Bergmann, Thomas (2017).** Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen (RELIS). Umweltschonend, robust, demografiefest
- Trunk, Gregor (2010).** Gesamtwirtschaftlicher Vergleich von Pkw- und Radverkehr. Ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsdiskussion. Institut für Verkehrswesen, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Universität für Bodenkultur Wien. <http://epub.boku.ac.at/obvbkhs/download/pdf/1035872?originalFilename=true>
- Tullius, Kai (2002).** HEAVEN. Deliverable D 8.9 – Demonstration Berlin
- U.S. Department of Labor. (2009).** Bureau of Labor Statistics, Quarterly Census of Employment and Wages
- UBA (2012).** Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. UBA-Positionspapier. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale\\_landflaechen\\_und\\_biomasse\\_kurz\\_deutsch\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_und_biomasse_kurz_deutsch_bf.pdf)

- UBA (2014).** Umweltverträglicher Verkehr 2050. Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland. UBA-Texte 59/2014
- UBA (2015a).** Gerlach, Julia, Susan Hübner, Thilo Becker, Udo J. Becker (2015); Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. UBA-Texte 12/2015
- UBA (2015b).** Maut für Deutschland. Jeder Kilometer zählt. Der Beitrag einer Lkw-, Bus- und Pkw- Maut zu einer umweltorientierten Verkehrsinfrastrukturfinanzierung, Positionspapier November 2015
- UBA (2016a).** Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur, Anforderungen und Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Entwicklung des Güterverkehrs – eine systematische Analyse auf der Grundlage eines Ländervergleichs. INFRAS, Fraunhofer ISI im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2016
- UBA (2016b).** Öko-Institut, INFRAS, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes
- UBA (2017a).** Klimaschutz im Verkehr. Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen. Teilbericht des Projekts „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs 2050“. Ifeu im Auftrag des Umweltbundesamtes
- UBA (2017b).** Daten zur Umwelt. Verkehr. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: [www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr](http://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr), zuletzt geprüft am 08.05.2017
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2015).** Zweiter Monitoring-Kurzbericht 2015, zuletzt geprüft am 06.06.2017
- UN Generalversammlung (2015).** Transformation unserer Welt. Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Sustainable Development Goals (SDGs). Online verfügbar unter: <http://www.un.org/depts/german/gv-70/a70-l1.pdf>, zuletzt geprüft am 13.06.2017
- UNFCC (2017).** Paris Agreement – Status of Ratification, [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9444.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC) (2015).** Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President
- Unruh, Gregory C. (2000).** Understanding carbon lock-in. In: Energy Policy 28 (12), S. 817–830. DOI. 10.1016/S0301-4215(00)00070-7
- VDA (2017).** Zahlen und Daten, URL. <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/zahlen-und-daten-uebersicht.html>
- VDB – Verband der Bahnindustrie Deutschland e.V. (2010).** Politikbrief 01.2010
- VDV – Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2016).** 2015. Statistik. Köln
- VDV – Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (Hg.) (2015).** Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge – Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Positionspapier November 2015. <https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf?forced=true> (online abgerufen. 22.9.2016)
- Volk, Frank (2016).** Der Schlüssel zur Zukunft. In: Automobil Produktion 9/2016. 12-15
- Voß, Jan-Peter; Bauknecht, Dierk; Kemp, René (Hg.) (2006).** Reflexive Governance for Sustainable Development. London
- VSF – Verbund Service und Fahrrad g. e. V. (2015).** Kurzgutachten „Daten zur Fahrradwirtschaft in Baden-Württemberg“ im Rahmen der RadSTRATEGIE der Landesregierung Baden-Württemberg. Stuttgart
- VVS – Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart GmbH (2015).** Rundum Mobil, Vernetzt und Zukunftsfähig. Der Verbundbericht des VVS 2015. Stuttgart. <http://www.vvs.de/download/Verbundbericht-2015.pdf> (online abgerufen. 22.09.2016)
- Wachenfeld, Walther; Winner, Herrmann; Gerdes, Chris; Lenz, Barbara; Maurer, Markus; Beiker, Sven; Fraedrich, Eva; Winkle, Thomas (2015).** Use-Cases des autonomen Fahrens. In: Maurer, Markus; J. Christian Gerdes; Barbara Lenz; Hermann Winner (Hg.). Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin, Heidelberg. 9–37
- WBGU (2011).** Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. 2., veränderte Auflage. Berlin. WBGU (Hauptgutachten)
- Weidenhausen Evelyn (2010).** Globalisierungsprozesse in der Textilwirtschaft, insbesondere in der ökologisch ausgerichteten Branche. Diss. Universität Stuttgart 2010.

