

Forschungsprojekt **AUTO-NOM**

Analyse, Evaluierung und Anforderungen an innovative  
Anwendungen von autonomen Fahrzeugen aus  
verkehrsrechtlicher Sicht

## Teil 1: Verkehrliche Auswirkungen und verkehrsrechtliche Aussagen

Autoren:

Christian Joachim Gruber, Stefan Flucher,  
Iris Eisenberger, Gerd Sammer, Sophia San Nicoló

Forschungsförderer:

FFG Österreichische  
Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Sensengasse 1, 1090 Wien

Förderungsnehmer:

**Sammer & Partner Ziviltechniker GmbH**  
Leonhardstrasse 12, 8010 Graz  
Konsortialführer

**Universität für Bodenkultur Wien**  
**Institut für Rechtswissenschaften**  
Feistmantelstrasse 4/H736, 1180 Wien

**Technische Universität Graz**  
**Institut für Straßen- und Verkehrswesen**  
Rechbauerstrasse 12/II, 8010 Graz  
FFG-Projektnummer: 854967

Wien, Graz 2018



Universität für Bodenkultur Wien

**ZIS+P**  
VERKEHRSPLANUNG

WISSEN  
TECHNIK  
LEIDENSCHAFT



constitutional  
thinking  
beyond  
borders



Bundesministerium  
Verkehr, Innovation  
und Technologie

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>SYSTEMABGRENZUNG</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ARBEITSSCHRITTE</b>	<b>9</b>
3.1	Begriffe und Abkürzungen	10
<b>4</b>	<b>LITERATURANALYSE</b>	<b>12</b>
4.1	Überblick Mobilitätsdienste	12
4.2	Auswirkungen der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 auf die Reisezeiten	13
4.3	Auswirkungen durch Veränderungen des „Value of Time“	14
4.4	Platooning	14
4.5	Neue Nutzerpotentiale für AuFa durch automatisierte Mobilitätsdienste	15
4.6	Neue Angebote automatisierter Mobilitätsdienste	15
4.7	Auswirkungen durch die Veränderung der Nutzer-Kostenstruktur	16
4.8	Einschränkungen durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen	17
<b>5</b>	<b>EXPERTENBEFRAGUNG</b>	<b>17</b>
5.1	Methode der Delphi-Befragung	17
5.2	Ausgewählte Ergebnisse der Delphi-Befragung	18
5.2.1	Zeithorizont für die Zulassung von automatisiertem Fahren in Österreich	18
5.2.2	Veränderung der Verkehrsnachfrage	21
5.2.3	Veränderung der Reisezeiten	22
5.2.4	Kostengrenzen der Akzeptanz von Mobilitätsdiensten der Klasse 5	22
	Ergebnisse von rechtlichen Fragen	24
<b>6</b>	<b>RECHTLICHE ANALYSE DES AUTOMATISIERTEN FAHRENS</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>AUTOMATISIERTE MOBILITÄTSDIENSTE</b>	<b>28</b>
7.1	Einleitung	28
7.2	Mobilitätsdienste ÖV	29
7.3	Mobilitätsdienste MIV und Rad (Car- und Bike-sharing)	30
7.4	Erwartete Vorteile automatisierter Mobilitätsdienste	35
7.5	Einsatzgebiete automatisierter Mobilitätsdienste	36
7.6	Zukünftige Mobilitätsdienste im Überblick	38
7.7	Kostenstruktur Automatisierter Mobilitätsdienste	40

<b>8</b>	<b>EIGENSCHAFTEN UND AUSWIRKUNGEN AUTOMATISierter FAHRZEUGE UND AUTOMATISIERTEN FAHRENS</b>	<b>46</b>
<b>8.1</b>	<b>Auswirkung des automatisierten Fahrens auf die Reisezeiten</b>	<b>46</b>
<b>8.2</b>	<b>Fahrgeschwindigkeit durch „Fahren auf Sicht“</b>	<b>49</b>
8.2.1	Sicht- bzw. Sensorreichweite eines automatisierten Fahrzeuges	49
8.2.2	Erlaubte Fahrgeschwindigkeit für Pkw bei "Fahren auf Sicht" laut StVO	51
8.2.3	Sichtweiten, abgeleitet aus den Trassierungselementen laut RVS 03.03.23	57
8.2.4	Reduzierte Sichtweitenanforderung durch Hinterherfahren (z.B. Platooning bzw. „Zugbildung durch Fahrzeuge“)	62
8.2.5	Lösungsansätze für die Sichtweitenproblematik beim Automatisierten Fahren	63
8.2.6	Schlussfolgerung für die Sichtweitenproblematik des Automatisierten Fahrens für die Automatisierungsklasse 3	67
<b>8.3</b>	<b>Veränderung der Nutzer-Kostenstruktur durch Automatisiertes Fahren</b>	<b>68</b>
8.3.1	Veränderung der Fahrzeug- und Fahrgast-Kosten	68
8.3.2	Komfortgewinn, Veränderung des Value of Time	71
<b>8.4</b>	<b>Neu erschlossenes Nutzerpotential durch automatisiertes Fahren</b>	<b>73</b>
8.4.1	Kinder und Jugendliche	73
8.4.2	Personen, die bedingt durch unterschiedliche Gründe keinen Pkw mehr lenken können oder wollen (z.B. auf Grund körperlichen Einschränkungen)	75
<b>8.5</b>	<b>Rahmenbedingungen für den Einsatz des automatisierten Fahrens in Österreich</b>	<b>78</b>
8.5.1	Einschränkungen durch gesellschaftspolitische und ethische Rahmenbedingungen	78
8.5.2	Einschränkungen durch den Vertrauensgrundsatz des § 3 StVO	78
8.5.3	Spannungsfeld für die Verbindungs- und Aufenthaltsfunktion einer Straße unter dem Gesichtspunkt des Vertrauensgrundsatzes	83
<b>9</b>	<b>DEFINITION DER UNTERSUCHTEN SZENARIEN</b>	<b>85</b>
<b>9.1</b>	<b>Grundszenarientypen</b>	<b>85</b>
<b>9.2</b>	<b>Methode für die Abschätzung der Auswirkungen des Automatisierten Fahrens auf die Verkehrsnachfrage</b>	<b>86</b>
<b>9.3</b>	<b>Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien)</b>	<b>88</b>
9.3.1	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Österreich	88
9.3.2	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen	91
9.3.3	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Autobahn und Schnellstraßen (A+S)	94
<b>9.4</b>	<b>Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens für die Real-Szenarien</b>	<b>96</b>
9.4.1	Durchdringungsrate bzw. Nutzung der Automatisierungssysteme der Klasse 3, 4 und 5 beim MIV	96
9.4.2	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich	100

9.4.3	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen	103
9.4.4	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)	105
<b>10</b>	<b>AUSWIRKUNGEN AUF DIE THG-EMISSIONEN (CO<sub>2</sub>-ÄQUIVALENTE)</b>	<b>107</b>
<b>10.1</b>	<b>THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) für Österreich</b>	<b>108</b>
<b>10.2</b>	<b>THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen</b>	<b>110</b>
<b>11</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN - AUSWIRKUNGEN AUF DIE VERKEHRSPOLITISCHEN ZIELSETZUNGEN ÖSTERREICHS UND HANDELSBEDARF</b>	<b>111</b>
<b>11.1</b>	<b>Problemstellung und Ziele des Forschungsprojektes AUTO-NOM</b>	<b>111</b>
<b>11.2</b>	<b>Methodische Vorgangsweise</b>	<b>112</b>
<b>11.3</b>	<b>Erwartungen und Potentiale für Automatisiertes Fahren</b>	<b>112</b>
<b>11.4</b>	<b>Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage und das Verkehrsverhalten</b>	<b>113</b>
<b>11.5</b>	<b>Treibhausgas-Emissionen durch automatisiertes Fahren</b>	<b>118</b>
<b>11.6</b>	<b>Herausforderungen des automatisierten Fahrens für Regeln der StVO</b>	<b>119</b>
<b>11.7</b>	<b>Rahmenbedingungen der Infrastruktur</b>	<b>123</b>
<b>11.8</b>	<b>Rechtliche Rahmenbedingungen</b>	<b>125</b>
<b>11.9</b>	<b>Verkehrssicherheit und Automatisiertes Fahren</b>	<b>126</b>
<b>11.10</b>	<b>Verkehrspolitische Auswirkungen und Handlungsbedarf für automatisiertes Fahren</b>	<b>128</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG</b>	<b>130</b>
<b>12.1</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für Österreich</b>	<b>131</b>
12.1.1	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 3 für Österreich (Szenario a3-100%)	132
12.1.2	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 4 für Österreich (Szenario a4-100%)	133
12.1.3	Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 5 für Österreich (Szenario a5-100%)	134
<b>12.2</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen</b>	<b>135</b>
12.2.1	Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 3 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a3-100%)	136
12.2.2	Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 4 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a4-100%)	137
12.2.3	Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 5 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a5-100%)	138

<b>12.3</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)</b>	<b>139</b>
12.3.1	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens auf A+S Strecken (inkl. internationalem Verkehr) für die Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100%	140
<b>12.4</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für Österreich</b>	<b>141</b>
12.4.1	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens in Österreich für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040	142
12.4.2	Modalsplit des Automatisierten Fahrens in Österreich für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040	143
<b>12.5</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen</b>	<b>144</b>
12.5.1	Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040	145
12.5.2	Modalsplit des Automatisierten Fahrens für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040	146
<b>12.6</b>	<b>Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)</b>	<b>147</b>
12.6.1	Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens auf A+S Strecken (inkl. internationalem Verkehr) für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040	148
<b>13</b>	<b>LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>149</b>

# 1 Einleitung

Technologische Innovation und digitale Vernetzung im Bereich des automatisierten Fahrens eröffnen zahlreiche neue Anwendungsoptionen für Autonutzer und intermediäre Verkehrsmittel, wie z.B. automatisierte Mobilitätsdienste, lenkerlose Hol- und Bringfahrten. Diese Entwicklung ist in erster Linie betriebswirtschaftlich motiviert. Gesellschaftliche und gesamtwirtschaftliche Interessen, wie z.B. die Reduktion von Schadstoffemissionen und der Treibhausgase oder die Sicherung von Arbeitsplätzen, sind in der derzeitigen Phase der technologischen Entwicklung nicht im Fokus.

Politische Entscheidungsträger und der Gesetzgeber betrachten diese Aspekte in der Regel erst dann, wenn in die neue Technologie bereits massiv investiert wurde bzw. diese am Markt verfügbar ist. Dadurch entsteht ein großer Druck auf die Politik und das Risiko, dass sich automatisiertes Fahren abgekoppelt von verkehrspolitischen und gesellschaftlichen Zielen entwickelt.

Das Projekt AUTO-NOM zielt darauf ab, die Veränderung des Verkehrsverhaltens und die damit bedingten verkehrspolitisch relevanten Auswirkungen für die vielfältigen Möglichkeiten des automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3 bis 5 laut SAE-Standard J3016 abzuschätzen. Das Ergebnis soll den verkehrspolitischen und gesetzlichen Entscheidungsträgern eine Grundlage bzw. Orientierungshilfe liefern, die notwendigen Maßnahmen im verkehrspolitischen Interesse Österreichs und Europas anzupassen. Dies soll zu einem gesamtwirtschaftlich optimierten Transformationsprozess führen.

Schwerpunkt dieses Forschungsprojektes ist es, die Wechselwirkungen zwischen Verkehrsverhalten, Infrastruktur und rechtlichem Rahmen zu identifizieren und die signifikanten Einflüsse in die Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen zu integrieren. Die vorliegende Untersuchung besteht daher aus den folgenden drei Teilen, die sich in den vorliegenden Berichtsteilen widerspiegeln:

- **Teil 1: Verkehrliche Auswirkungen und verkehrspolitische Aussagen, Zusammenfassung**
- **Teil 2: Rahmenbedingungen Infrastruktur**
- **Teil 3: Rechtlicher Rahmen (intern)**

## 2 Systemabgrenzung

Mit dem Projekt AUTO-NOM werden Veränderungen des Mobilitätsverhaltens durch automatisiertes Fahren, basierend auf der Einteilung der Automatisierungsklassen 3 bis 5 laut SAE-Standard J3016, abgeschätzt. Hierfür werden die Nachfragepotentiale und neue automatisierte Mobilitätsdienste, die durch automatisiertes Fahren entstehen können, identifiziert. Diese werden auf ihre Auswirkungen im Mobilitätsverhalten (Modalsplit, Verkehrsleistungen) untersucht. Die Abschätzung der Verkehrsnachfrage erfolgt auf Basis des Datensatzes von „Österreich Unterwegs 2013/2014“ (bmvit 2017), der die Mobilität der Wohnbevölkerung Österreichs beinhaltet. Die Ergebnisse werden für unterschiedliche Raumtypen dargestellt.

- Inhaltliche Systemabgrenzung: Inhaltlich ist der Personenverkehr der Wohnbevölkerung von Österreich die Basis der Verkehrsnachfrage. Es werden die Veränderungen des Verkehrsverhaltens bedingt durch die Entwicklungen beim automatisierten Fahren untersucht. Dazu zählen relevante Einflussgrößen, wie die Reisezeit, Reisekosten, Straßenauslastung sowie subjektive Einstellungen der potentiellen NutzerInnen. Diese Auswirkung auf das Verkehrsverhalten wird unterschieden nach den Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 laut SAE-Standard J3016 (siehe Abbildung 2-1) dargestellt. Für die Abschätzung der Auswirkungen auf das Autobahn- und Schnellstraßennetz in Österreich wird auch der Kfz-Verkehr, der nicht von der österreichischen Wohnbevölkerung verursacht wird, einbezogen.

Abbildung 2-1: Definition der Automatisierungsklassen laut SAE-Standard J3016 (SAE, 2014)

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
<b>Human driver monitors the driving environment</b>						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
<b>Automated driving system ("system") monitors the driving environment</b>						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

- **Räumliche Systemabgrenzung:** Als räumliche Systemgrenze für die Szenarien wird das Verkehrsverhalten der österreichischen Wohnbevölkerung bzw. der Verkehr auf dem österreichischen A+S-Netz betrachtet. Als Grundlage werden die Daten der Mobilitätserhebung Österreich Unterwegs 2013/2014 (bmvit 2017) herangezogen. Die Ergebnisse der Veränderung des Verkehrsverhaltens (Wegehäufigkeit, Modalsplit, Verkehrsleistungen) werden für folgende räumliche Abgrenzung herangezogen und mit dem Bestand verglichen:
  - Wohnbevölkerung von Österreich;
  - Wohnbevölkerung in Städten über 10.000 EW;
  - Kfz-Verkehrsnachfrage auf Autobahnen und Schnellstraßen (A+S) in Österreich.
- **Zeitliche Systemabgrenzung:** Als Zeitliche Systemgrenze der Verkehrsnachfrage dient das Bezugsjahr 2017. Die Trendentwicklung der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr in den nächsten 25 Jahren wird nicht berücksichtigt. Es ist damit zu rechnen, dass der Trend eine leichte Zunahme der Mobilität insgesamt aufweist und eine leichte Verschiebung des Modalsplits in Richtung motorisierter Individualverkehr zu erwarten ist. In Ballungsräumen ist diese Verschiebung geringer bis stagnierend, außerhalb von Ballungsräumen stärker. Die Veränderung der Verkehrsnachfrage wird für drei Entwicklungsstufen der Durchdringung des automatisierten Fahrens abgeschätzt. Diese sind mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit konkreten Zieljahren bzw. Zeithorizonten der Szenarien zuzuordnen:
  - **Durchdringungsrate des automatisierten Fahrens für das Jahr 2030** (maßgeblich für das Szenario 3) Pkw zwischen 10 und 15% sowie für automatisierte Mobilitätsdienste zwischen 30 und 40%;
  - **Durchdringungsrate des automatisierten Fahrens für das Jahr 2035** (maßgeblich für das Szenario 4); Hier ergibt sich eine Durchdringungsrate für automatisierte Pkw zwischen 25 und 45% sowie für automatisierte Mobilitätsdienste zwischen 80 und 90%;
  - **Durchdringungsrate des automatisierten Fahrens für das Jahr 2040** (maßgeblich für das Szenario 5); Hier ergibt sich eine Durchdringungsrate für Automatisierte Pkw zwischen 30 und 40% sowie für automatisierte Mobilitätsdienste zwischen 85 und 98%.

Diese Annahmen sind relativ optimistisch geschätzt, um den Effekt der Automatisierung signifikant auszudrücken. Dritt die Durchdringungsrate später ein, so ergibt sich eine entsprechende Verschiebung zu späteren Eintrittsjahren. Als Basis wird die Verkehrsnachfrage des Bestandes aus dem Jahr 2013/2014 herangezogen und als Vergleichsjahr der Szenarien auf das Jahr 2017 hochgerechnet. Die Verkehrsnachfrage des Referenzjahres 2017 wird mit den Veränderungseffekten der Verkehrsnachfrage durch das automatisierte Fahren mit den Szenarien 3, 4 und 5 überlagert. Das heißt, es wird keine globale verkehrliche Trendentwicklung auf die Jahre 2030, 2035 und 2040 berücksichtigt. Der Vergleichsplanfall für alle Szenarien ist die Verkehrsnachfrage des hochgerechneten Bestandes auf das Jahr 2017.

### 3 Arbeitsschritte

Grundlage dieser Untersuchung bildet eine internationale Literaturrecherche, bei der die neuesten Entwicklungen sowie Tendenzen und quantitative Potentiale von Veränderungen des Verkehrsangebots und der Verkehrsnachfrage durch (Automatisiertes Fahren) AuFa erfasst wurden. Darauf aufbauend erfolgt eine Rückkopplung in einem mehrstufigen Delphi-Verfahren, in dem österreichische und internationale Verkehrs- und Rechtsexperten, aber auch relevante Stakeholder befragt wurden. Auf Basis dieser Ergebnisse erfolgte die Definition der Szenarien. Ausgangspunkt dieser Szenariendefinition ist die Absteckung der verkehrlichen, industriellen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Schwerpunkt ist es, jene technischen, rechts- und gesellschaftspolitischen Problemstellungen zu identifizieren, die die Implementierung des AuFa beeinflussen.

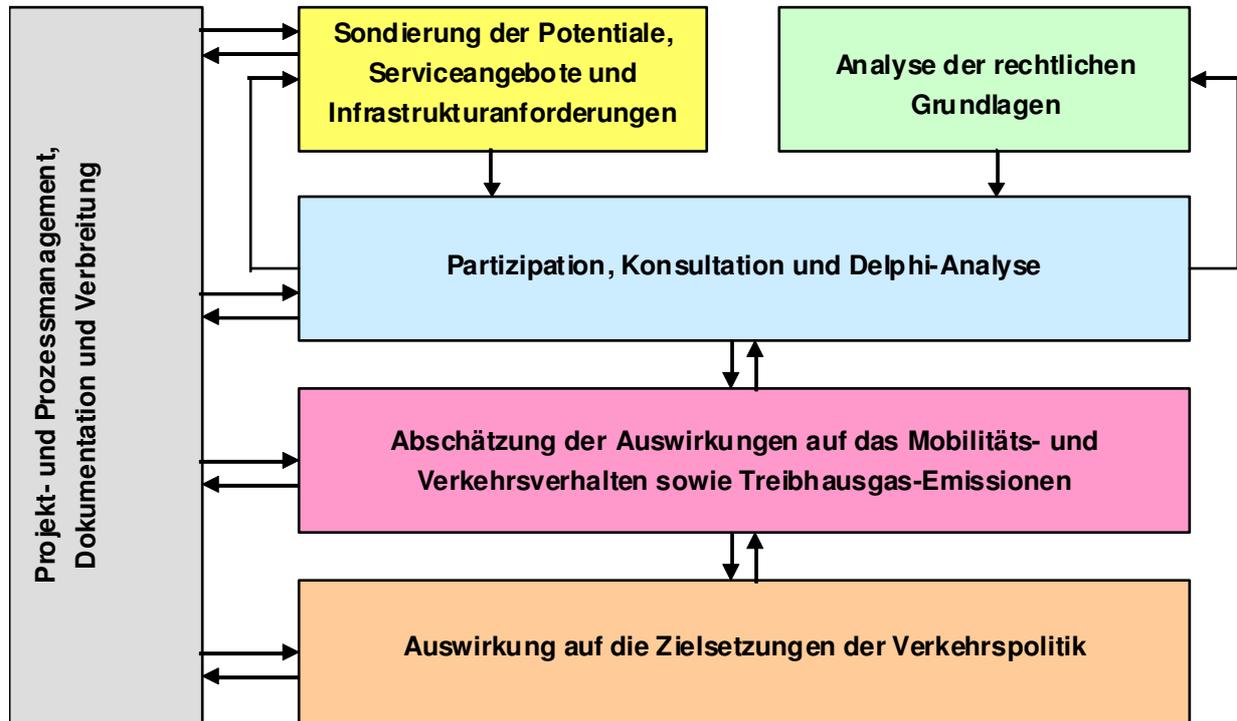
Jene Bereiche werden offengelegt, die entweder im Konflikt mit bestehenden Gesetzen und Richtlinien stehen oder die vom Gesetzgeber (z.B. der StVO) nicht oder noch nicht geregelt wurden. Zusätzlich ist zu identifizieren, was bei der Implementierung den Herstellern in Eigenverantwortung überlassen werden soll und was ordnungspolitisch im Sinne einer gesellschaftspolitischen Entscheidung durch den politischen Entscheidungsträger geregelt werden soll. Die Ergebnisse dieser Diskussion werden in die Szenarientwicklung aufgenommen und bestimmen die automatisierten Mobilitätsanwendungen sowie deren mögliche Ausprägung.