- Weiß, Christine; Chlond, Bastian; Hilgert, Tim; Vortisch, Peter (2016).** Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2014/2015. Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruhe
- Weller, Ines (2015).** Freizeit und Lebensqualität in der Postkonsumgesellschaft. In: R. Freericks, D. Brinkmann (Hg.), Handbuch Freizeitsoziologie, Springer. DOI 10.1007/978-3-658-01520-6\_10
- Welzer, Harald (2013).** Der Abschied vom Wachstum als zivilisatorischen Projekt. In: Harald Welzer und Klaus Wiegandt (Hg.). Wege aus der Wachstumsgesellschaft. Frankfurt a. M. Fischer Taschenbuch, S. 35–59
- WHO Europe (2014).** Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking. <http://www.heatwalkingcycling.org/> (02.06.2017)
- Wiener Linien (2017).** <https://www.wienerlinien.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/66526/channelId/-46642>
- Wilke, G. (2002).** Professionalisiertes Car –Sharing im Dilemma Ökologie/Ökonomie? In: Internationales Verkehrswesen 54 (12), S. 608–613
- Wilke, G. (2015).** Hinweise zu Mobilität und sozialer Exklusion. Forschungsstand zum Zusammenhang von Mobilitäts- und Teilhabechancen. FGSV. Köln
- Winkle, Thomas (2015).** Sicherheitspotential automatisierter Fahrzeuge. Erkenntnisse aus der Unfallforschung. In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hg.). Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Springer Verlag, Heidelberg, Berlin. <http://www.springer.com/de/book/9783662458532> (02.06.2017)
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2002).** Landesentwicklungsplan 2002. Stuttgart
- Wolff, Franziska (2004).** Staatlichkeit im Wandel. Aspekte kooperativer Umweltpolitik. München. Oekom
- Wolfram, Paul; Lutsey, Nic (2016).** Electric vehicles. Literature review of technology costs and carbon emissions. International Council on Clean Transportation (Working Paper, 2016-14). Online verfügbar unter [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_LitRvw\\_EV-tech-costs\\_201607.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LitRvw_EV-tech-costs_201607.pdf)
- World Bank (2017).** CO<sub>2</sub> emissions (metric tons per capita), <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>
- World Health Organization (2011).** Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe
- WWF (2014).** Living Planet Report 2014. Species and spaces, people and places. WWF International. Gland, Switzerland
- WWF (2016).** Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era
- Yeboah et al. (2015)** Understanding car ownership elasticities in England and Wales. Advancing the evidence base with new data sources
- Zanker, Christoph; Kinkel, Steffen; Maloca, Spomenka (2013).** Globale Produktion von einer starken Heimatbasis aus. Modernisierung der Produktion. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Nr. 63; Karlsruhe. Fraunhofer ISI
- Zanker, Christoph; Moll, Cornelius; Thielmann, Axel; Sauer, Andreas; Stahlecker, Thomas; Tagscherer, Ulrike (2015).** Elektromobilität weltweit. Baden-Württemberg im internationalen Vergleich. Stuttgart, herausgegeben von e-mobil BW – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg, Cluster Elektromobilität Süd-West, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
- Zika, Gerd; Maier, Tobias; Helmrich, Robert; Hummel, Markus; Kalinowski, Michael; Hänisch, Carsten; Wolter, Marc; Mönning, Anke (2015).** Engpässe und Überhänge regional ungleich verteilt. Qualifikation- und Berufsfeldprojektionen bis 2030. Bonn, herausgegeben vom Bundesinstitut für Berufsbildung
- Zimmer, Wiebke; Hülsmann, Friederike (2013).** Erkenntnisse und Prognosen zur Nachhaltigkeit des Carsharings. 25 Jahre Carsharing – neue Ideen, neue Dynamiken. Berlin. <https://www.oeko.de/uploads/oeko/oekodoc/1844/2013-513-de.pdf> (online abgerufen, 22.09.2016)
- Zimmer, Wiebke; Buchert, Matthias; Dittrich, Stefanie; Hacker, Florian; Harthan, Ralph; Hermann, Hauke et al. (2011).** OPTUM. Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen. Integrierte Betrachtung von Fahrzeugnutzung und Energiewirtschaft. Öko-Institut; ISOE, zuletzt geprüft am 05.10.2016

**Zipse, Oliver (2017).** BMW-Produktionsvorstand Zipse. „Es wird kein Werk geben, das nur Elektroautos baut“, URL. <http://www.automobilwoche.de/article/20170404/HEFTARCHIV/170339974/bmw-produktionsvorstand-zipse-es-wird-kein-werk-geben-das-nur-elektroautos-baut>

**ZIV – Zweirad-Industrie-Verband e. V. (2015).** Pressemitteilung. Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen Fahrradmarkt 2014. Freude am Radfahren auch im Jahr 2014 ungebremst. Berlin

**ZIV – Zweirad-Industrie-Verband e. V. (2016a).** Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen Fahrradmarkt 2015. Bad Soden (= Pressemitteilung vom 8.3.2016)

**ZIV – Zweirad-Industrie-Verband e. V. (2016b).** Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen E-Bike-Markt 2015. Bad Soden (= Pressemitteilung vom 8.3.2016)

**ZIV – Zweirad-Industrie-Verband e. V. (2017).** Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen Fahrradmarkt 2016. Bad Soden (= Pressemitteilung vom 7.3.2017)

**Zumkeller, Dirk; Kagerbauer, Martin; Streit, Tatjana; Vortisch, Peter; Chlond, Bastian; Wirtz, Matthias (2011).** Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertungen. Bericht 2011: Alltagsmobilität und Tankbuch. Karlsruhe 207

#### **Experteninterviews wurden durchgeführt mit**

**Kapitel 2.1** Andrej Cacilo, Fraunhofer IAO, Stuttgart. Dr. Bastian Chlond, KIT, Karlsruhe. Thomas Ernst, Fraunhofer IAO, Stuttgart. Florian Hermann, Fraunhofer IAO, Stuttgart. Sabine Hussinger, NVBW, AGFK BW, Stuttgart. Dr. Anette Korn, NVBW, Fußverkehrsfachstelle, Stuttgart. Klaas-Pieter Marinnesse, moovel/car2go, Leinfelden-Echterdingen. Christian Rauch, Zukunftsinstitut, Frankfurt am Main. Michael Schipperges, Sociodimensions, Heidelberg. Robert Schönduwe, InnoZ, Berlin. Horst Stammeler, VVS – Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart, Stuttgart. Dr. Walter Vogt, ehem. Universität Stuttgart, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Radforum Stuttgart e.V.

**Kapitel 2.2** Thomas Asmus, stellvertretender Betriebsratsvorsitzender der SSB AG. Michael Brecht, Gesamtbetriebsratsvorsitzender der Daimler AG. Dr. Rolf Bulander, Robert Bosch GmbH. Walter Krippendorf, IMU Berlin GmbH. Alfred Löckle, Gesamtbetriebsratsvorsitzender der Robert Bosch GmbH. Franz Loogen und Dr. Wolfgang Fischer der e-mobil bw. Dietmar Maier, Nahverkehrsberatung Südwest in Karlsruhe. Heinz Pfäfflin, IMU Institut GmbH Nürnberg. Roman Zitzelsberger, Bezirksleiter, IG-Metall, Stuttgart