Es werden die Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 in Form von Szenarien und die Auswirkungen auf die einzelnen Verkehrsmittel (MIV, ÖV, automatisierte Mobilitätsdienste etc.) untersucht.

Für die zeitliche Betrachtung werden für den MIV, ÖV und die automatisierten Mobilitätsdienste Entwicklungskurven der Durchdringungsrate ermittelt. Die Durchdringungsrate zeigt an, welcher Anteil des Pkw-Verkehrs und von Mobilitätsdiensten in automatisierter Weise durchgeführt wird. Die Ergebnisse der Szenarien werden in Relation der Durchdringungsrate des jeweils betrachteten Jahres gesetzt. Aufbauend auf den ermittelten Veränderungen des Verkehrsverhaltens wird eine Abschätzung der Treibhausgasemissionen vorgenommen und in einem Variantenvergleich dem Bestand gegenübergestellt.

Die Ergebnisse werden mit den verkehrspolitischen Zielsetzungen Österreichs (Gesamtverkehrsplan, Klimastrategie, etc.) verglichen und eine Auflistung empfohlener verkehrlicher Maßnahmen zur Anpassung der Infrastruktur sowie zur verkehrspolitischen Zielerreichung wird erstellt. Hiermit soll nicht zuletzt die internationale Wettbewerbsfähigkeit Österreichs sowie die Anschlussfähigkeit an aktuelle und zukünftige technische Innovationen sichergestellt werden.

Abbildung 2-2: Arbeitsplan mit Rückkoppelung



### 3.1 Begriffe und Abkürzungen

**Automatisiertes Fahren (AuFa):** Fahren mit einem Fahrzeug, welches teilautomatisiert (SAE-Level 3, Lenker muss unverzüglich das Steuer übernehmen können), hochautomatisiert (SAE Level 4, abschnittsweise mit und ohne Steuerung durch einen Lenker) oder vollautomatisiert (SAE Level 5, ohne Lenker); dieser Begriff ersetzt den häufig verwendeten, aber definitionsgemäß irreführenden Begriff des „autonomen Fahrens“, weil ein „autonomes Fahren“ definitionsgemäß bedeuten würde, dass alle Fahrvorgänge autonom ohne Entscheidungseingriff einer zu befördernden Personen oder eines anderen Fahrzeugs erfolgen würde: zumindest erfolgt die Entscheidung der Verkehrserzeugung, der Verkehrsmittelwahl und vorerst der Ziel- und Tageszeitwahl auch weiterhin durch die FahrzeugnutzerIn.

**Automatisiertes Fahrzeug (AuFz):** Ein Fahrzeug, welches über die Einrichtung für automatisiertes Fahren des SAE Levels 3, 4 oder 5 verfügt; Der SAE Level wird von der „Society of Automotive Engineers“ definiert, einer global aktiven professionellen Gesellschaft, die Standards für verschiedene Industrien festlegt. Automatisierte Fahrzeuge werden vielfach auch als autonome (siehe auch „autonomes Fahren“), automatische oder selbstfahrende Fahrzeuge bezeichnet. In diesem Projekt wird der Begriff „automatisiertes Fahrzeug“ verwendet.

**Automatisierungsstufe (AuKl) nach SAE 3, 4 und 5:** Von der „Society of Automotive Engineers“ festgelegte Standards für das automatisierte Fahren: SAE-Level 3 teilautomatisiertes Fahren, Lenker muss unverzüglich das Steuer übernehmen können; SAE Level 4, hochautomatisiertes Fahren

abschnittsweise mit und ohne Steuerung durch einen Lenker; SAE Level 5, vollautomatisiertes Fahren ohne Lenker.

**Automatisierte Mobilitätsdienste (aMoDi):** Bei Mobilitätsdiensten wird die Bedienung der Verkehrsnachfrage als Verkehrsdienstleistung betrachtet, die von einem öffentlichen oder privaten Unternehmen angeboten werden kann. Diese Verkehrsdienstleistung weist für Dienstleistungen bezeichnende Merkmale auf, wie z.B. den Verbrauch bei der Nutzung, das Mitwirken des Fahrgastes. Automatisierte Mobilitätsdienste werden hier als automatisiert lenkerlose Fahrzeuge definiert, bei denen die gewünschte Mobilitätsdienstleistung (Fahrt) gebucht werden kann, ad hoc oder im Voraus. Bei den automatisierten Mobilitätsdiensten verschwimmen die Grenzen zwischen Rufbus-, Taxi-, Sammeltaxi-, Carsharing-, Carpooling und Ridesharing-Dienstleistungen. Die Trennung ergibt sich über die Nutzungsform des Fahrzeuges, alleine (Taxi, Carsharing) oder zusammen mit anderen (Sammeltaxi, Car-Pooling, Ridesharing). Daraus resultieren unterschiedliche Besetzungsgrade, Umwegfahrten, Reisezeiten, Komfortklassen und Kosten.

**Autonomes Fahren:** Häufig aber definitionsgemäß irreführenden Begriff des „automatisierten Fahrens“, weil ein „autonomes Fahren“ definitionsgemäß bedeuten würde, dass alle Fahrvorgänge autonom ohne Entscheidungseingriff einer zu befördernden Person oder eines anderen Fahrzeugs erfolgen würde: zumindest erfolgt die Entscheidung der Verkehrserzeugung, der Verkehrsmittelwahl und vorerst der Ziel- und Tageszeitwahl auch weiterhin durch den Fahrzeugnutzer. Auch häufig benutzter Begriff für automatisiertes Fahren.

**Carsharing:** Verkehrsmittel, das durch seine Eigenschaften zwischen dem motorisierten und öffentlichen Verkehr einzuordnen ist. Es wird entweder der Besitz des Fahrzeuges „geteilt“, das heißt ein im Besitz eines privaten oder öffentlichen Verkehrsunternehmens kann durch verschiedene Personen nach Voranmeldung zeitlich definiert genutzt werden, oder ein Fahrzeug kann von verschiedenen Personen einzeln oder gemeinsam genutzt werden. Letztendlich steigt dadurch die Auslastung der Fahrzeugnutzung oder der Fahrzeugbesetzungsgrad.

**Intermediärer Verkehr:** Dieser Begriff beschreibt Mischformen von Verkehrsmitteln zwischen individueller auf der einen und kollektiver, gemeinsamer bzw. öffentlicher oder Sammelnutzung auf der anderen Seite. Intermediäre Mobilitätsformen entstehen einerseits durch die gemeinsame Nutzung von individuellen Verkehrsmitteln (Carsharing, Fahrgemeinschaften etc.) oder durch die verstärkt individualisierte Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln (Sammeltaxi, Rufbus etc.).

**KFG 1967:** Österreichisches Kraftfahrzeuggesetz 1967 mit mehreren Novellen.

**Mikro-ÖV-System:** Dieser relativ neue Begriff beschreibt flexible Formen des intermediären Verkehrs, wie Anrufsammeltaxi, Rufbus, Zubringerverkehr zu Bahn und Straßenbahn und Gemeindebus, die dort eingesetzt werden, wo ein herkömmlicher öffentlicher Verkehr auf Grund der geringen Nachfrage zu teuer kommt.

**MIV:** Motorisierter Individualverkehr.

**Modal Split (der Wege):** Aufteilung der Weganteile für die Verkehrsmittel Fußgänger, Rad-, öffentlicher und motorisierter Individualverkehr.

**Neuer automatisierter Mobilitätsdienst:** Intermediäre Verkehrsmittel, die mit Automatisierungsklasse 5 betrieben werden; sie benötigen keinen Lenker im Fahrzeug, allerdings kann es gegebenenfalls notwendig sein, eine Betreuungsperson im Fahrzeug mitzuführen.

**ÖV:** Öffentlicher Verkehr mit Betriebs- und Konzessionspflicht.

**StVO 1969:** Österreichische Straßenverkehrsordnung mit mehreren Novellen.

**THG-Emissionen:** Treibhausgas-Emissionen durch Verkehr.

**V2V (Vehicle-to-Vehicle):** Datenaustausch bzw. Kommunikation zwischen zwei oder mehreren Fahrzeugen.

**V2I (Vehicle-to-Infrastructure):** Datenaustausch bzw. Kommunikation zwischen Straßeninfrastruktur und dem Fahrzeug.

**V2X (Vehicle-to-Everything):** Sammelbegriff für V2V und V2I Datenaustausch und Datenkommunikation.

## 4 Literaturanalyse

### 4.1 Überblick Mobilitätsdienste

Durch die technologischen Fortschritte wird eine Vernetzung der verschiedenen Mobilitätsdienste möglich. Diese potentielle Vernetzung wird im Hintergrundpapier „Vom Verkehrs- zum Mobilitätsverbund“ von Gertz und Gertz (2012) thematisiert. Verknüpfungen zwischen ÖV, Kfz- und Radleihsysteme sowie Taxi- und Mitfahrgelegenheiten werden diskutiert. Das Themengebiet des Mikro-ÖV wird zukünftig durch die steigende Automatisierung weiter an Bedeutung gewinnen. Es wird durch Wolf-Eberl et al. (2011) im Bericht „Ohne eigenes Auto mobil - Ein Handbuch für Planung, Errichtung und Betrieb von Mikro-ÖV Systemen im ländlichen Raum“ ausführlich behandelt. Es werden die Zielgruppen aufgezeigt, die durch Mikro-ÖV Systeme profitieren können. Wirkungen, Kennzahlen und Eigenschaften der automatisierten Mobilitätsdienste werden auch im Projekt MEGAFON (Friedrich und Hartl 2016) und in der ETH Studie „Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Service“ von Bösch et al. (2018) behandelt. Das Thema selbstfahrender Carsharing-Dienste wird unter verschiedensten Gesichtspunkte von einer Reihe von AutorInnen betrachtet und analysiert:

- Kosten: Bösch et al. (2018), Liu et al. (2016), Hazan et al. (2016), Davidson und Spinoulas (2015), (Burns et al. 2013);
- Verkehrsleistung, Verkehrsfluss: Friedrich und Hartl (2016), Liu et al. (2016), Levin et al. (2015), Davidson und Spinoulas (2015);
- Reisezeitvergleiche: Levin et al. (2015), Davidson und Spinoulas (2015);
- Größe der notwendigen Fahrzeugflotte für eine erfolgreiche Implementierung: (Friedrich und Hartl (2016), Levin et al. (2015), Chen et al. (2015), Burns et al. (2013), Fagnant und Kockelman (2014), Brownell und Kornhauser (2014);
- Verkehrsmittelwahländerung: Friedrich und Hartl (2016), Truong et al. (2016), Fagnant und Kockelman (2014);
- Wirkungspotentiale für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge im ländlichen Raum: Haider und Klementsitz (2017);
- Kosten- und Nutzenanalyse: IVT, ETH Zürich, Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services (2018).

## 4.2 Auswirkungen der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 auf die Reisezeiten

Im Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“, das als FAT-Schriftreihe 296 erschienen ist, wird die Wirkung von teil- und hochautomatisierten Fahrzeugen auf das Fernstraßennetz von Deutschland untersucht (Busch et al. 2017). Dabei werden Einzelelemente der Fernverkehrsstraßeninfrastruktur anhand einer Mikrosimulation analysiert. Es wird die Kapazität der betrachteten Netzelemente mit Hilfe des Fundamentaldiagramms analysiert. Die Kapazität für unterschiedliche Streckenelemente sowie die Reisezeitveränderungen im Netz und die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte wurde analysiert.

Aria et al. (2016) haben die Auswirkung von AuFz der SAE-Klasse 5 auf das Fahrverhalten und den Verkehrsfluss untersucht. Es wurden zusätzliche Verkehrsleistung, Reiseweiten und die Reisezeit im Netz herangezogen. Ähnliche Untersuchungen wurden von Klootra und Roorda (2016) auf Basis einer makroskopischen Untersuchung der Greater Toronto Area durchgeführt. Darin werden neben den Reisezeitwirkungen auch die Wirkung auf die Verkehrsleistung und der Kapazitätssteigerung analysiert. Childress et al. (2014) hat auf Basis des „Seattle regions activity-based travel model“ die Wirkung von AuFz bezüglich Reisezeiten untersucht.

Ein Ergebnis der vorliegenden Untersuchung zeigte, dass insbesondere bei der AuKI 3 die Sichtweite eine wichtige Einflussgröße für die möglichen Fahrgeschwindigkeiten und in weiterer Folge die Reisezeiten darstellen. Diese wird durch die verwendete Sensortechnik und die Sensorreichweite bestimmt. Eine relativ aktuelle Gegenüberstellung der bei AuFz eingesetzten Sensortechniken und Reichweiten findet man bei Patole S. et al. (2017) und bei Salman Y.D. et al. (2017). Die Relevanz der Sichtweite ergibt sich aus dem erforderlichen Anhalteweg, abhängig vom Reaktionsweg, und vom Bremsweg der AuFz sowie der Anforderungen an die Übergabe von der automatisierten zur manuellen Steuerung. Aus juristischer Sicht sind hier Pürstl (2015), Grundtner (2015), und Sacher F. (2008) relevant. Bei einer aktuellen Untersuchung von Eriksson A., Stanton N. (2017) lag dieser Zeitraum im Bereich von 1,9 bis 25,8 Sekunden. Eine ähnliche Untersuchung aus Deutschland (Vogelpohl et al., 2017), die im Auftrag der Unfallforschung der Versicherungen durchgeführt wurde, zeigte, dass Übergabezeiten von mehr als 12 Sekunden aus Sicherheitsgründen notwendig sind. Bei Fahrzeugen der AuKI 4 und 5 ist die Reaktionszeit durch die Sensorenteknik und die Steuerungsalgorithmen bestimmt. Dazu gibt es noch keine relevanten quantitativen Untersuchungen. In einer Publikation zum Einsatz von Deep Learning Algorithmen für AuFa wird auf die Anzahl der notwendigen Bilder einer Videoaufnahme Bezug genommen, die für die Entscheidungsfindung der Algorithmen notwendig sind (Urs Muller et al., 2016). Daraus kann ein Reaktionszeitraum von 50 bis 200ms (Millisekunden) abgeleitet werden.

### **4.3 Auswirkungen durch Veränderungen des „Value of Time“**

Der Zeitwert oder im Englischen „Value of time“ ist eine Kennzahl, die den monetären Wert einer frei nutzbaren Stunde für eine Person wiedergibt. Er beschreibt die Zahlungsbereitschaft einer Person oder Personengruppe für eine Fahrzeiteinsparung mit einem Verkehrsmittel (Axhausen, et al. 2016). Im Bundesverkehrswegeplan 2030 wird für Deutschland der Zeitwert thematisiert. Eine quantitative Ermittlung der Zeitwerte erfolgte in einer gesonderten Studie (TNS Infratest und IVT der ETH Zürich 2011).

Eine Untersuchung von Gucwa (2014) zeigt, dass eine Änderung des „Value of time“ von Reisenden einen größeren Einfluss auf die Fahrzeug-Verkehrsleistung hat als eine Kapazitätsänderung einer Straße. In Abhängig des „Value of Time“-Wertes, kann ein Anstieg der zurückgelegten Fahrzeug-Verkehrsleistung abgeleitet werden: d.h., dass eine Veränderung im Fahrverhalten durch AuFa in der Regel Verkehrsnachfrage induziert wird.

Davidson und Spinoulas (2015) haben anhand eines stochastischen Modells in Brisbane, Australien, die Wirkungen der Fahrzeugautomatisierung untersucht. Darin werden die Durchdringungsraten, der „Value of Time“ und die Betriebskosten (VOC - Vehicle Operating Cost) variiert.

Die Studie von Frauenhofer "The Value of Time" beschreibt Kostenansätze für Deutschland für das Basisjahr 2016. Die Zahlungsbereitschaft für eine freie Stunde wird darin mit ca. 18€ ausgewiesen. Diese ist aber stark abhängig vom Alter, aber auch vom Einkommen. Diese Ergebnisse können als Vergleichsmaß bzw. als relative Veränderung bezogen auf durchschnittliche österreichische Kostensätze herangezogen werden, die in der Richtlinie RVS 02.01.22 Nutzen-Kostenuntersuchungen im Verkehrswesen enthalten sind. Darin werden die Zeitkostensätze für den Geschäftsverkehr mit ca. 30€, für den Berufspendelverkehr mit ca. 11€ sowie für den Ausbildungs-, Freizeit-, Einkaufs- und Erledigungsverkehr mit ca. 8€ pro Stunde für das Jahr 2010 ausgewiesen.

### **4.4 Platooning**

Der Grundgedanke des Platoonings zielt zum einen auf die Verbesserung der Energieeffizienz und zum anderen auf den platzsparenden Umgang mit der vorhandenen Straßeninfrastruktur ab. Fahrzeuge bilden Konvois mit kurzen Fahrzeugfolgezeiten. Laut Daimler sind Fahrzeugabstände von 15 m und weniger möglich, jedoch unter der Voraussetzung der Automatisierungsklasse 5 und der Kommunikation und vollständiger Vernetzung der Fahrzeuge untereinander. Eine Vielzahl an Studien untersucht die Reduzierung des Energieverbrauches, wie Brown et al. (2014), Gonder et al. (2014), Thomas et al. (2013), Schito und Braghin (2012), Gonder et al. (2012), Zhu und Yang (2011) und Schäfer et al. (2009). Allerdings ist die praktische Anwendung auf öffentlichen Straßen derzeit noch nicht möglich und daher keine praktische Anwendung vorhanden.

## **4.5 Neue Nutzerpotentiale für AuFa durch automatisierte Mobilitätsdienste**

Truong et al. (2016) stellen fest, dass drei unterschiedliche Altersgruppen in der Bevölkerung zukünftig durch Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 5 zusätzliche Fahrten, also Neuverkehr, erzeugen können. Dazu zählt die Gruppe der Jugendlichen (12 bis 17-jährigen), die noch zu jung sind, um selbst fahren zu dürfen, die jungen Erwachsenen (18 bis 24-jährigen), die noch keinen Führerschein besitzen und die Altersgruppe 65+ oder auch Mobilitätsbeeinträchtigte, die keine Fahrerlaubnis besitzen. Auf Basis von der Einführung eines automatisierten Carsharing-Dienstes wird der Besetzungsgrad prognostiziert und daraufhin die Anzahl der Kfz Fahrten und die Verschiebung der Verkehrsmittelwahl hin zu selbstfahrenden Fahrzeugen analysiert. Harper et al. (2016) hat ein verbesserte Mobilitätsangebot für Jugendliche, Ältere und Beeinträchtigte identifiziert und führte eine Abschätzung zusätzlicher Fahrzeugkilometer für die drei neuen Nachfragegruppen durch.

## **4.6 Neue Angebote automatisierter Mobilitätsdienste**

Wirkungen, Kennzahlen und Eigenschaften automatisierter Mobilitätsdienste werden im Projekt MEGAFON von (Friedrich und Hartl 2016) behandelt. Mit dem Thema Markteinführung hat sich auch die Boston Consulting Group (2015) in einer Studie befasst (Mosquet et al. 2015).

Die allgemeinen Wirkungen von automatisierten Mobilitätsdiensten werden von Litman (2017), Liu et al. (2016), West (2016), Pinjari et al. (2013), Barter (2013), Schoettle und Sivak (2015) und Fagnant und Kockelman (2014) ausführlich behandelt. Die Vorteile von automatisierten Taxi-Diensten werden von Dandl et al. (2017), Aria et al. (2016), Cools et al. (2016), Chen et al. (2015), Brownell und Kornhauser (2014) und Pinjari et al. (2013) analysiert. Nach Litman (2017) kann ein selbstfahrendes Taxisystem dann eingeführt werden, wenn eine hohe Durchdringungsrate automatisierter Fahrzeuge vorhanden ist. Die Wirkungen selbstfahrender Carsharing-Dienste werden aus verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet, die in Kapitel 4.1 aufgelistet sind.