## SCHRIFTENREIHE DER BADEN-WÜRTTEMBERG STIFTUNG

| NR. | TITEL   | ERSCHIENEN |
|-----|---|------------|
| 87  | <b>Mobiles Baden-Württemberg – Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität</b><br>Abschlussbericht der Studie   | 2017       |
| 86  | <b>Bauprojekte visualisieren – Leitfaden für die Bürgerbeteiligung</b>  | 2017       |
| 85  | <b>Advances in Nanotechnology – Fundamentals and Applications of Functional Nanostructures</b>  | 2017       |
| 84  | <b>Nachhaltigkeit Lernen II – Kinder gestalten Zukunft</b> Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung   | 2017       |
| 83  | <b>INNOPÄD U3 – Innovative Pädagogische Angebote für Kinder Unter 3 Jahren</b><br>Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung  | 2017       |
| 82  | <b>Inklusionsbegleiter bauen Brücken</b> Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Programms   | 2017       |
| 81  | <b>Schulbegleitung als Beitrag zur Inklusion</b> Bestandsaufnahme und Rechtsexpertise   | 2016       |
| 80  | <b>An die Hand nehmen – Kulturlotsen für Kinder</b> Ergebnisse der Begleitforschung   | 2016       |
| 79  | <b>10 Jahre Boris – Berufswahlsiegel Baden-Württemberg</b> Eine Erfolgsgeschichte   | 2015       |
| 78  | <b>Vielfalt gefällt! 60 Orte der Integration</b> Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung   | 2015       |
| 77  | <b>Nachhaltigkeit lernen – Kinder gestalten Zukunft</b> Ergebnisse der Evaluation des Programms   | 2015       |
| 76  | <b>Sucht im Alter</b> Ergebnisse der Evaluation des Programms   | 2014       |
| 75  | <b>Ältere Menschen mit Behinderung</b> Ergebnisse der Evaluation des Programms<br>„Förderung der Selbstständigkeit älterer Menschen mit Behinderung“                  | 2014       |
| 74  | <b>Therapie bei Demenz</b> Dokumentation zu Effekten körperlichen Trainings<br>bei Menschen mit Demenz  | 2014       |
| 73  | <b>Sprachliche Bildung für Kleinkinder – Sprachförderansätze:</b> Erfahrungen und Reflexionen<br>über die Projekte der Baden-Württemberg Stiftung zur Sprachförderung | 2014       |
| 72  | <b>Gleichartig – aber anderswertig?</b> Analyse zur künftigen Rolle der (Fach-) Hochschulen<br>im deutschen Hochschulsystem   | 2013       |
| 71  | <b>Evaluation COACHING4FUTURE</b> Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des Programms<br>zur MINT-Nachwuchssicherung   | 2013       |
| 70  | <b>Strategische Forschung</b> Analyse der operativen Schwerpunkte im Bereich Forschung  | 2013       |
| 69  | <b>Nanotechnology – Advances in Nanotechnology</b>  | 2013       |
| 68  | <b>Botschafter für Nachhaltigkeit – die Ausbildung von Kulturlandschaftsführern in Baden-Württemberg</b>  | 2013       |
| 67  | <b>Kinder psychisch kranker oder suchtkranker Eltern</b>  | 2012       |
| 66  | <b>Medienwerkstatt Kindergarten</b>   | 2012       |
| 65  | <b>Gartenland in Kinderhand</b>   | 2012       |
| 64  | <b>Aktionsprogramm Familienbesucher</b>   | 2012       |
| 63  | <b>Gesundheitsförderung in der Grundschule – Evaluation des Programms „Komm mit in das gesunde Boot“</b>  | 2012       |
| 62  | <b>Evaluation „Ferienzeit – Gestaltungszeit“</b>  | 2012       |
| 61  | <b>Da sein! Könnt ich das?</b> Abschlussbericht des Programms Kinder- und Jugendhospizarbeit  | 2012       |
| 60  | <b>BioLab on Tour</b>   | 2011       |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 59 | <b>Gesundheitsförderung im Kindergarten – Evaluation des Programms „Komm mit in das gesunde Boot“</b>   | 2011 |
| 58 | <b>Kompetenzen fördern – Erfolge schaffen</b>   | 2011 |
| 57 | <b>Sag’ mal was – Sprachförderung für Vorschulkinder</b>  | 2011 |
| 56 | <b>Nanotechnology – Fundamentals and Applications of Functional Nanostructures</b>  | 2011 |
| 55 | <b>Wiedereinstieg „Chancen = Gleichheit“</b>  | 2010 |
| 54 | <b>„Neue Brücken bauen ... zwischen Generationen, Kulturen und Institutionen“</b> Programmdokumentation   | 2010 |
| 53 | <b>Erzähl uns was! Kinder erzählen Geschichten und hören einander zu</b><br>Evaluation des Programms der Stiftung Kinderland  | 2010 |
| 52 | <b>Leitfaden mikromakro</b>   | 2010 |
| 51 | <b>Nachhaltigkeit macht fit für die Zukunft – Energie nutzen, Umwelt schützen</b>   | 2010 |
| 50 | <b>Männer für erzieherische Berufe gewinnen: Perspektiven definieren und umsetzen</b>   | 2010 |
| 49 | <b>Studie Strategische Forschung</b>  | 2010 |
| 48 | <b>Expeditionsziel: Nachhaltigkeit – Ihr Reiseführer in die Zukunft</b>   | 2010 |
| 47 | <b>Familiärer Einsatz als prägender Faktor – Herausforderung für die Suchtprävention</b><br>Wie Familien für die familienorientierte Suchtprävention zu gewinnen und welche<br>Veränderungen möglich sind   | 2010 |
| 46 | <b>Qualifizierung von ehrenamtlichen Prüfern</b> Vorstellung der innovativen Weiterbildungskonzepte<br>„Pädagogisch-didaktische Qualifizierung von ehrenamtlichen Prüfern“ und „Prüfertraining online“  | 2010 |
| 45 | <b>Neue Generationennetzwerke für Familien</b> Evaluationsbroschüre des Förderprogramms<br>der Stiftung Kinderland, das 2007 bis 2010 statt fand  | 2010 |
| 44 | <b>Kinder und ihr Umgang mit Geld und Konsum</b> Dokumentation und Evaluation des<br>Förderprogramms der Stiftung Kinderland Baden-Württemberg  | 2009 |
| 43 | <b>Musisch-ästhetische Modellprojekte in Kindergärten und anderen Tageseinrichtungen für Kinder</b><br>Dokumentation des Programms der Stiftung Kinderland Baden-Württemberg  | 2009 |
| 42 | <b>Training bei Demenz</b> Dokumentation der Ergebnisse des Kongresses „Training bei Demenz“<br>im Dezember 2008  | 2009 |
| 41 | <b>Hilfen und schulische Prävention für Kinder und Jugendliche bei häuslicher Gewalt</b><br>Evaluation der Aktionsprogramme „Gegen Gewalt an Kindern“ 2004 – 2008 in Baden-Württemberg  | 2009 |
| 40 | <b>Dokumentation/Evaluation „Zukunftsforen Baden-Württemberg“</b><br><b>(StaLa – FaFo Familienforschung Baden-Württemberg)</b>  | 2009 |
| 39 | <b>Evaluation „Naturwissenschaftlich-technische Modellprojekte in Kindergärten“</b>   | 2008 |
| 38 | <b>Erfolgsgeschichten – Nachwuchswissenschaftler im Portrait</b> Ergebnisse des Eliteprogramms für<br>Postdoktorandinnen und Postdoktoranden der Landesstiftung Baden-Württemberg   | 2008 |
| 37 | <b>Evaluation „Kinder nehmen Kinder an die Hand – Hilfen für benachteiligte und kranke Kinder“</b>  | 2008 |
| 36 | <b>Zeit nutzen – Innovative pädagogische Freizeitangebote für Kinder und Jugendliche<br/>während der Ferienzeit</b> Dokumentation des Projekts der Stiftung Kinderland Baden-Württemberg  | 2008 |
| 35 | <b>E-LINGO – Didaktik des frühen Fremdsprachenlernens</b> Erfahrungen und Ergebnisse mit<br>Blended Learning in einem Masterstudiengang (erschieden im gnv Gunter Narr Verlag Tübingen)   | 2008 |
| 34 | <b>Visionen entwickeln – Bildungsprozesse wirksam steuern – Führung professionell gestalten</b><br>Dokumentation zum Masterstudiengang Bildungsmanagement der Landesstiftung Baden-Württemberg<br>(erschieden im wbv W. Bertelsmann Verlag Bielefeld) | 2008 |
| 33 | <b>Forschungsprogramm „Klima- und Ressourcenschutz“</b> Berichte und Ergebnisse aus den<br>Forschungsprojekten der Landesstiftung Baden-Württemberg   | 2008 |