Automatisierte Fahrzeuge werden eine nachhaltige Veränderung in der Bevölkerung bewirken. Cools et al. (2016) hat eine Befragung in Belgien im Jahr 2016 durchgeführt, die zwei Bereiche untersucht. Der erste Bereich beschäftigt sich mit den sozioökonomischen Daten und der zweite Bereich mit der Meinung zu selbstfahrenden Fahrzeugen. Diese Daten werden für die Analyse von verschiedenen Einflussfaktoren auf das Verkehrsverhalten herangezogen:

- Zumutbare Wartezeitlänge auf einen automatisierten Carsharing-Dienst;
- Bereitschaft ein automatisiertes Taxi als Fahrgast zu teilen;
- Zustimmung zu Umwegen, wenn es der Optimierung des Systems dient;
- Bereitschaft, den Tagesablauf im Voraus bekannt zu geben, um die Wartezeit auf das automatisierte Taxi reduzieren zu können.

Die Boston Consulting Group (Hazan et al. 2016) hat anhand einer Befragung herausgefunden, dass 40 % der Befragten es vermeiden, eine konventionelle Taxifahrt zu teilen. Als Begründung werden zum einen ein verringertes Sicherheitsgefühl und zum anderen die gestörte Privatsphäre angegeben.

Neben den Auswirkungen auf bestehende Taxi- und Carsharing-Dienste stehen AuFa in Konkurrenz zum öffentlichen Verkehr. Ab dem Zeitpunkt, an dem AuFa für die Autobahnnutzung verfügbar sind, werden diese eine hohe Attraktivität für Pendler besitzen. Die Zeit in einem AuFa Fahrzeug kann produktiv von den Passagieren genutzt werden. Dazu zählen die Tätigkeiten wie Arbeiten, Lesen, Schlafen, usw., ähnlich wie es heute in Personenzügen der Fall ist. Damit entsteht ein neues Potential an Fahrgästen, die das AuFa der Eisenbahn als Verkehrsmittel vorziehen könnten.

Die Studie von BCG „Will Autonomous Vehicles Derail Trains?“ von Hazan et al. (2016) untersucht die Kosten eines Mittelklassewagens und stellt dem ein AuFa gegenüber. Die Verkehrsmittelverlagerung ist entscheidend davon abhängig, ob ein Tür-zu-Tür Transport durch neue automatisierte Mobilitätsdienste möglich sein wird oder ob weiterhin die „erste und letzte Meile“ manuell gesteuert werden muss. In der Schweiz behandelt eine Studie (Axhausen et al., 2017) die Veränderung der Kostenstrukturen bei Mobilitätsdiensten. Hier zeigt sich insbesondere bei Taxis, dass fahrerlose Fahrzeuge zu deutlich geringeren km-Kosten führen, auch wenn dadurch Reinigungskosten und notwendige Servicearbeiten steigen werden. In der Studie von Frauenhofer "The Value of Time" sind ebenfalls Kostensätze für den "Value of Time" für Deutschland dargestellt (Basisjahr 2016). Da diese Kosten stark länderabhängig sind, wurden die ausgewiesenen Veränderungen durch automatisierte Mobilitätsdienste dieser Studie auf die österreichische Situation angepasst und auf die durchschnittlichen österreichischen Kostensätze angewendet.

#### **4.7 Auswirkungen durch die Veränderung der Nutzer-Kostenstruktur**

Ein wichtiger Aspekt für die Nutzung selbstfahrender Mobilitätsangebote wird die Kostenstruktur einer Fahrt sein. Davon wird auch die Akzeptanz und die Wirkung auf das Mobilitätsverhalten abhängen. Untersuchungen zum Kostenthema wurden von Burns et al. (2013), Johnson (2015), Hazan et al. (2016), Bösch et al. (2018) und Litman (2017) durchgeführt. Wichtige Kennzahlen aus diesen Untersuchungen werden auch im Abschnitt 7.7 zitiert.

Großteils wird davon ausgegangen, dass AuFa der SAE-Klasse 5 die Bewertung der Reisezeit und der Fahrdistanz verändern wird, da die Zeit hinter dem Lenkrad produktiv für die Arbeit oder als Freizeit verwendet werden kann. Lavasani et al. (2016) zeigt auf, dass durch diese Reduktion der subjektiv bewerteten Transportkosten und Reisezeit größere Fahrdistanzen attraktiver werden. Damit wird eine größere Flexibilität bezüglich des Arbeitsplatzstandortes, des Schulstandortes, aber auch des Wohnstandortes bewirkt. Dies fördert tendenziell die Zersiedelung.

Durch längere Fahrdistanzen wird ein Ansteigen der Fahrleistung, gemessen in Fahrzeugkilometer und Personenkilometer, erwartet. Dieser sogenannte „Rebound Effekt“ eines Anstiegs der Kfz-Fahrleistung (Anderson et al. 2014, Asendorpf 2015 und Litman 2017) wirkt sich nachteilig auf die verkehrspolitischen Zielsetzungen einer nachhaltigen Mobilität aus.

Auch West (2016) und Kim et al. (2015) gehen von einer Zunahme der Personenfahrleistung durch die Einführung von AuFz aus. Sie sind aber der Meinung, dass sich die zurückgelegten Fahrzeugfahrleistungen reduzieren könnten, weil die Besetzung der Fahrzeuge steigen wird. Durch AuFa wird auch eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens und der Besitzverhältnisse durch die Bevölkerung erwartet (Anderson et al. 2014; Kockelman et al. 2016; Litman 2017).

## 4.8 Einschränkungen durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Die gesellschaftlichen Auswirkungen von AuFz sind vielschichtig und schwierig abzuschätzen. Einerseits bestehen Bedenken gegenüber den AuFa, andererseits hängen daran viele Hoffnungen. AuFz können allen Personen, die nicht über einen Führerschein verfügen, zusätzliche Mobilität bieten (West 2016, Mosquet et al. 2015 und Pinjari et al. 2013).

Howard und Dai (2013) haben herausgefunden, dass soziodemografische Unterschiede einen Einfluss auf die Art der Bedenken gegenüber AuFa und deren Technologie ausüben. Personen mit einem höheren Einkommen haben die größten Bedenken bezüglich Haftungsfragen. Im Gegensatz dazu haben Personen mit einem niedrigem Einkommen die größten Bedenken auf Grund der Verkehrssicherheit. Weitere Untersuchungen zum Thema gesellschaftlicher Auswirkungen wurden durch Lavasani et al. (2016), Mosquet et al. (2015) und Menon (2015) durchgeführt.

Bezüglich der Wirkung auf die Erreichbarkeit und die räumlichen Auswirkungen, wie veränderte Flächennutzung, veränderte Wohnstandortwahl oder veränderte Arbeitsplatzwahl wurden Untersuchungen von Meyer et al. (2016), über die Erreichbarkeit von Litman (2017), Chapin et al. (2016), Lavasani et al. (2016), Kim et al. (2015), Labi et al. (2015), Anderson et al. (2014) und Pinjari et al. (2013) durchgeführt.

Ein wichtiges Thema beim AuFa stellen die Möglichkeiten für eingeschränkt mobile Personen dar. Dies gilt vor allem für Personengruppen, deren Quelle (Wohnort) oder Ziel nicht mit dem ÖV erreichbar ist, oder die sich private Taxifahrten aus finanziellen Gründen nicht leisten können. Als eine Grundlage für die Identifikation der Menge dieser Gruppen kann die Untersuchung 'ÉGALITÉplus (Sammer et al., 2011) sowie eine Untersuchung "Altern in der Steiermark: Lust oder Last - Verkehr und Mobilität" (Sammer, Röschel 1999) herangezogen werden.

## 5 Expertenbefragung

Aufbauend auf der Literaturrecherche und der internen interdisziplinären Szenariendiskussion wurde eine zweistufige Delphi-Befragungen konzipiert. Die Ergebnisse sind eine wesentliche Grundlage und Rückkopplung für die Szenarienentwicklung, für die rechtlichen Betrachtungen sowie für die Darstellung notwendiger Infrastrukturmaßnahmen.

### 5.1 Methode der Delphi-Befragung

Zentraler Inhalt der Delphi-Befragung ist eine zweistufige Befragung von einschlägigen ExpertInnen der Wissenschaft, der öffentlichen Verwaltung, Infrastrukturbetreiber, ÖV-Dienstleistern, Forschungseinrichtungen, Sachverständige, Interessenvertreter und Consulting- bzw. Planungsbüros. In der ersten Befragungsrunde wurde die Einschätzung zu Fragen des Themas der Automatisierung im Verkehr erhoben, wobei jede Frage mit der vorliegenden Faktengrundlage aufbereitet wird.

Die Antworten aller Befragten wurden in einer zweiten Runde denselben ExpertInnen zur Disposition gestellt, wobei die individuelle Antwort der ersten Runde zu jeder Frage der Befragten aufgezeigt wurde. Unter Beachtung der Streuung aller Antworten der ersten Runde können die Befragten ihre Einschätzung in der zweiten Runde ändern. Damit ist eine Rückkoppelung mit den Befragungsergebnissen der ersten Runde möglich. Bei dem Ergebnis werde erwartet, dass damit eine

Konsolidierung und geringere Streuung der Antworten und eine Abnahme der Unsicherheit in den Antworten bewirkt wird, was auch durch das Ergebnis bestätigt wurde. Dieses Verfahren der ExpertInnen- Befragung bewährt sich in der Abschätzung künftiger Entwicklungen, wenn wenig belastbare Forschungsergebnisse vorliegen. Der erste Teil der Befragung erfolgte im Juli 2017. 113 ExpertInnen wurden nach Fachbereichen unterteilt kontaktiert. Davon haben 39 ExpertInnen an der Delphi-Befragung teilgenommen (Rücklaufquote von 35%).

**Tabelle 5.1-1: Stichprobenumfang und Rücklaufquote der Delphi-Befragung**

Berufsgruppen	Delphi – ExpertInnen		Rücklaufquote
	brutto	Netto	
Universität	34	6	18%
Forschung	13	4	31%
Verwaltung	15	9	60%
Interessenvertretung	11	6	55%
Consulting	14	5	36%
Firmen/Industrie	17	2	12%
Verkehrsunternehmen	3	3	100%
Infrastrukturbetreiber	4	2	50%
Sachverständige	2	2	100%
<b>Summe</b>	<b>113</b>	<b>39</b>	<b>35%</b>

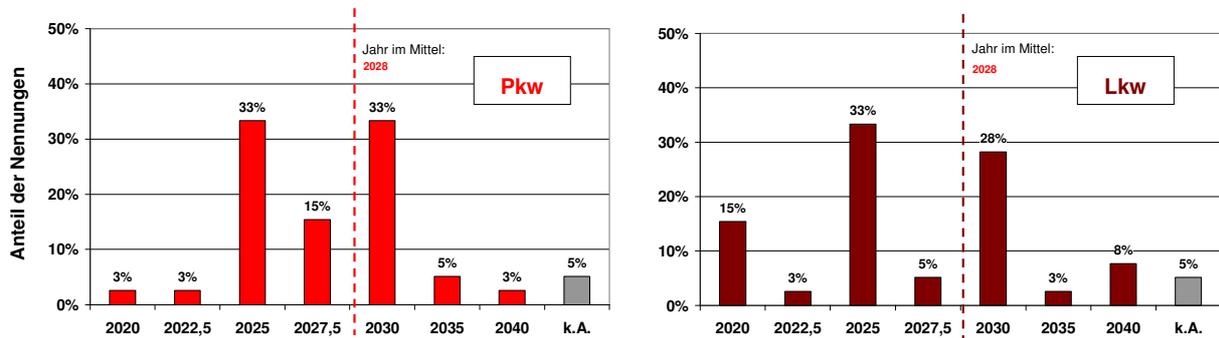
## 5.2 Ausgewählte Ergebnisse der Delphi-Befragung

Bei der Delphi-Befragung wurden in Summe 46 Fragen gestellt. Besonders interessant ist das Ergebnis, dass Antworten der zweiten Runde deutlich kritischer als jene der ersten Runde ausgefallen sind. Dies ist einem in der zweiten Fragerunde spürbar stärkeren Problembewusstsein gegenüber dem AuFa zuzuschreiben. In den folgenden Graphiken werden ausgewählte wichtige Ergebnisse der Delphi-Befragung dargestellt und interpretiert. Die Ergebnisse der gesamten Delphi-Befragung sind im "Teil 4: Ergebnisse der Delphi-Befragung " enthalten. Die folgenden Ergebnisse der Delphibefragung beziehen sich auf die 2. Runde, nachdem sich die ExpertInnen in der Regel kritischer zum AuFa geäußert haben.

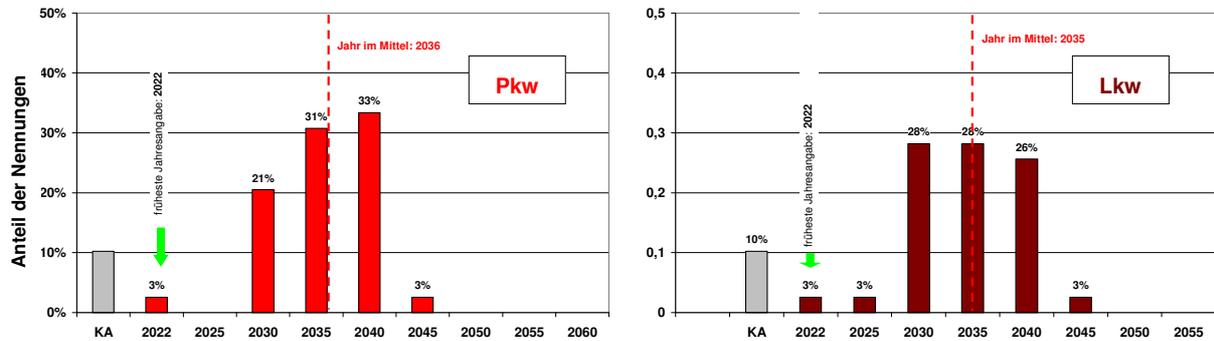
### 5.2.1 Zeithorizont für die Zulassung von automatisiertem Fahren in Österreich

Das Ergebnis dieser Fragestellung zeigte, dass die ExpertInnen im Durchschnitt davon ausgehen, dass automatisierte Pkw und Lkw der Automatisierungsklasse 4 ab 2028 für Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich zugelassen werden. Dieser erwartete Zeithorizont liegt deutlich später, als jener der Autohersteller. Die europäischen Fahrzeughersteller rechnen für die Automatisierungsklasse 4 mit einem Zeithorizont von 2020 bis 2025. Für die Automatisierungsklasse 5 wird für Pkw und Lkw die Zulassung für Autobahnen und Schnellstraßen für ca. 2035 bis 2036 im Mittel erwartet. Für die Automatisierungsklasse 3 wurde kein Zeithorizont abgefragt, weil man hier von einem Start im Zeitraum 2018/19 ausgehen kann.

**Abbildung 5.2-1: Antwortrate zum Zeithorizontes für die Zulassung des automatisierten Fahrens auf Autobahnen und Schnellstraßen für PKW und Lkw für die Automatisierungsklasse 4**

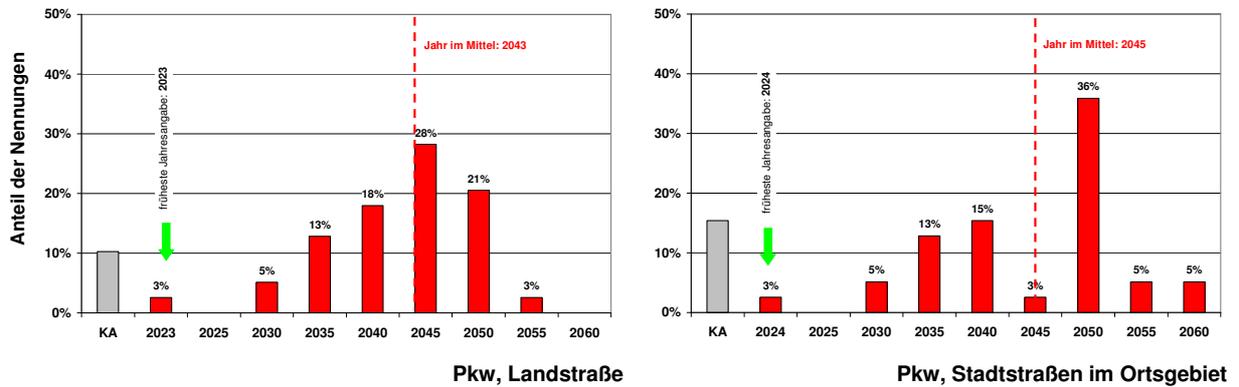


**Abbildung 5.2-2: Antwortrate zum Zeithorizontes für die Zulassung des automatisierten Fahrens auf Autobahnen und Schnellstraßen für PKW und Lkw für die Automatisierungsklasse 5**



Für Pkw der Automatisierungsklasse 5 wird der Zeithorizont für die Zulassung auf A+S für Pkw für das Jahr 2036 und für 2035 für Lkw eingeschätzt. Es zeigt sich gegenüber der Automatisierungsstufe 4 ein etwa um 15 Jahre späterer Zulassungszeitpunkt. Dies lässt sich durch die deutlich größere Problemlage für die Automatisierungsklasse 5 erklären.

**Abbildung 5.2-3: Antwortrate des Zeithorizontes für die Zulassung des automatisierten Fahrens auf Landstraße sowie auf Stadtstraßen im Ortsgebiet von Pkw für die Automatisierungsklasse 5**

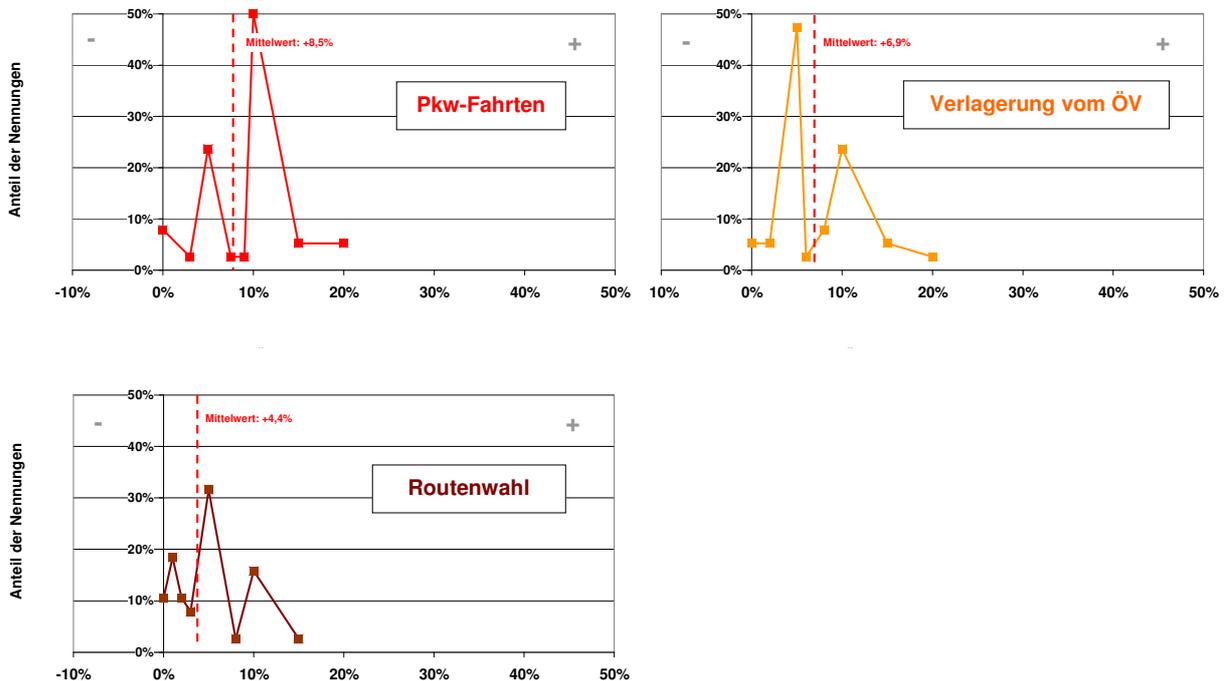


Auf Straßen außerorts sowie auf Straßen im Ortsgebiet wird für Pkw der Automatisierungsklasse 5 der Zeithorizont für die Zulassung für das Jahr 2043 und für 2045 eingeschätzt. Es zeigt sich gegenüber der Automatisierungsstufe 4 ein etwa um 8 Jahre späterer Zulassungszeitpunkt. Dies lässt sich durch die deutlich größere Problemlage für Außer- und Innerortsstraßen gegenüber A+S erklären, wo nur Kfz unterwegs sind.