| NR. | TITEL   | ERSCHIENEN |
|-----|---|------------|
| 32  | <b>Nanotechnology – Physics, Chemistry, and Biology of Functional Nanostructures</b><br>Results of the first research programme “Competence Network Functional Nanostructures”            | 2008       |
| 31  | <b>„Früh übt sich...“ Zugänge und Facetten freiwilligen Engagements junger Menschen</b><br>Fachtagung am 21. und 22. Juni 2007 in der Evangelischen Akademie Bad Boll                     | 2008       |
| 30  | <b>beo – 6. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Ausstellung, Preisverleihung, 2007<br>Gewinner und Wettbewerbsbeiträge  | 2007       |
| 29  | <b>Forschungsprogramm „Mikrosystemtechnik“</b> Berichte und Ergebnisse aus den Forschungsprojekten  | 2007       |
| 28  | <b>Frühe Mehrsprachigkeit – Mythen – Risiken – Chancen</b> Dokumentation über den Fachkongress<br>am 5. und 6. Oktober 2006 in Mannheim   | 2007       |
| 27  | <b>„Es ist schon cool, wenn man viel weiss!“ KOMET – Kompetenz- und Erfolgstrainings für Jugendliche</b><br>Dokumentation der Programmlinie 2005–2007                                     | 2007       |
| 26  | <b>Jugend und verantwortungsvolle Mediennutzung – Medien und Gesellschaft</b><br>Untersuchungsbericht des Tübinger Instituts für frauenpolitische Sozialforschung TIFS e. V.              | 2007       |
| 25  | <b>jes – Jugend engagiert sich und jes connection – Die Modellprojekte der Landesstiftung Baden-Württemberg</b> Bericht der wissenschaftlichen Begleitung 2002-2005                       | 2007       |
| 24  | <b>Suchtfrei ins Leben</b> Dokumentation der Förderprogramme zur Suchtprävention<br>für vorbelastete Kinder und Jugendliche   | 2007       |
| 23  | <b>Häusliche Gewalt beenden: Verhaltensänderung von Tätern als Ansatzpunkt</b><br>Eine Evaluationsstudie von Monika Barz und Cornelia Helfferich  | 2006       |
| 22  | <b>Innovative Familienbildung – Modellprojekte in Baden-Württemberg</b><br>Abschlussdokumentation des Aktionsprogramms „Familie – Förderung der Familienbildung“                          | 2006       |
| 21  | <b>Förderung der Selbständigkeit und Eigenverantwortung von Menschen mit Behinderung</b><br>Dokumentation der Projekte der Ausschreibung der Landesstiftung Baden-Württemberg 2002 – 2006 | 2006       |
| 20  | <b>Raus aus der Sackgasse!</b> Dokumentation des Programms<br>„Hilfen für Straßenkinder und Scholverweigerer“   | 2006       |
| 19  | <b>Erfahrungen, die’s nicht zu kaufen gibt! – Bildungspotenziale im freiwilligen Engagement junger Menschen</b> Dokumentation der Fachtagung am 16. und 17. Juni 2005                     | 2006       |
| 18  | <b>beo – 5. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Dokumentation über die Wettbewerbsbeiträge<br>der Preisträgerinnen und Preisträger 2006   | 2006       |
| 17  | <b>Forschungsprogramm Nahrungsmittelsicherheit</b> Berichte und Ergebnisse aus den<br>Forschungsprojekten der Landesstiftung Baden-Württemberg  | 2006       |
| 16  | <b>Medienkompetenz vermitteln – Strategien und Evaluation</b> Das Einsteigerprogramm start und klick!<br>der Landesstiftung Baden-Württemberg   | 2006       |