## 5.2.2 Veränderung der Verkehrsnachfrage

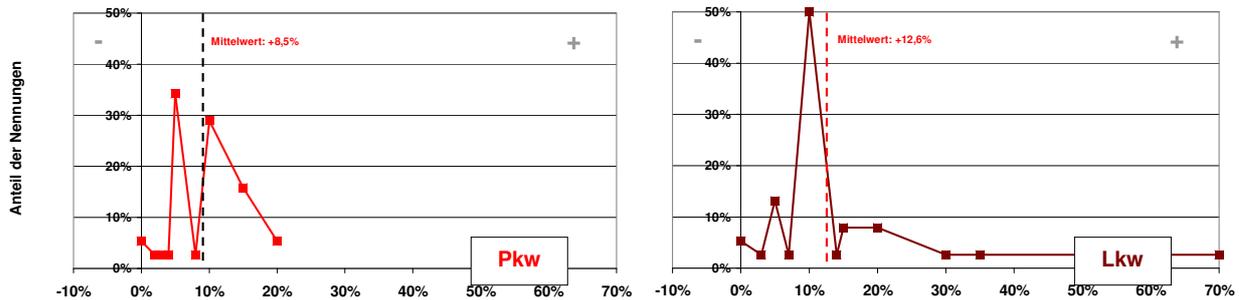
Das Ergebnis zeigt, dass die Experten für die Automatisierungsklasse 4 auf Autobahnen und Schnellstraßen mit ca. 8,5% mehr Pkw-Fahrten rechnen. Betrachtet man die Verkehrsmittelwahl, dann wird ein Plus von ca. 7% an Pkw-Fahrten erwartet. Durch den Effekt der Veränderung der Routenwahl vom untergeordneten Straßennetz auf das A+S Netz wird ein Plus von ca. 4% abgeschätzt. Insgesamt wird erwartet, dass die Verkehrsnachfrage auf A+S deutlich zunimmt.

**Abbildung 5.2-4: Erwartete Veränderung der Verkehrsnachfrage, gemessen in Pkw-Fahrten, durch automatisiertes Fahren der Automatisierungsklasse 4 auf A+S**



Auf Autobahnen und Schnellstraßen wird durch das AuFa mit der Automatisierungsklasse 4 für Pkw mit +8,5% eine gleich große Zunahme der Kfz-Verkehrsleistung erwartet, wie die Zunahme der Fahrtenhäufigkeit. Das bedeutet, dass keine Zunahme der Pkw-Fahrtweiten erwartet wird. Dies ist mit der Frage nach der Routenwahl nicht unbedingt konsistent, dass durch eine Verlagerung auf die A+S Umwegfahrten zu erwarten sind. Anders sieht die Einschätzung der Zunahme der Verkehrsleistung von Lkw- auf Autobahnen und Schnellstraßen aus: Hier wird eine deutlich größere Steigerung der Verkehrsleistung rd. +13% erwartet.

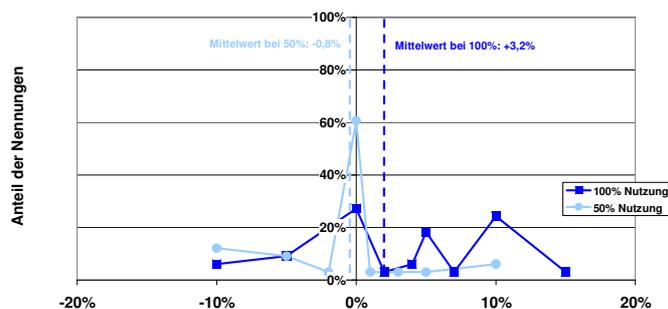
**Abbildung 5.2-5: Erwartete Änderung der Kfz-Verkehrsleistung durch automatisiertes Fahren der Automatisierungsklasse 4 auf A+S für Pkw und Lkw**



### 5.2.3 Veränderung der Reisezeiten

Neben der Veränderung der Verkehrsnachfrage wurde auch die Einschätzung der ExpertInnen zur Veränderung der Reisezeiten auf Autobahnen und Schnellstraßen durch das automatisierte Fahren der Automatisierungsklasse 4 auf dem A+S-Netz abgefragt. Als Bezugsgröße wurde die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit in Österreich (mit relativ hohem Tunnelanteil, inkl. der Staubereiche, aber ohne die Südosttangente in Wien) herangezogen. Diese liegt bei ca. 105 km/h. Das Ergebnis zeigt, dass die ExpertInnen bei einer Nutzungsdurchdringung der AuFz von 50% mit einer Reduktion der Reisegeschwindigkeiten von ca. -0,8% und bei einer 100% Nutzung mit einer Steigerung von +3,2% rechnen.

**Abbildung 5.2-6: Erwartete Veränderung der mittleren Reisegeschwindigkeit durch automatisiertes Fahren der Automatisierungsklasse 4 auf dem A+S-Netz**



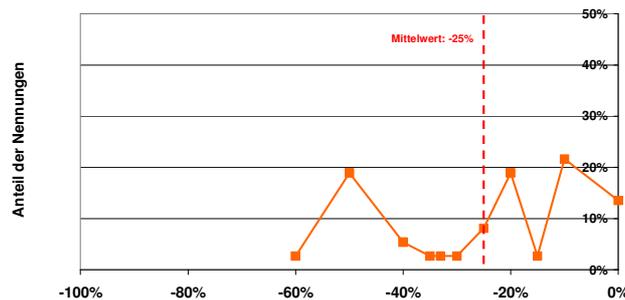
### 5.2.4 Kostengrenzen der Akzeptanz von Mobilitätsdiensten der Klasse 5

Durch die verstärkte Bereitstellung von automatisierten Mobilitätsdiensten wird eine Reorganisation und starke Veränderung der Kostenstruktur der Mobilität erwartet. Es ist zu erwarten, dass sich die Kosten- und Preisunterschiede zwischen den einzelnen Verkehrsmitteln, wie den ÖV und dem MIV, signifikant verändern. Bei der Automatisierungsklasse 5 wird eine verstärkte Etablierung von automatisierten Mobilitätsdiensten ("Mobilität als öffentliches Tür-zu-Tür Service") erwartet. Folgende Formen sind zu unterscheiden:

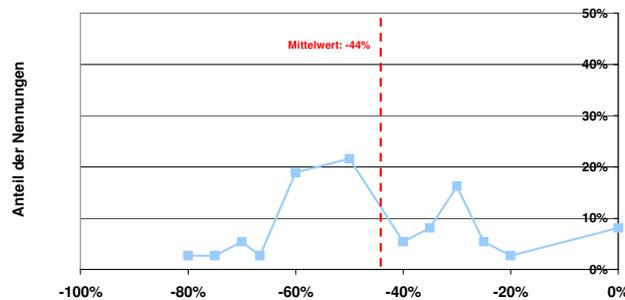
- Automatisiertes Taxi: Fahrgäste (Kunden) werden von einem lenkerlosen Taxi vom Ausgangspunkt abgeholt und zum Ziel gebracht.
- Automatisiertes Sammeltaxi (ohne Lenker): Fahrgäste (Kunden) steigen zu und teilen sich das lenkerlose Sammeltaxi auf Teilstrecken ihrer Wegekette vom Ausgangspunkt zum Zielpunkt.

Die Akzeptanz dieser Mobilitätsdienste sind wichtige Einflussgrößen für die Auswirkungen auf das Verkehrssystem einer Stadt.

**Abbildung 5.2-7: Antwortrate der Einschätzung der Reduktion der Nutzerkosten eines automatisierten Taxis gegenüber einem klassischen Taxi mit Lenker für eine Akzeptanz von 50% der Nutzer eines klassischen Taxis mit Lenker**



**Abbildung 5.2-8: Antwortrate der Einschätzung der Reduktion der Nutzerkosten eines automatisierten Sammeltaxis gegenüber einem privaten Pkw mit Lenker für die Akzeptanz von 50% der Nutzer eines privaten Pkw mit Lenker**



Die Einschätzung der ExpertInnen für die Mindestreduktion der Kosten, damit Mobilitätsdienste von ca. 50% der NutzerInnen akzeptiert werden, liegen bei automatisierten Taxis bei ca. -25% gegenüber einem klassischen Taxi mit LenkerIn, mit einer sehr großen Bandbreite von ca. 0% bis -60%. Bei automatisierten Sammeltaxis liegt dieser Wert bei ca. -44%, ebenso mit einer sehr großen Bandbreite von ca. 0 bis -80%) gegenüber den Nutzerkosten eines privaten Pkws mit LenkerIn. Deutlich zeigt sich an diesen Kostenrelationen, dass ein Sammel-Taxi weitaus weniger attraktiv ist und erst bei weitaus größeren Kosteneinsparungen als ein automatisiertes Taxi ohne Sammlung von Fahrgästen. Dies erklärt sich einerseits aus der geringeren Privatsphäre und Komfort sowie den vermehrten Umwegen von Sammelfahrten.

## Ergebnisse von rechtlichen Fragen

Ein wichtiges Thema des Projekts AUTO-NOM ist die Analyse der rechtlichen Aspekte. Im Vordergrund stehen das österreichische Kraftfahrzeuggesetz 1967 (KFG) und die österreichische Straßenverkehrsordnung 1960 (StVO). Darüber hinaus werden auch andere Rechtsvorschriften, Normen und Regeln behandelt, die bestimmte Ausprägungen des automatisierten Fahrens betreffen und die automatisierte Fahrzeuge in der Entwicklung durch vorhandene rechtliche Beschränkungen behindern können. Deshalb wurde in die ExpertInnenbefragung die Einschätzung zu möglichen Gesetzesänderung aufgenommen.

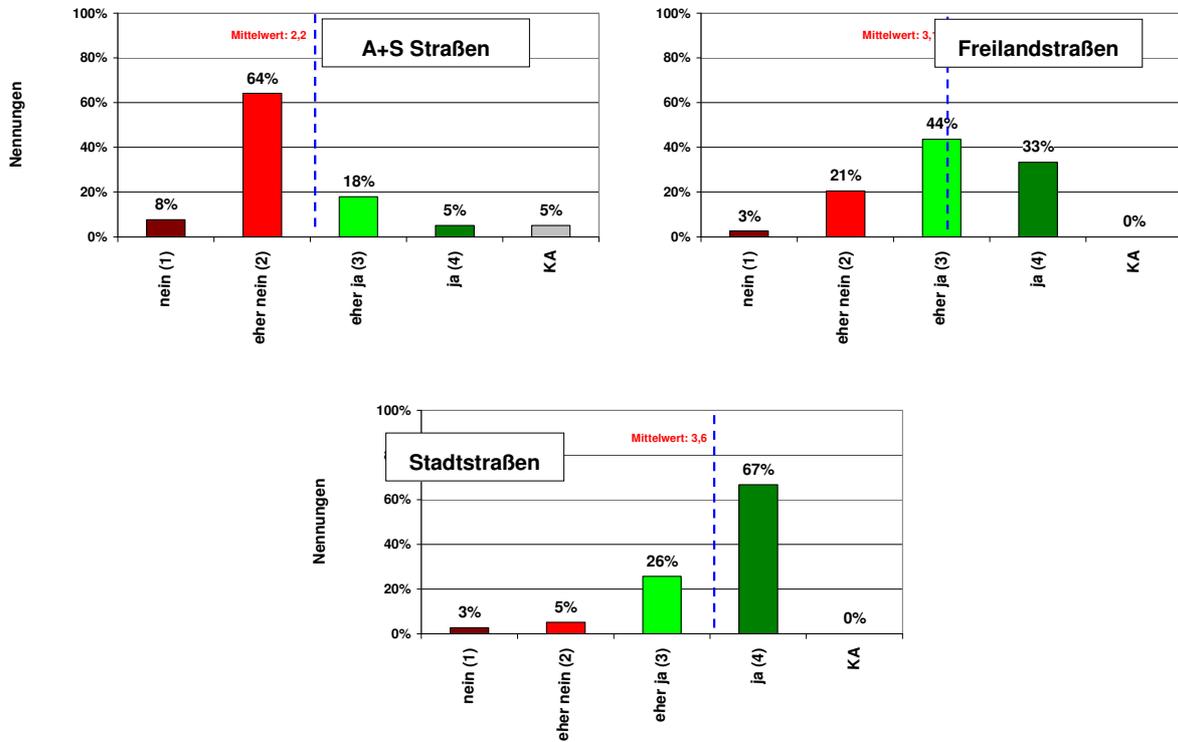
Die Straßenverkehrsordnung enthält den sogenannten Vertrauensgrundsatz (§ 3 StVO), wonach eine VerkehrsteilnehmerIn damit rechnen kann, dass sich andere VerkehrsteilnehmerInnen an die Regeln der StVO halten. Dieser Vertrauensgrundsatz gilt aber für Kinder nicht. Das bedeutet z.B., dass beim Autofahren entlang einer Reihe von parkenden Autos jederzeit damit zu rechnen ist, dass ein Kind die Fahrbahn betritt. Dies bedeutet, dass nur im Schrittempo gefahren werden dürfte, um jederzeit bremsen zu können. In der Praxis hält sich kaum eine AutolenkerIn daran und fährt ihr gewohntes Tempo, weil der Fall eines zwischen zwei parkenden hervortretenden Kindes sehr selten vorkommt.

Der Steuerungsalgorithmus eines AuFz muss sich nach der derzeitigen Rechtslage genau an die StVO und seine Ausnahme halten. Das bedeutet, dass AuFz deutlich langsamer unterwegs sein müssen, als es derzeit von LenkerInnen praktiziert wird. Damit wird ein AuFz signifikant unattraktiver als ein herkömmlich händisch gesteuertes Fahrzeug.

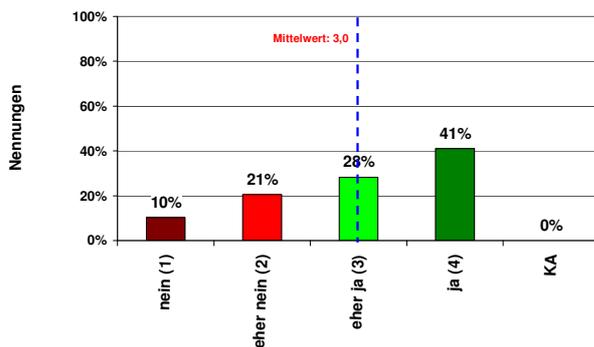
Würden in der StVO z.B. AuFz von der Ausnahme des Vertrauensgrundsatzes rechtlich „befreit“, könnte sich ein AuFz wie die anderen FahrzeuglenkerInnen verhalten und schneller fahren. Dies würde aber die Verkehrssicherheit deutlich senken. Nichtsdestoweniger rechnen Autohersteller von AuFz mit einer dementsprechenden gesetzlichen Anpassung.

Auf diesen Überlegungen basiert die Fragestellung der Abbildung 5.2-9. Das Ergebnis zeigt, dass die befragten ExpertInnen mit über **zwei Drittel** der Meinung sind, dass eine Änderung der StVO in diesem Sinne für AuFz auf Autobahnen und Schnellstraßen **nicht wahrscheinlich** ist. Allerdings sinkt diese Ablehnung auf etwa ein Viertel für Außerortsstraßen, innerorts sogar auf unter 10 %. Das heißt, dass VerkehrsexpertInnen der Meinung sind, dass ein Streichen der Ausnahme von Kindern für den Vertrauensgrundsatz durchaus akzeptiert werden könnte. Diese Problemstellung hat natürlich signifikante Auswirkungen auf die Attraktivität von AuFz. Eine ähnliche Problematik weist die Einhaltung der erlaubten Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Sichtweiten auf Autobahnen, Landstraßen und Kreuzungen.

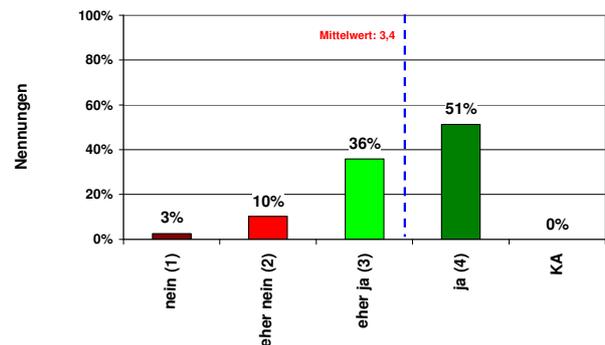
**Abbildung 5.2-9: Antwortrate der Einschätzung für eine Zulassung von automatisierten Fahrzeugen der Automatisierungsklassen 4 und 5 mit einer Ausnahme des Vertrauensgrundsatzes der StVO im Mischverkehr**



**Abbildung 5.2-10: Antwortrate der Einschätzung für eine Zulassung vom Steuerungsalgorithmus nur mit gesetzeskonformen Verhalten laut StVO, auch wenn dadurch der Verkehrsfluss signifikant beeinträchtigt wird**



**Abbildung 5.2-11: Antwortrate der Einschätzung für die verpflichtende Offenlegung vom Steuerungsalgorithmus der Hersteller bei der Zulassung**



Über zwei Drittel der befragten ExpertInnen sind der Meinung, dass sich die Steuerungsalgorithmen an alle Regeln der StVO halten müssen (Abbildung 5.2-10 und Abbildung 5.2-11). Dies stellt natürlich einen gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen der Fragestellung der Abbildung 5.2-9 für Straßen außerorts und innerorts dar. Dies ist ein Zeichen, dass diese Fragen noch nicht ausreichend ausdiskutiert sind.

Eine wichtige Frage für die Zulassung von AuFz stellt die verpflichtende Offenlegung von Steuerungsmechanismen dar, ob alle StVO-Regeln eingehalten werden. Hier zeigt das Ergebnis, dass 87% der Befragten eine verpflichtende Offenlegung begrüßen. Diese Frage wird zu heftigen Diskussionen zwischen den Zulassungsbehörden und den Autoherstellern führen.

## 6 Rechtliche Analyse des Automatisierten Fahrens

Ein zentrales Thema ist die Identifizierung der Wechselwirkung zwischen den technischen und den vorhandenen rechtlichen Rahmenbedingungen, aber auch das rechtliche Veränderungspotential. Die signifikanten einschränkenden Ergebnisse dieser Wechselwirkung wurden bei der Szenarientwicklung beschrieben und berücksichtigt.

Wer den rechtlichen Rahmen des automatisierten Fahrens untersucht, ist mit einem komplexen Regelungsgegenstand und etlichen Regelungsbereichen konfrontiert (siehe auch I. Eisenberger, et al., 2016). Die folgenden Regelungsbereiche dienen in diesem Projekt als Ausgangspunkt, um relevante Problembereiche und allfälligen rechtlichen Anpassungsbedarf aufzeigen zu können:

- Völker- und Europarecht
- Verfassungsrecht
- Verkehrsrecht
- Produktrecht
- Datenschutzrecht
- Sonstige relevante verwaltungsrechtliche Vorschriften
- Strafrecht
- Haftungsrecht.

Im Teil 3 der vorliegenden Studie sind die detaillierten Ergebnisse der rechtlichen Analyse beinhaltet. Dieser beschäftigt sich mit dem Status quo, also dem bestehenden Rechtsrahmen (*de lege lata*) und stellt überblicksartig die zum jetzigen Zeitpunkt wichtigsten rechtlichen Rahmenbedingungen dar. Im Weiteren werden dort ausgewählte Problemlagen und die Notwendigkeit untersucht, in ausgewählten Rechtsbereichen rechtliche Regelungen zu entwickeln (*de lege ferenda*). Um den rechtlichen Anpassungsbedarf aufzeigen zu können, orientiert sich die Struktur der rechtlichen Teilstudie an den technischen Entwicklungen und beschränkt sich, wie die Gesamtstudie, auf die SAE Level 3 bis 5, da für den Einsatz AuFz nur diese Stufen spezifisch rechtlich relevant sind.

Da sich die Darstellung des rechtlichen Status quo auf die derzeit zentralen rechtlichen Rahmenbedingungen beschränkt, umfasst dieser Teil zunächst Ausführungen zum völker- und europarechtlichen Rahmen, den Österreich beim AuFa zu berücksichtigen hat sowie solche zu den verfassungsrechtlichen Grundlagen, an die der österreichische Gesetzgeber gebunden ist, sobald er gesetzliche Regelungen für AuFa erlässt.