| 15  | <b>Forschungsprogramm Optische Technologien</b> Zwischenberichte aus den Forschungsprojekten<br>der Landesstiftung Baden-Württemberg  | 2005       |
| 14  | <b>Jugend. Werte. Zukunft. – Wertvorstellungen, Zukunftsperspektiven<br/>und soziales Engagement im Jugendalter</b> – Eine Studie von Dr. Heinz Reinders                                  | 2005       |
| 13  | <b>4. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Dokumentation des Wettbewerbs 2005<br>mit den Preisträgerinnen und Preisträgern   | 2005       |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 12 | <b>Beruf UND Familie – Wie gestalten wir das UND?</b> Ein Leitfaden für Praktiker und Praktikerinnen aus Unternehmen und Kommunen   | 2005 |
| 11 | <b>Strategische Forschung in Baden-Württemberg</b> Foresight-Studie und Bericht an die Landesstiftung Baden-Württemberg   | 2005 |
| 10 | <b>Jugend und verantwortungsvolle Mediennutzung – Medien und Persönlichkeitsentwicklung</b> Untersuchungsbericht des Tübinger Instituts für frauenpolitische Sozialforschung TIFS e. V. | 2005 |
| 9  | <b>Dialog Wissenschaft und Öffentlichkeit</b> Ein Ideenwettbewerb zur Vermittlung von Wissenschaft und Forschung an Kinder und Jugendliche  | 2005 |
| 8  | <b>Selbstvertrauen stärken – Ausbildungsreife verbessern</b> Dokumentation innovativer Projekte im Berufsvorbereitungsjahr 2001/2002  | 2005 |
| 7  | <b>Faustlos in Kindergärten</b> Evaluation des Faustlos-Curriculums für den Kindergarten  | 2004 |
| 6  | <b>Hochschulzulassung: Auswahlmodelle für die Zukunft</b> Eine Entscheidungshilfe für die Hochschulen   | 2005 |
| 5  | <b>3. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Dokumentation des Wettbewerbs 2004 mit den Preisträgerinnen und Preisträgern  | 2004 |
| 4  | <b>Jugend und verantwortungsvolle Mediennutzung – Medien und Persönlichkeitsentwicklung</b> Dokumentation des Fachtags am 4.12.2003   | 2004 |
| 3  | <b>2. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Dokumentation des Wettbewerbs 2003 mit den Preisträgerinnen und Preisträgern  | 2003 |
| 2  | <b>Neue Wege der Förderung freiwilligen Engagements von Jugendlichen</b> Eine Zwischenbilanz zu Modellen in Baden-Württemberg   | 2003 |
| 1  | <b>1. Wettbewerb Berufliche Schulen</b> Dokumentation des Wettbewerbs 2002 mit den Preisträgerinnen und Preisträgern  | 2002 |





**DIE BADEN-WÜRTTEMBERG STIFTUNG** setzt sich für ein lebendiges und lebenswertes Baden-Württemberg ein. Sie ebnet den Weg für Spitzenforschung, vielfältige Bildungsmaßnahmen und den verantwortungsbewussten Umgang mit unseren Mitmenschen. Die Baden-Württemberg Stiftung ist eine der großen operativen Stiftungen in Deutschland. Sie ist die einzige, die ausschließlich und überparteilich in die Zukunft Baden-Württembergs investiert – und damit in die Zukunft seiner Bürgerinnen und Bürger.

Platzhalter  
Papierzertifizierung

Platzhalter  
Papierzertifizierung

**Baden-Württemberg Stiftung gGmbH**  
Kriegsbergstraße 42, 70174 Stuttgart  
Tel +49 (0) 711 248 476-0 · Fax +49 (0) 711 248 476-50  
info@bwstiftung.de · [www.bwstiftung.de](http://www.bwstiftung.de)