Spezifische Regelungen hat der österreichische Gesetzgeber bislang im Verkehrsrecht erlassen, weshalb dieses auch Ausgangspunkt der Darstellung des einfachgesetzlichen Rahmens für AuFa ist. Die auf Grundlage dieser Bestimmungen laufenden ersten Testfahrten werfen zusätzliche rechtliche Fragen auf, die in der rechtswissenschaftlichen Literatur bereits diskutiert werden (siehe Amlacher, Andréewitch, 2018 und I. Eisenberger, Lachmayer, San Nicolo, 2018). Dies betrifft insbesondere das Datenschutzrecht, das Straf- und das Haftungsrecht, weshalb sie ebenfalls in der Status quo-Erhebung inkludiert sind.

Der restliche Berichtsteil 3 der Studie widmet sich ausgewählten Problemlagen, die zu rechtlichem Anpassungsbedarf für AuFa führen könnten. Aus der Fülle an Problembereichen fokussiert die vorliegende Studie die folgenden Rechtsbereiche: Völker- und Europarecht, Verfassungsrecht, Produktrecht, Verkehrsrecht, Datenschutzrecht, sonstige verwaltungsrechtliche Vorschriften sowie Haftungsrecht. Das Strafrecht bleibt von dieser Untersuchung ausgeklammert.

Um den potentiellen Zeithorizont für allfällige rechtliche Adaptionen besser einschätzen zu können, werden die einzelnen Problembereiche je nach SAE-Level 3 bis 5 gesondert bearbeitet. Dies ermöglicht es einerseits, zentrale rechtliche Problemstellungen strukturiert identifizieren, analysieren und zusammenfassen zu können. Andererseits wird der notwendige Zeitrahmen notwendiger Regelungsanpassungen aufgezeigt. Dies bietet somit einen Leitfaden für den Gesetzgeber und die Ministerialverwaltung.

Für die interdisziplinären und fachübergreifenden Teile der Studie haben sich folgende Aspekte als zentral erwiesen:

- Eine Gegenüberstellung der rechtlichen und technischen Zeithorizonte;
- rechtliche Aspekte der Sichtweitenproblematik und die daraus abgeleiteten Geschwindigkeitsanforderungen;
- mögliche Definitionen der erkennbaren Objektgrößen und Objekttypen (z.B. Mensch und Ladegut);
- Fragen der technischen Möglichkeit der Durchbrechung gesetzlicher Vorgaben;
- Fragen des Mindestalters und der körperlichen Fähigkeiten für die Nutzung AuFz;
- der Umgang mit dem Vertrauensgrundsatz (insbesondere der Ausnahmen z.B. für Kinder).

Die rechtswissenschaftliche Bearbeitung und Beantwortung dieser Fragen ist in die Szenarienentwicklung und ihre Problembeschreibung und Lösungsansätze eingeflossen.

# 7 Automatisierte Mobilitätsdienste

## 7.1 Einleitung

Mobilität ist ein unverzichtbares Bedürfnis der modernen Gesellschaft und wird durch die gegenwärtigen Entwicklungen verändert. Abhängig von unseren Bedürfnissen und technologischen Neuerungen werden neue Möglichkeiten geschaffen, die ein höheres Maß an Vernetzung, Komfort und Zusatznutzen, aber auch unerwünschte Folgewirkungen mit sich bringen können. Die Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur hat sich in Österreich in den letzten Jahren gewandelt. Die Zahl der älteren Menschen nimmt zu, der Wohnraum verschiebt sich von ländlichen Gemeinden in die Ballungsräume der Städte. Die Urbanisierung ermöglicht den Menschen ein umweltfreundlicheres Mobilitätsverhalten und den Umstieg vom privaten Kfz hin zum öffentlichen Verkehr, Fahrrad oder Gehen. (VCÖ 2015)

Der technologische Fortschritt durch Digitalisierung ermöglicht eine effiziente Kombination und Vernetzung verschiedener Mobilitätsdienste. Vereinfacht können vier Hauptfaktoren für eine zunehmende Vernetzung der Mobilitätsdienste festgehalten werden (Tab 7.1-1) (Gertz und Gertz 2012).

Diese vier Hauptfaktoren schaffen ein Veränderungspotential, dass durch eine neue Verkehrspolitik durch Internalisierung der externen Kosten der Verkehrsnutzer genutzt werden könnte. Derzeit fehlen dazu aber die zentralen verkehrspolitischen Impulse. Der laufende Wirtschaftsaufschwung hat wieder zu einer Zunahme der Motorisierung und Verkehrsnachfrage der Kfz geführt.

**Tabelle 7.1-1: Potentielle Entwicklungsfaktoren für eine veränderte Mobilität**

Technologische Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbreitung von Smartphones und die Nutzung von Apps (Bsp.: SCOTTY, BusBahnBim, Carsharing App)</li> <li>• E-Tickets</li> </ul>
Veränderungspotential des Mobilitätsverhaltens durch technologische Entwicklungen und verkehrspolitische Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstärkte ÖV- Nutzung der jüngeren Erwachsenen</li> <li>• „Nutzen statt besitzen“ (Mobility as a Service)</li> <li>• Berücksichtigung ökologischer Aspekte im Konsumverhalten</li> <li>• Höhere Energiepreise könnten die Suche von Mobilitätsalternativen bei Kfz NutzerInnen fördern</li> <li>• Abnahme des Führerscheianteils in Städten</li> </ul>
Neue Mobilitätsangebote	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationsgebundenes Carsharing</li> <li>• Radleihsysteme (Bsp.: Citybike Wien)</li> <li>• Elektrofahrzeuge, Elektrofahrräder</li> <li>• Automatisierte Fahrzeuge</li> </ul>
Veränderte Rahmenbedingungen für ÖV- Unternehmen und Automobilindustrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Zuge von Elektromobilitätsförderung werden von der Automobilindustrie neue Konzepte erarbeitet und Ausweitungen des Geschäftsmodells erforscht</li> <li>• Fortsetzung der Kundenorientierung im ÖV</li> <li>• Verstärkte Klimaschutzanstrengungen</li> </ul>

## 7.2 Mobilitätsdienste ÖV

Der öffentliche Personennahverkehr nimmt eine zentrale Rolle in der weiteren Vernetzung der verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen ein. Im ÖV werden bereits seit einigen Jahren die unterschiedlichen Teilsysteme miteinander koordiniert und die Intermodalität an Knotenpunkten ausgebaut. Der Umstieg auf ein anderes Verkehrsmittel während eines Weges wird dadurch vereinfacht (Bsp.: Umstieg von Bahn auf Bus, Rad oder Carsharing). Ein Potential für den öffentlichen Verkehr ist das Anbieten umfangreicher Dienstleistungen, insbesondere für den Zu- und Abgangsbereich des ÖV (Gertz und Gertz 2012):

- Kooperation mit Carsharing Unternehmen oder eigene Carsharing Angebote (Bsp.: ÖBB Rail&Drive, Deutsche Bahn in Kooperation mit Flinkster)
- Gepäckaufbewahrung und Gepäckservice (Bsp.: Haus-Haus Gepäck von der ÖBB)
- Mobilitätsgarantien und Taxiruf Service (Kooperation der Deutschen Bahn mit dem Taxi- und Mietwagenverband BZP bei Störungen)
- Kombitickets für Flugreisen mit Option auf eine Weiterfahrt mit der Bahn (Bsp.: Rail&Fly Deutsche Bahn und ÖBB).

Seit einigen Jahren wird versucht, den ländlichen Raum stärker mit dem öffentlichen Verkehr zu erschließen. Da die Kundenfrequenz für einen klassischen Linienbetrieb in vielen Gebieten nicht ausreichend ist, wird vereinzelt auf das System des Micro-ÖV gesetzt. Unter dem Namen Mikro-ÖV fallen viele Bezeichnungen, wie Anrufsammeltaxi, Rufbus und Gemeindebus. Der Mikro-ÖV zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus (Rausch 2017):

- Bedarfsgesteuert, wenn ein konkreter Fahrtwunsch getätigt wird
- Flexibel in Raum und Zeit
- Kleine Fahrzeuggrößen

Die Ziele des Mikro-ÖV umfassen von der Stärkung der ländlichen Strukturen (Daseinsvorsorge), über leichteren Zugang zur Mobilität für mobilitätseingeschränkte Personen bis hin zum Erreichen von Umweltzielen (Rausch 2017). In Österreich gibt es einige Beispiele, wo Mikro-ÖV Systeme erfolgreiche eingeführt wurden:

- gMeinBus Trofaiach (Steiermark)
- Mobil-E Ebenthal (Kärnten)
- Assling Mobil (Tirol)
- ISTmobil (Steiermark)
- LeibnitzMobil (Steiermark)
- Anrufsammeltaxi in mehreren Städten.

### **7.3 Mobilitätsdienste MIV und Rad (Car- und Bike-sharing)**

Carsharing gewinnt seit einigen Jahren an Bedeutung. 5,8 Mio. Personen weltweit nutzen derzeit Carsharing Angebote. Bis 2020 könnte diese Zahl bereits auf 15 Mio. ansteigen (Tomlinson 2016). Allerdings ist dieser Wert in Relation zur Fahrgastanzahl des ÖV verschwindend gering.

Grundsätzlich wird zwischen stationsgebundem Carsharing („Stadttauto“ in Wien), nicht stationsgebundem Carsharing „Free Floating“ (DriveNow, Car2Go) und privates Carsharing über Internetplattformen „peer to peer Carsharing“ (Drivy) unterschieden. Dazu gehören auch die klassischen Autovermietungen (Sixt, Europcar, Avis, usw.). Fahrradverleihsysteme haben sich in den letzten 5 bis 10 Jahren als Mobilitätsdienst durchgesetzt. In Städten, wie Amsterdam, Berlin, Hamburg, Madrid, Paris, aber auch Wien sind die Systeme erfolgreich im Betrieb. Für Fahrradverleihsysteme wird ebenso zwischen stationsgebundenem und nicht stationsgebundenem „Free Floating“ unterschieden.

Das traditionelle Taxi oder der Mietwagen zählen seine vielen Jahrzehnte zum festen Bestandteil der Mobilitätsdienste. Diese Branche ist seit den technischen Neuerungen (Smartphones und mobiles Internet) im Umbruch. Über Apps werden Taxifahrten nicht nur über eine Zentrale gebucht, sondern direkt am Smartphone. Das Unternehmen Uber hat die Vermittlung von Fahrten zu seinem Kerngeschäft gemacht und vermittelt Fahrten über App-Anfragen an Kunden in der formalen Form als „Mietwagen“. Uber selbst besitzt keine Fahrzeugflotte, sondern kooperiert mit Mietwagenunternehmen oder einzelnen Fahrzeugkern. Ein weiteres Unternehmen, der Fahrdienst Taxify ist seit Oktober 2017 in Wien tätig.

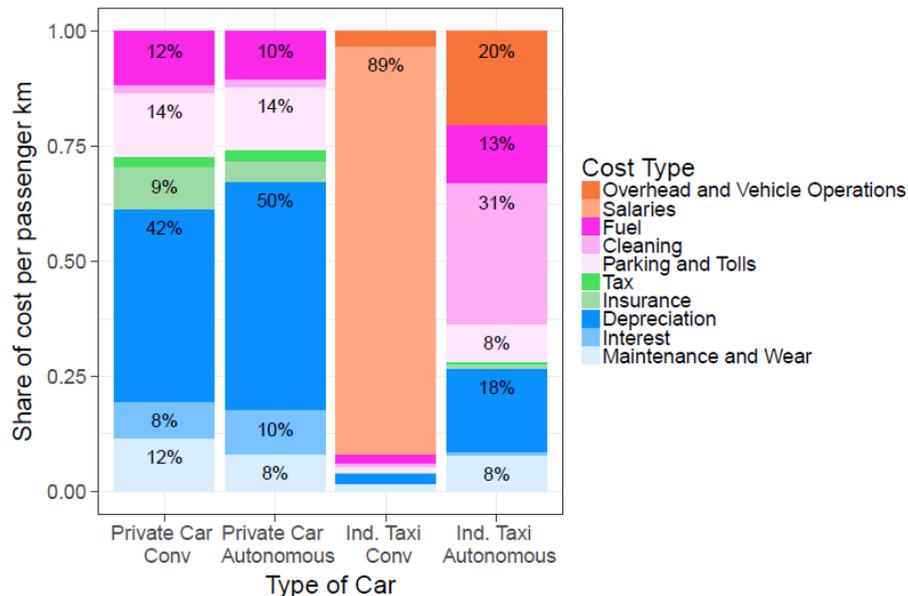
Mitfahrmöglichkeiten in Form von regelmäßigen oder temporären Fahrgemeinschaften sind eine weitere Angebotskategorie. Unterteilen kann man diesen Mobilitätsdienst in Mitfahrmöglichkeiten für längere Strecken und den täglichen Pendlern, die regelmäßig zwischen ihrem Wohnort und Arbeitsplatz fahren (Bsp.: Mitfahrbörsen „Fahrgemeinschaft“, „foahstmit“ oder „Hey Way“). Dieses System kann auch unter der Rubrik Fahrgemeinschaften eingeteilt werden (Gertz und Gertz 2012).

Abbildung 7.3-1: Vernetzungen von Mobilitätsdienste (Gertz und Gertz 2012)

Vernetzung von Mobilitätsdienstleistungen		Teilelemente von Mobilitätspaketen				
öffentlicher Verkehr	Nahverkehr	S-Bahn, Regionalbahn	U-Bahn, Stadtbahn	Bus	Fähren	
	Fernverkehr	Bahn	Fernbus			
Leihsysteme	PKW	stationsgebundenes Carsharing	stationsungebundenes Carsharing	privates Carsharing	Mietwagen	
	Rad	stationsgebunden	stations-ungebunden	Segways, etc.		
Mitfahren	kommerziell	Taxi	Flughafentransfer			
	privat	Pendlernetz	Mitfahrerzentrale (Fernverkehr)	dynamische Mitnahme		
Serviceleistungen	Verkehr	Stadtrundfahrten, Ausflugsfahrten	Gepäckaufbewahrung	Radreparatur	Parkmanagement	
	andere Branchen	Lieferdienste	sonstige Serviceleistungen			

Durch die Integration von AuFz in das Mobilitätssystem kann längerfristig eine Änderung der Besitzstruktur für Fahrzeuge erwartet werden. Es könnten sich die Besitzverhältnisse in Richtung „Mobility as a Service“ (MaaS) oder „Mobilität als Dienstleistung bzw. Automatisierte Mobilitätsdienste“ verschieben. Diese beschreiben integrierende Mobilitätssysteme, welche flexibel, effizient und nutzerorientierte Dienste verbindet (Russ 2017). Dabei sollen öffentliche und private Verkehrsangebote kombinierbar und einheitlich gebucht, durchgeführt und abgerechnet werden (EPOMM 2017). Durch den Einsatz AuFz der Automatisierungsklasse 5 entfallen die Kosten des Fahrers, allerdings kommen andere hinzu. Damit verändert sich die Kostenstruktur für den Betrieb einer ÖV Linie oder einer Taxifahrt. Nicht mehr die Lohnkosten für den Fahrer, sondern die Wartungskosten, Reinigungskosten, die Gemeinkosten und die Abschreibung stellen die großen Kostenstellen dar. Jüngste Überlegungen zeigen auf, dass die in Abbildung 7.3-2 dargestellte Kostenstruktur einen wesentlichen Einflussfaktor nicht berücksichtigt. Dabei handelt es sich um die Nutzungsintensität, abhängig von der Besiedlungsdichte. Dies beeinflusst sehr stark die Kosten je Kilometer und darf nicht vernachlässigt werden. So ist es z.B. fraglich, ob ein automatisiertes Taxi im dünn besiedelten ländlichen Bereichen wirklich eine wesentliche Kostensenkung gegenüber dem privaten Pkw ergibt.

**Abbildung 7.3-2: Schätzung der Kostenstruktur für private Fahrzeugfahrt und Taxifahrt mit und ohne Automatisierung (Bösch et al. 2018)**



Eine Reduktion der Fahrpreise ist damit in einigen Fällen, aber nicht in allen Fällen zu erwarten. Der private Fahrzeugbesitz könnte sich dadurch reduzieren und zukünftig eine untergeordnete Rolle spielen. „Mobilität als Dienstleistung“ wird vor allem in der Form der Mikro-ÖV Lösung (lokale und kleinregionale ÖV-Systeme) anzutreffen sein. Mikro-ÖV Systeme stellen eine kleinräumige, flexible und nutzerorientierte Alternative dar, die den bestehenden öffentlichen Verkehr ergänzen sollen. Gut funktionierende Verkehrsangebote sollen nicht in ein Konkurrenzverhältnis gedrängt werden. Dadurch sollen vorhandene Defizite der regionalen und peripheren Mobilitätsversorgung ausgeglichen und der „Zwang zum motorisierten Individualverkehr“ minimierte werden. Durch die flexible und nachfrageorientierte Gestaltung wird im Idealfall eine „Haus-zu-Haus Beförderung“ möglich. Das Anbieten eines Zubringerverkehres zum „Hauptnetz“ des bestehenden öffentlichen Verkehrs sollte angestrebt werden (Wolf-Eberl et al. 2011).

Das Ziel eines Mikro-ÖV-Systems ist die Verbesserung der Mobilitätsmöglichkeiten bestimmter Personengruppen (SeniorInnen, jugendliche Bevölkerung, usw.), die kein eigenes Kfz nutzen können oder dürfen. Darüber hinaus können private Hol- und Bringdienste entlastet werden (Fahrten von und zu Freizeitaktivitäten), Zubringerverkehre für Bahn- und Bushaltestellen eingerichtet und Einkaufsverkehrsfahrten abgewickelt werden. Aus diesem breiten Umfeld ergibt sich eine Vielzahl an Überschneidungen mit diversen Mobilitätsdiensten.

Um potenzielle Zielgruppen für Mikro ÖV Systeme oder für Mobilität als Dienstleistung zu gewinnen, ist die Gestaltung eines Verkehrsangebots erforderlich, das die tatsächlichen Bedürfnisse der Zielgruppen behandelt. Die Abhängigkeit zwischen Zielgruppe und Fahrtzweck muss in diesem Zusammenhang mitbetrachtet werden. Als wichtigste Zielgruppen können folgenden Personengruppen identifiziert werden:

- SeniorInnen
- Jugendliche
- PendlerInnen
- Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit
- TouristInnen

Für den Betrieb von Mikro-ÖV-Systemen können unterschiedliche Betriebsformen zur Anwendung kommen, die in ihrer Ausprägung unterschiedliche Nutzergruppen ansprechen (Abbildung 7.3-3 und 4). Es kann zwischen Linienbetrieb, Rufbus-Systemen, Anruf-Sammeltaxis, Zubringerverkehr und Flächenbetrieb unterschieden werden (Wolf-Eberl et al. 2011):

- Der Linienbetrieb stellt die klassische Form des öffentlichen Verkehrs dar und bedient Haltestellen entlang einer vorgegebenen Linie.
- Das Rufbussystem funktioniert wie der Linienbetrieb nach einem fixen Fahrplan entlang einer fixen Route, die aber nur bei Bedarf bedient werden. Der Fahrtwunsch muss im Voraus der Dispositionszentrale mitgeteilt werden.
- Für das Anruf-Sammeltaxi können Fahrtwünsche nach festgelegten Abfahrtszeiten an Sammelhaltestellen über die Dispositionszentrale bestellt werden (Rausch 2017). Im Gegensatz zum Rufbussystem kann eine beliebige Zieladresse innerhalb des Beförderungsgebietes definiert werden.
- Eine weitere Betriebsform stellt der Zubringerverkehr dar. Passagiere werden von/zu einem definierten Zielpunkt transportiert (Bsp.: Zubringerverkehr von/zu Bahnhöfen) und müssen zuvor ihren Fahrtwunsch der Dispositionszentrale mitteilen.
- Der Flächenbetrieb als Bedienungsform funktioniert wie ein herkömmliches Taxisystem. Die Fahrt kann ab der Heimatadresse zu jedem beliebigen Zielort bestellt werden. Die Anmeldung des Fahrtwunsches muss aber vor Fahrtantritt bei einer Dispositionszentrale eingebracht werden. Die räumliche Verfügbarkeit ist häufig auf ein bestimmtes Gebiet (Stadtgebiet, oder ähnliches) beschränkt.

Abbildung 7.3-3: Mobilitätsdienste und ihre Schnittpunkte zu Mikro-ÖV Lösungen (Wolf-Eberl et al. 2011)

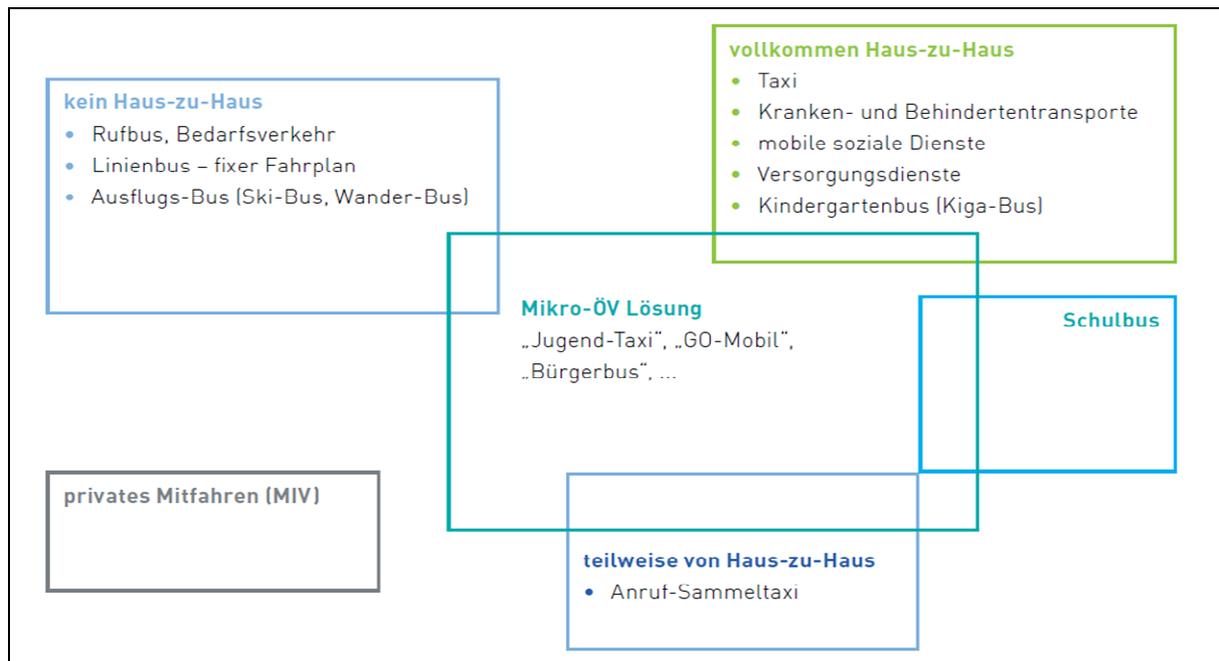


Abbildung 7.3-4: Betriebsformen für Mobilitätsdienste (Mobilität als Dienstleistung) (Wolf-Eberl et al. 2011)

Bedienungsformen für Mikro-ÖV System						
Bezeichnung	Schema	Nach Fahrplan	Anmeldung erforderlich	Abfahrt von	Fahrt zu	Beispiele
Linienbetrieb		ja	nein			Einkaufs-Bus Schwanenstadt
Rufbus		ja	ja			Gesäuse Xeis-Mobil
Anruf-Sammel-taxi		ja	ja			Fahrtendienst Pöchlarn
Zubringer		ja	ja			SPA-Mobil Stetteldorf
Flächen-bedienung		nein	ja			Orts-Taxi Mannersdorf

	Haltestelle wird nach Fahrplan angefahren		Fahrt von/zu einer Haltestelle
	Haltestelle wird bei Bedarf angefahren		Fahrt von/zur Haustüre
	Bedienungsgebiet innerhalb dessen überall ein- oder ausgestiegen werden kann		

Aus den kurz beschriebenen Varianten an Mobilitätsdiensten werden die drei übergeordneten Dienste für den Einsatz mit AuFz für die weitere Untersuchung definiert:

- automatisiertes Taxi (Nutzer hat die Fahrt exklusiv für sich gebucht, ohne dass weitere Fahrgäste zusteigen können)
- automatisiertes Sammeltaxi (besteht die Möglichkeit, dass eine fremde Person auf dem Weg zum Ziel in das Fahrzeug zusteigt) und der
- automatisierte Liniendienst

## 7.4 Erwartete Vorteile automatisierter Mobilitätsdienste

Die voranschreitende Automatisierung von Fahrzeugen lässt eine Reihe von Vorteilen für NutzerInnen und BetreiberInnen erwarten, die allerdings erst im konkreten Testbetrieb nachgewiesen werden müssen. Folgende Vorteile werden gegenüber konventionellen Mobilitätsdiensten den automatisierten Systemen zugeschrieben:

- Steigerung des Fahrkomforts: Für den Betrieb von automatisierten Fahrzeugen wird ein gleichmäßigeres Fahrverhalten im Vergleich zur FahrerIn erwartet (weniger „Stop and Go“, Begrenzung der maximalen Beschleunigung und Verzögerung). Vehicle-to-Everything (V2X) - Kommunikation kann in Kombination mit hochgenauen digitalen Straßenkarten den Erkennungshorizont der fahrzeugseitigen Sensorik erhöhen. Enge Bögen, Hindernisse, rote Ampeln oder andere Zwischenfälle können frühzeitig erfasst, und die Fahrgeschwindigkeit kann entsprechend angepasst werden. Eine Erhöhung des Fahrkomforts durch einen gleichmäßigen, vorausschauenden Fahrstil ist daher zu erwarten. Dem steht die subjektive Skepsis eines Teiles potentieller BenutzerInnen einem AuFz oder die Hilfsbedürftigkeit von gehbeeinträchtigten VerkehrsteilnehmerInnen (z.B. SeniorInnen) insbesondere beim Ein- und Aussteigen gegenüber.
- Reisezeitverkürzung: Die Kombination aus automatisiertem Fahren und V2X-Kommunikation kann eine Reisezeitverkürzung bewirken. Durch die Kenntnis der aktuellen Verkehrslage kann frühzeitig die ideale Route festgelegt werden. Verkehrsstaus durch Unfälle, Baustellen oder einer Überlastung von Straßenabschnitten durch den Berufsverkehr werden in Echtzeit an das Fahrzeug übergeben und können effizient umfahren werden. Idealerweise wird, wenn möglich, der Abfahrtszeitpunkt der Verkehrslage angepasst. Eine Reisezeitverkürzung könnte das Resultat sein. Allerdings ist anzumerken, dass diese Überlegungen auch konterkariert werden könnten, z.B. durch Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder als Folge der Ausnahmen des Vertrauensgrundsatz, der zu deutlicher Verringerung der Fahrgeschwindigkeit führen kann.
- Kostenersparnis: Speziell für Mobilitätsdienste stellen die Personalkosten einen erheblichen Kostenfaktor dar. Für Fahrzeuge der Automatisierungsstufe 5 (fahrerlose Fahrzeuge) entfällt die FahrerIn. Eine Reduktion der Betriebskosten kann sich dadurch für manche Anwendungsfälle einstellen. Für ÖV-Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 4 trifft das nicht zu. Standardmäßig ist für den Betrieb keine FahrerIn notwendig, trotzdem können in der Automatisierungsstufe 4 Fahrsituationen auftreten, die ein Eingreifen einer geschulten Person notwendig macht. Da es sich um Ausnahmefälle handelt, muss zwar eine MitarbeiterIn an Bord sein, diese muss aber nicht zwingend die Ausbildung einer FahrerIn haben und kann in der restlichen Zeit andere Aufgaben übernehmen (ÖV-Fahrzeugaufsichtsperson wie SchaffnerIn). Der Kostenvorteil stellt sich bei der Automatisierungsstufe 4 nicht unbedingt ein. Für alle anderen automatisierten

Mobilitätsdienste (automatisiertes Taxi, Sammeltaxi und Minibusse) werden keine Kostenvorteile durch den Betrieb in der Automatisierungsstufe 4 erwartet. Somit kann bei Automatisierungsstufe 4 noch nicht der volle Nutzen erreicht werden.

Eine Sonderstellung im Bereich der automatisierten Mobilitätsdienste stellt der Schülerverkehr (automatisierter Schulbus) dar. Der aktuelle Stand zeigt, dass Kinder rechtlich zu keiner Zeit im Schulbus unbeaufsichtigt sein dürfen, da sich ständig eine Aufsichtsperson im Fahrzeug befinden muss, der in Notsituationen die erforderlichen Handlungen setzt. Im vollautomatisierten Schulbus wäre kein Fahrer und somit keine Aufsichtsperson im Fahrzeug. Die Frage, ab welchem Alter die Kinder unbeaufsichtigt im Schülerverkehr befördert werden dürfen und welche Konsequenzen sich daraus ergeben, werden im Kapitel 8.4.1 behandelt. Eine mögliche Variante stellt der Einsatz einer ÖV-Fahrzeugaufsichtsperson (SchaffnerIn) in ÖV-Mobilitätsdiensten dar, in denen Schülerverkehr stattfindet. Die genaue Ausprägung ist im Detail zu klären. Daraus würde sich der Kostenvorteil schlagartig auf einen Bruchteil reduzieren.

Die Vorteile der automatisierten Mobilitätsdienste zeigen, dass der größte Nutzen durch die Reduktion der Kosten in bestimmten Anwendungsfällen zu erwarten ist. Die Einführung automatisierter Mobilitätsdienste auf Basis der Stufe 4 generiert generell nur einen geringen Nutzen. Ab der Automatisierungsstufe 5 kann, je nach Anwendungsfall, ein Nutzen generiert werden. Durch die Betriebskostenreduktion wird in manchen Fällen der ÖV seine Kostenstruktur verbessern können. Die Kostenreduktion im ÖV-Linienbetrieb kann zwei Ausprägungsarten aufweisen. Zum einen ist die Reduktion der Fahrpreise möglich, wenn man die derzeitige Kostendeckung konstant halten möchte. Zum anderen können durch den gesunkenen Kostendruck die Taktfrequenz erhöht und neue Linienrouten bei konstanten Kosten angeboten werden. Die genannten Gründe zeigen, dass zukünftige Mobilitätsdienste ab der Automatisierungsstufe 5 den größten Nutzen erzielen können.

## 7.5 Einsatzgebiete automatisierter Mobilitätsdienste

Der Betrachtungszeitraum dieses Projektes ist mit dem Zieljahr 2040 begrenzt. Es ist davon auszugehen, dass die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 5 bis zum Ende des Betrachtungszeitraums nur in beschränkten Bereichen möglich sein wird. Erwartet wird jedoch, dass der Einsatz derartiger Fahrzeuge zumindest im städtischen Bereich sowie im Autobahn- und Schnellstraßennetz möglich sein wird.

- Autobahn und Schnellstraße: Das österreichische Autobahn- und Schnellstraßennetz ist ausschließlich zur Nutzung für motorisierte Fahrzeuge über einer zulässigen Mindestgeschwindigkeit von 40 km/h vorgesehen. Die Fahrbahn ist nicht, wie beispielsweise im städtischen Gebiet oder auf Landstraßen, zur gemeinsamen Nutzung mit anderen VerkehrsteilnehmerInnen (FahrradfahrerInnen, FußgängerInnen oder andere nicht motorisierte VerkehrsteilnehmerInnen) vorgesehen. Somit werden die Störfaktoren auf ein Minimum begrenzt.

Auf Basis der definierten Randbedingungen könnte eine frühzeitige automatisierte Nutzung denkbar sein (vollautomatisierte Langstreckenmobilitätsdienste).

- Städtisches Gebiet: Trotz der gemeinsamen Nutzung der Straßeninfrastruktur durch motorisierte und nicht motorisierte VerkehrsteilnehmerInnen, ist der Einsatz von vollautomatisierten Fahrzeugen im städtischen Bereich denkbar. Aufgrund der geringen Fahrgeschwindigkeiten, z.B. in Tempo 30 Straßen, wird das Fahren auf Sicht ermöglicht. Unterschiedliche Umfeldsensoren

kombiniert mit intelligenten Steuersystemen tragen zur frühzeitigen Erkennung von Hindernissen durch automatisierte Fahrzeuge bei. Zu beachten ist, dass die Straßeninfrastruktur im städtischen Bereich auch von Personen, die vom Vertrauensgrundsatz (§ 3 StVO) auszunehmen sind, genutzt wird. Denkbar ist der Einsatz von automatisierten Taxis, Sammeltaxis und Minibussen im Mischverkehr mit nicht automatisierten Fahrzeugen, welche abhängig von Fahrtzweck, Verfügbarkeit, Wartezeit, Komfort, Kosten gewählt werden können.

Straßen außerorts: Straßen außerorts und ihre Ausprägungen stellen für die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen ein Problem dar. Trotz der verhältnismäßig hohen Geschwindigkeiten bis 100 km/h ist eine gemeinsame Nutzung der Straßeninfrastruktur durch alle VerkehrsteilnehmerInnen erlaubt (FahrradfahrerInnen, FußgängerInnen oder andere nicht motorisierten VerkehrsteilnehmerInnen). Dies führt generell zu Konfliktpotentialen; insbesondere aber mit dem Vertrauensgrundsatz (siehe Kapitel 7.12.1). Wenn die Sensorik und nachgeordnete Auswertelgorithmen Verkehrssituationen nicht nach menschlichem Ermessen auswerten können, ist die Nutzung von vollautomatisierten Mobilitätsdiensten besonders in ländlichen Gebieten in Frage zu stellen. Der Einsatz automatisierter Mobilitätsdienste wäre theoretisch mit sehr niedrigen Geschwindigkeiten möglich, stört aber bedingt durch die starke Reduktion der Durchschnittsgeschwindigkeiten den Verkehrsablauf auf diesen Straßen. Aufgrund der beschriebenen Problempunkte wird ein Einsatz im Betrachtungszeitraum bis 2040 nicht erwartet. In diesem Projekt werden Mobilitätsdienste in ländlichen Gebieten daher nicht näher behandelt.

**Abbildung 7.5-1: Potentielle Einsatzbereiche von automatisierten Fahrzeugen als Mobilitätsdienst, unterteilt nach Automatisierungsstufe 4 und 5**

	Einsatzgebiet		
	A und S Netz	Straßen innerorts	Straßen außerorts
Automatisierungsklasse 3 (SAE 3)	Einsatz erwartet	vorwiegend manuelle Steuerung	vorwiegend manuelle Steuerung
Automatisierungsklasse 4 (SAE 4)	Einsatz erwartet	Einsatz erwartet	manuelle Steuerung
Automatisierungsklasse 5 (SAE 5)	Einsatz erwartet	Einsatz erwartet	Einsatz nicht erwartet (im Zeithorizont 2040)

## 7.6 Zukünftige Mobilitätsdienste im Überblick

Im Folgenden werden die drei Hauptmobilitätsdienste automatisiertes Taxi, automatisiertes Sammeltaxi und automatisierte Liniendienste näher erläutert.

- Automatisiertes Taxi: Automatisierte Taxis entsprechen ihrer Funktion aus Nutzersicht nach den gewöhnlichen, manuell gesteuerten Taxis. Durch Vollautomatisierung von Fahrzeugen kann jedoch die Funktion des Fahrers entfallen. Dies lässt eine Preisreduktion für Fahrgäste erwarten.
- Automatisiertes Sammeltaxi: Ähnlich wie bei automatisierten Taxis bestellt der Kunde ein Fahrzeug, beispielsweise via Handy-App und legt den Start- und Zielort fest. Der Kunde bestimmt keinen bestimmten Abfahrtszeitpunkt, sondern gibt ein mögliches Zeitfenster der Abfahrt an. Das bestellte Fahrzeug ist nicht nur zur Beförderung einer Person oder einer Gruppe mit denselben Quell- und Zielpunkten gedacht, sondern befördert gleichzeitig mehrere voneinander unabhängige Personen mit verschiedenen Quell- und Zielpunkten. Durch optimierte Routenplanung wird das Zu- und Aussteigen entlang der Route ermöglicht. Der einzelne Kunde kann also nicht erwarten, dass er auf direktem Weg zum vorgegeben Zielort gebracht wird, sondern muss kleinere Abweichungen der Route (Umfegfahrten) und eventuell längere Fahrzeiten als in einem Taxi in Kauf nehmen. Durch die Nutzung eines Fahrzeugs für mehrere Kundenanfragen zur selben Zeit reduziert sich der Preis für den einzelnen Kunden deutlich und ist geringer als im Vergleich einer Fahrt mit dem automatisierten Taxi. Die Vollautomatisierung der Fahrzeuge erlaubt die Einsparung von Fahrpersonal. Zusätzlich kann durch Vernetzung mehrerer automatisierter Sammeltaxis untereinander eine optimierte Ausnutzung der Fahrzeuge, eine Reduzierung der Fahrzeugflotte, eine optimierte Routenplanung bewerkstelligt sowie auch negative Umweltauswirkungen verringert werden.
- Automatisierter Liniendienst: Automatisierter Liniendienst ist ein öffentlich betriebenes Verkehrsmittel, das mit vorgegebenen Abfahrtszeiten entlang einer definierten Route mit mehreren Haltestellen eingesetzt werden kann. Der Vorteil im Vergleich zu gewöhnlichen, manuell gesteuerten Liniendiensten ist der Verzicht auf die LenkerIn. Dies stellt allerdings einen Sicherheitsverlust dar und kann für bestimmte Zielgruppen, wie Kinder und SeniorInnen, zu einem Verzicht auf die Benutzung führen. Personaleinsparungen lassen eine Senkung der Ticketpreise und/oder eine höhere Taktfrequenz bzw. neu angebotene Linienrouten erwarten.

**Tabelle 7.6-1: Kennziffern für ein automatisiertes Taxi, Sammeltaxi und Liniendienste**

		<b>Gefäßgröße</b>	<b>Durchschnittliche Besetzungsgrad<sup>1)</sup></b>	<b>Besitzverhältnis</b>	<b>Subventionen<sup>2)</sup></b>
Streckengebunden	automatisiertes Taxi	Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten frei wählbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,3: Spitzenstunden</li> <li>• 1,5: Normalverkehrszeit</li> <li>• 1,4: Nachtstunden</li> </ul>	Privater Anbieter (Unternehmen) <sup>3)</sup>	Nicht subventioniert
	automatisiertes Sammeltaxi <sup>4)</sup>	Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten frei wählbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,6: Spitzenstunden</li> <li>• 2,4: Normalverkehrszeit</li> <li>• 2,3: Nachtstunden</li> </ul>	Privater Anbieter (Unternehmen) <sup>3)</sup>	Nicht subventioniert
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pots (2-4 Pers)</li> <li>• Midsize (4 Pers)</li> <li>• Van (8 Pers)</li> <li>• Minibusse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,3: Spitzenstunden</li> <li>• 1,5: Normalverkehrszeit</li> <li>• 1,4: Nachtstunden</li> </ul>	Öffentlicher Betreiber	Subventioniert
Liniengebunden	automatischer Liniendienst <sup>5)</sup>	> 20 Personen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 bis 24 (abgeleitet aus Besetzung Linz, Graz, )</li> </ul>	Öffentlich bestellter Mobilitätsdienst	Evtl. subventioniert

1) Auf Basis der Untersuchung von (Bösch 2018) wurde für autonomes Taxi derselbe Besetzungsgrad angenommen, wie für private automatisierte Fahrzeuge. 2) Es ist zu erwarten, dass private Anbieter ausschließlich lukrative Gebiete / Strecken betreiben wollen. Öffentliche Betreiber werden jedoch, um die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können, verpflichtet sein, auch weniger lukrative Strecken und Gebiete zu bedienen. Da private Unternehmer und öffentliche Dienstleister in einem Konkurrenzverhältnis stehen und die Abdeckung von weniger lukrativen Gebieten unter Umständen zu finanziellen Einbußen führt, wird es wahrscheinlich zweckmäßig sein, öffentlich betriebene Mobilitätsdienste zu subventionieren. Um dieses Konkurrenzverhältnis zu reglementieren, wäre ein Konzessionssystem ein denkbarer Lösungsansatz.

Um flächendeckend Mobilitätsdienste zur Verfügung zu stellen, können je nach Zweckmäßigkeit unterschiedliche aber abgestimmte Mobilitätssysteme Berücksichtigung finden. Während der zentralstädtische Raum durch gewöhnlichen ÖV-Linienbetrieb abgedeckt wird, kann in jenen Stadtteilen, die eine rentable Erschließung mittels ÖV-Linienbetrieb nicht ermöglichen, ein automatisiertes Sammeltaxi als Zubringerdienst zu S-Bahnen, Straßenbahnen oder Linienbusse angeboten werden. Übernehmen private Unternehmen derartige Zubringerfunktionen, so sollten auch diese subventioniert werden.

Ein weiterer Punkt der mit Subventionen unterstützt werden sollte, ist die behindertengerechte Ausstattung von Fahrzeugen. Mobilitätseingeschränkte Personen müssen die Möglichkeit haben, den öffentlichen Verkehr bzw. den öffentlich bestellten Dienst zu nutzen (Beförderungspflicht des öffentlichen Verkehrs). Neben der behindertengerechten Gestaltung von öffentlichen Verkehrsmitteln ist es anzustreben, dass ein gewisser Teil der Fahrzeugflotte privater Mobilitätsdienste für die Nutzung durch mobilitätseingeschränkte Personen ausgestattet ist.

Die Beförderung von Kindern durch automatisierte Mobilitätsdienste stellt ein Problem dar. Als Altersgrenze wurde für die automatisierten Mobilitätsdienste 12 Jahre und für automatisierten ÖV 6 Jahre angenommen (Siehe Kapitel 8.4.1)

3) Eine mögliche Organisationsform eines automatisierten Taxis oder Sammeltaxis besteht darin, dass auch Privatpersonen ihr automatisiertes Fahrzeug während der Stillstandzeiten für Mobilitätsdienste zur Verfügung stellen. Ein vollautomatisierter Pkw könnte ähnlich wie beim Carsharing vermietet werden.

4) Es ist davon auszugehen, dass Personen, die derzeit öffentliche Verkehrsmittel nutzen, eine höhere Akzeptanz besitzen, eine gemeinsame Fahrt durchzuführen. Aufgrund des zu erwarteten höheren Besetzungsgrades, können niedrigere Fahrpreise im Vergleich zu den automatisierten Taxiunternehmen vorgegeben werden.

5) Durch den Einsatz von automatisierten Linienbussen wird nicht, wie bei Etablierung der anderen Mobilitätsdienste, zusätzlicher Verkehr generiert. Es ist zu erwarten, dass Busse der bestehenden Fahrzeugpools langfristig durch automatisiert betriebene Fahrzeuge ausgetauscht werden. Durch den wahrscheinlichen Kosteneffekt durch Verzicht auf die LenkerIn kann der Einsatz automatisierter Busse für ÖV-Betreiber wirtschaftlich interessant werden.

## 7.7 Kostenstruktur Automatisierter Mobilitätsdienste

Ein wichtiger Aspekt für selbstfahrende Mobilitätsangebote sind die Kosten, zu denen die verschiedenen Serviceangebote betrieben werden. Davon wird auch die Akzeptanz und die Wirkung auf das Mobilitätsverhalten abhängen. Untersuchungen zu diesem Thema wurden von Burns et al. (2013), Bösch et al. (2018) und Litman (2017) durchgeführt.

Litman (2017) geht davon aus, dass durch die zusätzliche technische Ausstattung der AuFz mehrere Tausend Euro (über € 4.000) zusätzlich für die Anschaffung aufzuwenden ist. Weitere Kosten zwischen € 150 - € 550 fallen für Navigations- und Sicherheitsservices (z.B. OnStar, TomTom) und für die zentrale Steuerung an.

Die Tabelle 7.7-1 zeigt die Bereiche auf, in denen zusätzliche Kosten durch den automatisierten Betrieb anfallen. Zum einen sind das Mehrkosten für die automatisierten Fahrzeuge, zum anderen sind das Management und Steuerung (Litman 2017).

**Tabelle 7.7-1: Auflistung von zusätzlicher Ausstattung für automatische Fahrzeuge und für die Steuerung und das Management (Litman 2017)**

Automatisiertes Fahrzeug	Steuerung und Management
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoren (optische, Infrarot, Radar, Laser, usw.)</li> <li>• Technische Einrichtung für automatisiertes Lenken, Bremsen, Blinken, usw.</li> <li>• Software und Serverinfrastruktur</li> <li>• Drahtlose Netzwerke (Vehicle-to-Everything V2X Kommunikation, Software Updates)</li> <li>• Navigationssysteme, inklusive hochgenauer globaler Navigationssatellitensysteme und digitale Straßenkarten</li> <li>• Testverfahren für kritische Komponenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zusätzlicher Reinigungs- und Reparaturaufwand</li> <li>• Einrichtungen für Flottenmanagement und Disposition</li> <li>• Versicherung und Administration</li> <li>• Sicherheit</li> <li>• Leerfahrten, um einen Fahrtwunsch zu erfüllen</li> </ul>

Burns et al. (2013) hat die Kosten einer zentralorganisierten selbstfahrenden Carsharing-Flotte für drei Gebiete (Kleinstadt Babcock Ranch, Stadt Ann Arbor, Manhattan) untersucht. Für die Untersuchung wurden die Kosten in variable und fixe Kostenteile aufgeteilt. Der Fixkostenanteil setzt sich zusammen aus:

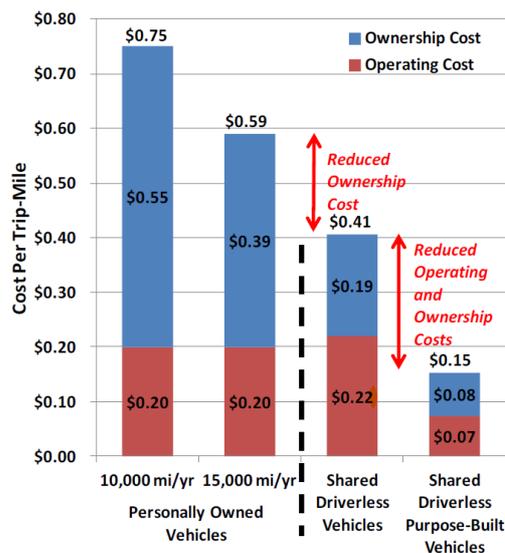
- dem Kaufpreis des Fahrzeugs (mit Technologieanteil für selbstfahrende Fahrzeuge)
- der Abschreibung (ohne Berücksichtigung eines Restwertes)
- den Versicherungskosten
- den Finanzierungskosten (Opportunitätskosten, die entgangene Erlöse beschreiben, wenn es möglich gewesen wäre, das Geld anders zu investieren)
- den Steuern und Abgaben

Der variable Kostenanteil beinhaltet:

- Treibstoffkosten
- Reparatur- und Instandhaltungskosten
- Gemeinkosten (diese können dem einzelnen Fahrzeug nicht direkt zugeordnet werden und beinhalten das Management der Fahrzeugflotte)

Für den Untersuchungsbereich Ann Arbor ergibt die Kostenermittlung für die selbstfahrende Carsharing Flotte zwischen € 0,20 bis € 0,21 pro km (umgerechnet von Dollar und Meile in Euro und Kilometer). Die Höhe der Gesamtkosten ist abhängig von der Flottengröße, des Fahrzeugtyps und der durchgeführten Fahrten je Stunde. Für eine Flottengröße von 18.000 Fahrzeugen ergeben sich Kosten von € 0,21 pro km. Die Wartezeit für Kunden bei dieser Flottengröße wird mit weniger als einer Minute angegeben. Eine größere Fahrzeugflotte erhöht den Fixkostenanteil, der variable Kostenanteil bleibt nahezu unverändert. Der untersuchte Fahrzeugtyp für das AuFz ist eine Mittelklasse Limousine, die 3 bis 5 Personen pro Fahrt befördern kann (Abbildung 7.7-1).

**Abbildung 7.7-1: Gegenüberstellung der spezifischen Gesamtkosten je Meile zwischen persönlich besessenen konventionellem Fahrzeug (mit und ohne Automatisierung) und der selbstfahrenden Carsharing Flotte (Burns et al. 2013)**



Die Untersuchung der ETH Zürich „**Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Service**“ von Bösch et al. (2018) betrachtet die Kostenstruktur von selbstfahrenden Mobilitätsangeboten (Taxi, Carsharing, Ridesharing, linien-gebundener öffentlicher Verkehr) anhand einer Bottom-Up Kostenkalkulation. Durch die detaillierte Aufgliederung der Kostenstruktur kann die Wichtigkeit verschiedener Kostenfaktoren für die selbstfahrende Mobilität herausgearbeitet werden. Beispielhaft werden drei Betriebsmodelle in der Studie untersucht:

- Linien-gebundener öffentlicher Verkehr (Busse oder Bahn, betrieben auf vorgegebenen Linien mit einem fix festgelegten Fahrplan)
- Taxi (individuelles oder Sammeltaxi)
- Privates Kfz, das ausschließlich im Besitz einer Privatperson ist und von der Familie oder Freunden genutzt wird

Analog zu Burns et al. (2013) wird die Kostenstruktur in fixe und variable Kosten aufgeteilt. Ein höherer Detaillierungsgrad wird durch die zusätzliche Kategorisierung in vier Fahrzeugkategorien erreicht:

- Solo: Stadtfahrzeug für eine Person (z.B.: Renault Twizy)
- Mittelklasse: standartmäßiger Kfz für vier Personen und allen Anforderungen (z.B.: VW Golf)
- Van: großes Fahrzeug mit 8 Sitzplätzen für alle Anforderungen (z.B.: VW Multivan)
- Minibus: geeignet für 20 Fahrgäste mit einem kleinen Kofferraum (z.B.: Mercedes-Benz Sprinter)

Für die Ermittlung der Fixkosten wurden die Beschaffungskosten (Kaufpreis), der Zinsbetrag, die Versicherungskosten, Steuern, Parkkosten und Mautgebühren der vier Fahrzeugkategorien betrachtet.

**Tabelle 7.7-2: Eigenschaften der untersuchten Fahrzeugtypen (Bösch et al. 2018)**

	Solo	Mittelklasse	Van	Minibus
Sitzplatzkapazität	1	4	8	20
Anschaffungskosten [CHF]	13.000	35.000	66.000	70.000
Zinsbetrag [CHF/a] <sup>1)</sup>	260	700	1.320	1.400
Versicherungskosten [CHF/a] <sup>2)</sup>	500	1.000	1.200	1.400
Steuern [CHF/a] <sup>3)</sup>	120	250	700	1.100
Parkkosten [CHF/a] <sup>4)</sup>	1.500	1.500	1.500	1.500
Mautgebühren [CHF/a] <sup>5)</sup>	40	40	40	2.200

- 1) Jährlicher Kredit mit einem Zinssatz von 7,9 % und fünfjähriger Laufzeit des Kredites
- 2) Kunde mit 25 Jahren Fahrerfahrung und 30.000 km Fahrleistung im Jahr
- 3) Laut Straßenverkehrsamt der Stadt Zürich
- 4) Durchschnittliche Parkkosten für private Kfz in der Schweiz (TCS, 2016)
- 5) Kosten der Vignette in der Schweiz

Für den variablen Kostenanteil wird die Abschreibung, die Instandhaltung, Kosten für die Reinigung, Kosten für die Reifen, Treibstoffkosten und kilometerbezogene Maut ermittelt und auf je 100 km angegeben (Bösch et al. 2018).

**Tabelle 7.7-3: Variable Nutzerkosten der untersuchten Fahrzeugtypen (Bösch et al. 2018)**

	Solo	Mittelklasse	Van	Minibus
Abschreibung [CHF/100 km]	4,33	11,67	22,00	23,33
Instandhaltung [CHF/100 km]	2,38	6,40	12,07	12,80
Reinigungskosten [CHF/100 km]	2,00	3,00	4,00	5,00
Kosten für Reifen [CHF/100 km]	2,00	2,00	2,00	2,00
Treibstoffkosten [CHF/100 km]	5,60	7,98	12,88	20,30
Mautgebühren [CHF/a]	40	40	40	2.200

Kommerzielle Betreiber von Fahrzeugflotten erhalten durch die große Anzahl an Fahrzeugen oft Vergünstigungen. Bösch et al. (2018) verweist, auf Basis von Recherchen, auf 30 % Rabatt beim Anschaffungspreis, 20 % Rabatt bei den Versicherungskosten durch Gruppenversicherungen, 25 % Rabatt bei den Instandhaltungs- und Wartungskosten, 25 % Rabatt bei Kosten für Reifen und 5 % Rabatt bei den Treibstoffkosten. Für die Parkkosten wird von 133 % höheren Kosten ausgegangen als im Vergleich zum privaten Fahrzeugbesitz (Schlesiger 2014). Für Fahrzeuge, die innerhalb einer Fahrzeugflotte kommerziell verwendet werden, müssen die Gemeinkosten der Administration, des Flottenbetriebes, der MitarbeiterInnen und der Werbeeinschaltungen mitbetrachtet werden.

Die Kosteneffekte der Automatisierung sind wichtige Bestandteile für die Kostenabschätzung (Abbildung 7.7-2). Es wurden technologische Einflussfaktoren identifiziert, wie der Elektroantrieb und die Automatisierung der Fahrzeuge. Beim Elektroantrieb zeigt sich, dass der Anschaffungspreis am Beispiel des VW Golfs um zirka 25 % (VW e-Golf: 37.990 €, VW Golf: 27.180 €, Stand 2017) teurer ist als im Vergleich zum konventionellen Fahrzeug. Das hat Auswirkungen auf die Abschreibungs- und Zinskosten. Im Gegensatz dazu werden die Versicherungskosten und die Instandhaltungskosten um 35 % günstiger eingeschätzt. Bei den Treibstoffkosten sind Einsparungen bis zu 50 % möglich, wie es ein Vergleich zwischen VW Golf und VW e-Golf zeigt.

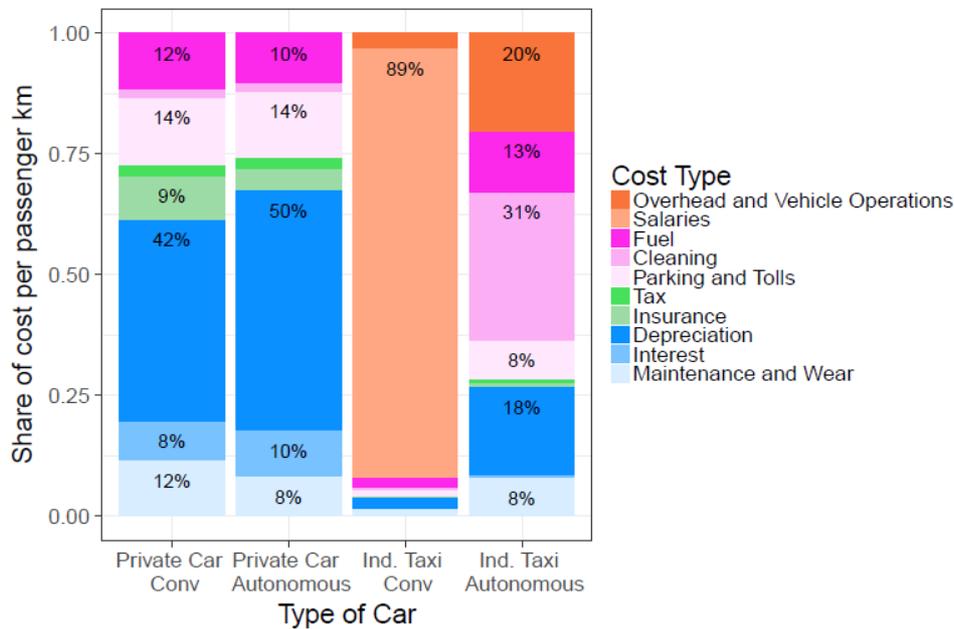
Für die Automatisierung sind die Kosten nicht klar abgrenzbar. Laut IHS (2014) kann von einer Preissteigerung von 20 % für die notwendige technologische Ausstattung ausgegangen werden. Durch die gleichmäßigere Fahrweise wird eine Treibstoffreduktion in der Höhe von 10 % erwartet (Stephens et al. 2016). In Bezug auf die Instandhaltungskosten und den Versicherungskosten werden Reduktionen von 35 % bzw. bis zu 50 % von Bösch et al. (2018) in Rechnung gestellt.

Im Hinblick auf die Kostenstrukturuntersuchung wird zusätzlich eine räumliche Differenzierung durchgeführt:

- Städtisch (urban): Fahrten mit Start und Ende in der Stadt sind kürzer als 10 km
- Regional: Fahrten mit Start und Ende außerhalb von städtischem Gebiet sind kürzer als 50 km
- Überregional: Alle Fahrten größer 200 km

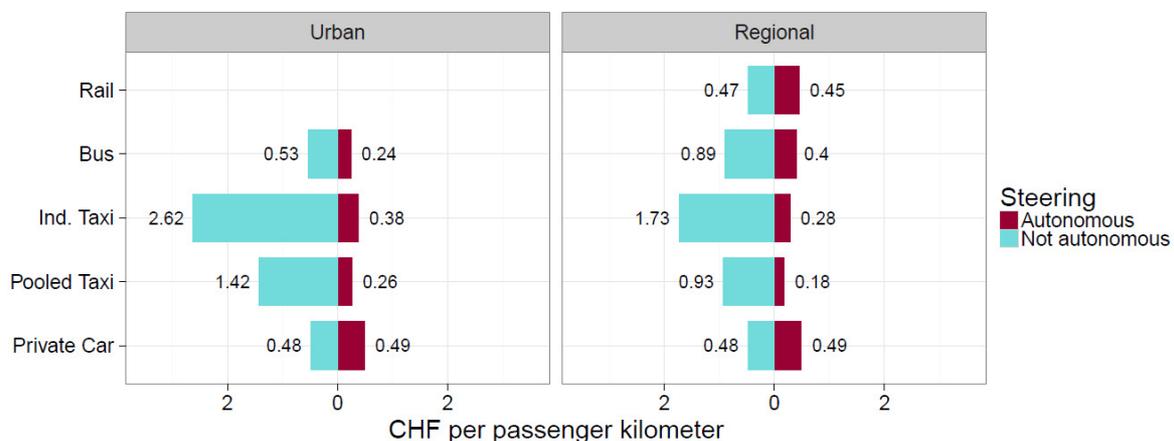
Die Gegenüberstellung der Kostenstrukturen durch Bösch et al. (2018) für private Fahrzeuge (konventionell und automatisiert) sowie für Taxis (konventionell und automatisiert) werden als spezifische Kosten pro Personenkilometer angegeben. Für AuFz ändert sich die Kostenstruktur grundlegend. Einerseits erhöhen sich die Anschaffungskosten, andererseits reduzieren sich die Kosten durch geringere Versicherungsprämien, Instandhaltungskosten und Treibstoffkosten. Als größter Kostenteil für automatisierte Taxidienste wurde die Reinigung identifiziert. Es muss davon ausgegangen werden, dass im fahrerlosen Taxisystem eine größere Verschmutzung des Fahrzeuginnenraumes durch die Fahrgäste eintritt. Weitere relevante Kostenstellen sind die Gemeinkosten der Administration (Overhead) und die Abschreibung.

**Abbildung 7.7-2: Vergleich der Nutzerkostenstruktur von konventionellen privaten Pkw, automatisierten privaten Pkw, konventionellem individuellem Taxiservice und automatisiertem individuellem Taxiservice (Bösch et al. 2018)**



Die Wirkung der Automation ist getrennt nach städtischen (urban) und regionalen Einsatzgebiet zu betrachten (Abbildung 7.7-3). Für private Pkw und Taxis wird Fahrzeugkategorie der Mittelklasse für den Vergleich herangezogen. Nicht berücksichtigt in dieser Abbildung ist die Elektromobilität, um die Wirkung der Automatisierung separat zu zeigen. Laut der Untersuchung von Bösch et al. (2018) stellt ohne Automatisierung der private Pkw die aus der Sicht der NutzerIn günstigste Mobilitätsform mit den geringsten Kosten pro Personenkilometer für diesen Vergleich dar. Nur der regionale Eisenbahnverkehr ist günstiger. Mit Automatisierung verändert sich die Situation, sowohl im urbanen als auch im regionalen Siedlungsbereich. Die Kosten der privaten Pkw und regionalen Eisenbahnverbindungen zeigen keine relevante Veränderung, hingegen zeigt sich eine Kostenreduktion für Taxisysteme (individuell und als Sammeltaxi) und Busverbindungen, die damit günstiger werden als private Pkw.

**Abbildung 7.7-3: Gegenüberstellung der Nutzerkosten für konventionellen und automatisierten Betrieb (Bösch et al. 2018)**



In einigen Untersuchungen werden automatisierte Carsharing Angebote als Ersatz für nichtautomatisierte Mobilitätsformen betrachtet. Die Untersuchung von Bösch et al. (2018) zeigt, dass bei Berücksichtigung aller Nutzerkostenanteile (Overhead, Reinigungskosten, Parkkosten und Instandhaltungskosten), die Kosten für automatisierte Carsharing Angebote höher sind als erwartet. Dieses Ergebnis ist plausibel, weil in dieser Untersuchung eine vollständigere Kostenbetrachtung beinhaltet ist. Dadurch bleiben andere Mobilitätsformen weiterhin wettbewerbsfähig. Bei Vollbesetzung kann die Effizienz von automatisierten Carsharing-Angeboten gesteigert werden, wobei ein höherer Besetzungsgrad mehr Umwege, eine längere individuelle Fahrzeit und mehr Fremde in einem Fahrzeug bedeuten. Dies führt zu einer geringeren Attraktivität dieser Angebote.

Wie bereits mehrfach festgehalten, stellen die Personalkosten (LenkerIn) den maßgeblichen Kostenfaktor dar. Es ist zu erwarten, dass die Kosten der Anschaffung durch automatisierte Fahrzeuge steigen. Zusätzliche Kosten entstehen durch Reinigung, Wartung oder die Überwachung in Verkehrsleitzentralen. Um Vandalismus und Verschmutzung zu vermeiden oder die Beaufsichtigung von Schülern in Schulbussen gewährleisten zu können, wird in der Regel trotz automatisierter Steuerung Personal in den Fahrzeugen einzusetzen sein. Dadurch kommt eine weitere Kostenstelle hinzu und der Kostenvorteil von einem automatisierten Mobilitätsdienst wird dadurch reduziert.

## 8 Eigenschaften und Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge und automatisierten Fahrens

### 8.1 Auswirkung des automatisierten Fahrens auf die Reisezeiten

Generell wird beim automatisierten Fahren, abhängig von der Automatisierungsklasse und der Durchdringung (Anteil der automatisiert fahrenden Pkw am Gesamtanteil an Pkw), eine Veränderung der Reisegeschwindigkeit erwartet. Diese Veränderung wird für die gesamte Weglänge in einer Netzbetrachtung abgeschätzt. Dazu gehören die Veränderung auf der freien Strecke, in dem Verflechtungsbereich von Kreuzungen, in Bereichen mit reduzierter Angebotsqualität (Level of Service (LOS) D, E, F wie bei Stau), im Kreuzungsbereich mit und ohne Verkehrslichtsignalanlage (VLSA).

In dieser Gesamtbetrachtung können z.B. Reisezeitverluste auf der freien Strecke durch Reisezeitgewinne in Stauabschnitten kompensiert werden. Für die Szenarien werden die Veränderung der Reisezeit aus der Delphi-Befragung und aus der Literatur abgeleitet und mit dem Durchdringungsanteil der AuFz überlagert (Tab. 8.1-1 und 2).

**Tabelle 8.1-1: Geschätzte Veränderung der Reisezeiten in Relation zum Bestand für automatisiertes Fahren der Klasse 3 (MIV, ÖV-Linienbusse und Mobilitätsdienste etc.) für eine Durchdringung der AuFz von 100%**

		A+S	Straßen außerorts	Straßen innerorts
<b>Freie Strecke</b>	Streckenabschnitte mit Level of Service "A, B und C"	<b>+10%</b> für die Streckenabschnitte, wo die erforderlichen Sichtweiten laut StVO vorhanden sind	---	<b>(+5%)*</b>
	Streckenabschnitte mit Level of Service "D, E und F" (z.B. Morgen- und Abendspitze)	<b>-7,5%</b> Einsatz (Stauassistent) bei Geschwindigkeiten kleiner 60km/h	<b>(-5%)*</b>	<b>(-5%)*</b>
<b>Straßen- knoten</b>	ungeregelt (Verflechtungs- bereich 2+1)	---	---	<b>(-5%)*</b>

\*) Hinweis: Bei LOS D, E und F sind z.T. auch so geringe Geschwindigkeiten vorhanden, dass ein Einsatz auch auf Straßen außer- und innerorts in Städten (z.B. als Stauassistent, beim Hinterherfahren) möglich ist.

**Tabelle 8.1-2:: Geschätzte Veränderung der Reisezeiten für automatisiertes Fahren der Klassen 4 und 5 (MIV, ÖV-Linienbusse und Mobilitätsdienste etc.) in Relation zum Bestand bei einer Durchdringung der AuFz von 100%**

		A+S	Straßen außerorts	Straßen innerorts
<b>Freie Strecke</b>	Streckenabschnitte Level of Service "A, B und C"	<b>+13,4%</b> (Literatur +7,1 bis +17,0%)	<b>(+8%)</b> (Literatur +5,9 bis +10,6%)	<b>+50%</b>
	Streckenabschnitte Level of Service "D, E und F" (z.B. Morgen- und Abendspitze)	<b>-14% bis -16%</b> (Literatur -10 bis -20%)	<b>(-10%)</b>	<b>-5%</b>
<b>Straßen- knoten</b>	VLSA-geregelt		<b>-15 %</b> (Literatur -15 bis -50% ohne V2X)	<b>-20%</b> (Literatur -15 bis -50% ohne V2X)
	ungeregelt (Kreuzung)		<b>-5%</b>	<b>+5%</b>
	ungeregelt (Verflechtungs- bereich 2+1 )	<b>+10,1%</b> (Literatur +7,1 bis +17,0%)		

Hinweis: Diese Werte wurden aus der Untersuchung des Forschungsprojektes Vegas 2017 (Fellendorf, 2016) abgeleitet, siehe auch Tabellen 8.2-3 und 8.2-4

Für die Abschätzung der Auswirkungen der untersuchten Szenarien bilden die in den Tabellen 8.1-3 und 4 dargestellten Veränderungsfaktoren die Eingangswerte, welche abhängig vom Streckentyp (inklusive der abgeschätzten Staubereiche), Netzgröße und Tageszeit (Spitzenzeit) festgelegt wurden.

**Tabelle 8.1-3:: Änderung der Reisegeschwindigkeit (vm, Medianwert) auf freier Strecke, 100% Durchdringung, 2-streifig (Vergleich SAE 0 und SAE 4/5), Forschungsprojekt Vegas 2017**

hzl.G	SV-Anteil	SAE 0 (100%) vm (median)	SAE 4/5 (100%) vm (median)		Δ [%]
130 km/h	1 v130_SV15	108,6	90,1	→	-17,03%
	2 v130_SV10	109,5	91,7	→	-16,26%
	3 v130_SV5	110,8	102,9	→	-7,13%
	<b>∅</b>	<b>109,63</b>	<b>94,90</b>	→ <b>∅</b>	<b>-13,44%</b>
100 km/h	4 v100_SV15	97,2	90,5	→	-6,89%
	5 v100_SV10	97,6	91,7	→	-6,05%
	6 v100_SV5	98,2	93,5	→	-4,79%
	<b>∅</b>	<b>97,67</b>	<b>91,90</b>	→ <b>∅</b>	<b>-5,90%</b>
80 km/h	7 v80_SV15	83	75	→	-9,64%
	8 v80_SV10	83,6	74,9	→	-10,41%
	9 v80_SV5	83,9	74,1	→	-11,68%
	<b>∅</b>	<b>83,50</b>	<b>74,67</b>	→ <b>∅</b>	<b>-10,58%</b>

hzl.G ... Höchstzulässige Geschwindigkeit

SV-Anteil ... Schwerverkehrsanteil

**Tabelle 8.1-4: Änderung der Reisegeschwindigkeit (vm, Medianwert) auf freier Strecke, ca. 50% Durchdringung, 2-streifig (Vergleich SAE 0 und SAE 4/5), Forschungsprojekt Vegas 2017**

hzl.G	SV-Anteil	SAE 0 (100%) vm (median)	SAE 4/5 (50%) vm (median)		Δ [%]
130 km/h	1 v130_SV15	108,6	92,5	→	-14,83%
	2 v130_SV10	109,5	96,8	→	-11,60%
	3 v130_SV5	110,8	105	→	-5,23%
	<b>∅</b>	<b>109,63</b>	<b>98,10</b>	→ <b>∅</b>	<b>-10,52%</b>
100 km/h	4 v100_SV15	97,2	93,6	→	-3,70%
	5 v100_SV10	97,6	96,4	→	-1,23%
	6 v100_SV5	98,2	99,7	→	1,53%
	<b>∅</b>	<b>97,67</b>	<b>96,57</b>	→ <b>∅</b>	<b>-1,13%</b>
80 km/h	7 v80_SV15	83	80	→	-3,61%
	8 v80_SV10	83,6	80	→	-4,31%
	9 v80_SV5	83,9	80	→	-4,65%
	<b>∅</b>	<b>83,50</b>	<b>80,00</b>	→ <b>∅</b>	<b>-4,19%</b>

hzl.G ... Höchstzulässige Geschwindigkeit

SV-Anteil ... Schwerverkehrsanteil

## 8.2 Fahrgeschwindigkeit durch „Fahren auf Sicht“

Die Hauptcharakteristik von Fahrzeugen der Klasse 3 bedeutet, dass das Fahrzeug im Regelfall automatisiert gesteuert fahren kann. Treten undefinierte Fahrzustände durch fehlende Erkennungsmöglichkeiten der Automatik ein, muss die LenkerIn die Steuerung unverzüglich übernehmen. In diesen Fällen sind die Informationen, die die Automatik bekommt, für Steuerungsentscheidungen durch die Entscheidungsalgorithmen nicht ausreichend, widersprüchlich oder außerhalb ihres Funktionsrahmens. Dies können fehlerhafte Sensordaten (z.B. Sensorstörung), unzureichende Sensordaten (z.B. Nebel) sein, aber auch Sondersituationen, wie z.B. stehende Objekte auf der Fahrbahn (Unfall, Fahrzeuge, Ladegut etc.).

In Deutschland gibt es für diese Konstellationen bereits eine gesetzliche Regelung laut Straßenverkehrsgesetz, dBGBI I 2003/10, novelliert durch das Achte Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16.06.2017, dBGBI I 2017/38, StVG. Das Fahrzeug muss dem Fahrzeugführer die notwendige Übernahme der eigenhändigen Fahrzeugsteuerung durch die LenkerIn (=FahrzeugführerIn) mit **ausreichender Zeitreserve** vor der Übergabe optisch, akustisch, taktil oder sonst wahrnehmbar anzeigen (§ 1a Abs. 2 Z 5 dt StVG). Die FahrzeugführerIn ist verpflichtet, die Fahrzeugsteuerung unverzüglich zu übernehmen (§ 1b Abs.2 dt StVG).

Neben den technischen Vorgaben, wie dies dem Lenker im Fahrzeug angezeigt wird (akustisch, haptisch etc.), ist der fahrtechnische Ablauf dieser Übergabe ein besonders kritischer Faktor bei Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 3. Die Zeitfolge und die damit verbundenen Handlungsanforderungen müssen aus Sicht der Verkehrssicherheit, der benötigten Zeit der Übernahme durch die LenkerIn, aber auch des Verkehrsablaufes im Detail betrachtet werden. Hierbei kommt dem Begriff „ausreichende Zeitreserve“ und „unverzüglich“ eine besondere Bedeutung zu: Ausreichend muss die Zeitreserve einerseits sein, weil die LenkerIn eine gewisse Zeit braucht, von einer anderen Tätigkeit, wie z.B. Arbeiten, Lesen, Schlafen, die Steuerung zu übernehmen. Dies hängt von der Reaktionszeit dafür ab. Andererseits legt das Fahrzeug in Abhängigkeit der Geschwindigkeit in dieser zu definierenden Zeitreserve eine ganz bestimmte Wegstrecke zurück, die von der Automatik zumindest vorausgesehen und erkannt werden muss.

### 8.2.1 Sicht- bzw. Sensorreichweite eines automatisierten Fahrzeuges

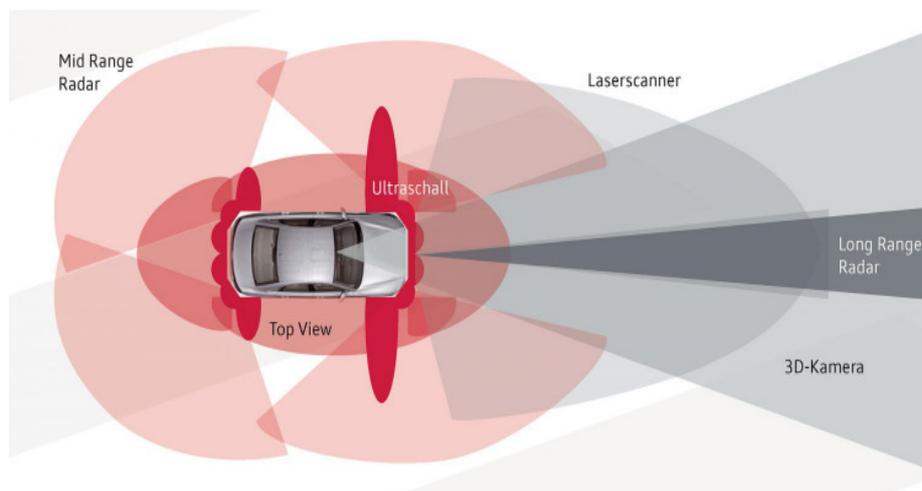
Die Sichtweite eines automatisierten Fahrzeuges ist von den Sensoren abhängig. Neben der Reichweite sind auch der Erfassungswinkel (Sichtfeld, Bildwinkel etc.) und die Rahmenbedingungen ihrer technischen Spezifikationen (z.B. Einsatz in der Nacht, bei Regen, bei Nebel etc.) von Bedeutung. Für das Erkennen von Objekten sind die Auflösung und die Erkennungsgeschwindigkeit der Sensoren (Abtastraten, Bildraten etc.) ausschlaggebend. Die derzeit für automatisierte Fahrzeuge verwendeten Sensortypen sind in der Tabelle 8.2-1 dargestellt. Die Gegenüberstellung zeigt, dass bei dem heutigen Stand der Technik die maximale Reichweite im Bereich von 200 bis 250m bei direkter Sicht liegt (siehe auch Salman Y.D., K.R. Ku-Mahamud, E. Kamioka). Diese kann durch Witterungseinflüsse (Nebel, Regen, Schneefall), aber auch durch Kurven, Hindernisse, angestellte Fahrzeuge seitlich der Fahrbahn reduziert werden. In der Praxis wird daher eine Auswahl unterschiedlicher Sensortypen (inkl. Sensorfusion) eingesetzt (siehe auch Abbildung 8.3-1). Hinweis: Derzeit wird daran geforscht, dass auch verdeckte Objekte algorithmengestützt über Reflexionen erkannt werden können. Diese Technik ist jedoch von unterschiedlichen Rahmenbedingungen (z.B. Oberflächenbeschaffenheiten) abhängig, die aber nicht immer gewährleistet werden können.

**Tabelle 8.2-1: Gegenüberstellung der maximalen Reichweite, der Erfassungswinkel und Einschränkungen der technischen Spezifikation der für automatisierte Fahrzeuge eingesetzten Sensortypen (Stand 2017)**

Sensortype		Reichweite (direkte Sicht)	Erfassungswinkel (Sichtfeld etc.)	Einschränkungen der technischen Spezifikation
<b>Ultraschall</b>	-	<b>bis 4,5m (bei Pkw)</b>	bis 120°	Geringe Reichweite
<b>LiDAR</b> (Light Detection and Ranging)	Solid State	<b>bis 200m</b>	bis 100°	Reduktion der Reichweite bei Nebel, Regen und Schneefall
	Rotation	<b>bis 200m</b>	360°	
<b>Radar</b>	Short-Range (SRR)	<b>0,15 bis 30m</b>	80°	Reduktion der Reichweite bei starkem Regen
	Medium-Range (MRR)	<b>1 bis 100m</b>	40°	
	Long-Range (LRR)	<b>10 bis 250m</b>	15°	
<b>Kamera</b>	Stereo	<b>bis 160m</b>	32°	Erkennungsqualität ist von den Lichtverhältnissen abhängig (z.B. direkte Sonneneinstrahlung, Reflexion bei nasser Fahrbahn)
	Single	<b>bis 250m (500m)</b>	30 bis 120°	
	Infrared	<b>bis 200m</b>	Bis 60°	Reduktion der Reichweite bei Regen und Nebel

Hinweis: Die abgegebenen Werte entsprechen dem veröffentlichten Stand der Technik bzw. Wissenschaft im Jahr 2017 (Patole S., M. Torlak, D. Wan D., M. Ali, 2017)

**Abbildung 8.2-1: Beispiel eingesetzter Sensoren bei einem automatisierten Fahrzeug (Audi, 2016)**



### 8.2.2 Erlaubte Fahrgeschwindigkeit für Pkw bei "Fahren auf Sicht" laut StVO

Die maximal erlaubte Fahrgeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt ergibt sich gemäß § 20 StVO aus Straßenverkehrszeichen und den Straßen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen. In diese Überlegungen sind die Fahrzeugeigenschaften sowie dessen Ladung einzubeziehen. Das „Fahren auf Sicht“ bedeutet, dass die Fahrzeuginsitzer ihre Geschwindigkeit an die äußeren Gegebenheiten anpassen muss, damit sie bei auftauchenden Hindernissen jederzeit stehen bleiben oder ausweichen kann (siehe *Grundtner* 2016, § 20 E 61 und 67). Das bedeutet, dass bei Verkehrssituationen, bei denen ein Ausweichen unmöglich ist, der Anhalteweg bei der Wahl der Geschwindigkeit zu berücksichtigen ist.

#### StVO § 20 Fahrgeschwindigkeit

*(1) Der Lenker eines Fahrzeuges hat die Fahrgeschwindigkeit den gegebenen oder durch Straßenverkehrszeichen angekündigten Umständen, insbesondere den Straßen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen, sowie den Eigenschaften von Fahrzeug und Ladung anzupassen. (...)*

Bei Fahrbahnbreiten schmaler als ca. 5,2m muss, um durch die geringe Restbreite ein gefahrloses Begegnen mit dem Gegenverkehr möglich zu machen, auf halbe Sicht gefahren werden („Fahren auf halbe Sicht“), um Unfälle zu vermeiden. Dies ergibt sich aus den maximal zulässigen Fahrzeugbreiten (siehe OGH 15.03.1979 Ob 18/79; *Grundtner* 2016, § 20 E54). In diesen Fällen ist die Fahrgeschwindigkeit so zu wählen, dass mit der vorhandenen Sichtweite nicht nur der eigene Anhalteweg, sondern auch jener des Gegenverkehrs miteinbezogen wird. Bei Gefahrensituationen, wie z.B. Eisenbahnkreuzungen, Schutzwegen, Kindern und älteren Personen am Fahrbahnrand, Schulen, muss die Geschwindigkeit so reduziert werden, dass man sicher, ohne abruptes Abbremsen vor der Gefahrenmöglichkeit anhalten kann („Fahren auf Gefahrensicht“, siehe *Pürstl*, 2015, § 20 Anm 35). Diese Fahrmodi sind bestimmend für die erlaubte Fahrgeschwindigkeitswahl für AuFz.

## **Anhalteweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit**

Für ein Fahren auf Sicht ist der Anhalteweg maßgebend. Dieser setzt sich aus dem Reaktionsweg und dem Bremsweg zusammen. Der Reaktionsweg ist jene Strecke, die ein Fahrzeug in der Zeit zurücklegt, von der Wahrnehmung bis ein Hindernis erkannt wird und eine aktive Aktion gesetzt wird, z.B. Betätigung der Bremse. Das entspricht der Summe aus "wirklicher" Reaktionszeit, Fußumsetzzeit und Bremsansprechzeit. Bei einer durchschnittlichen FahrerIn geht man von einer Sekunde aus. Bei einer aufmerksamen FahrerIn kann sich dieser Wert auf ca. 0,5 Sekunden verkürzen.

Beim AuFz weicht die Reaktionszeit systembedingt deutlich ab. Bei Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 2 definiert menschliches Verhalten die Zeitspanne, bei Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 3 ist eine Kombination aus Automatik mit Algorithmus und LenkerIn ausschlaggebend, bei Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 4 und 5 im automatisierten Betriebszustand ist nur die Automatik mit Algorithmus maßgebend für die notwendige Zeitspanne. Für die Reaktionszeit der Automatik mit Algorithmus liegen derzeit keinen wissenschaftlichen Untersuchungen vor. Aussagen von Herstellern von Computer-Plattformen für automatisiertes Fahren sprechen von ca. 3 bis 12 Video-Frames für die Objekterkennung und Reaktionsberechnung (Urs Muller et al., 2016). Dies würde bei 60 Video-Frames pro Sekunde einer Reaktionszeit von ca. 50 bis 200ms (Millisekunden) entsprechen.

Schwierig ist die Abschätzung der Reaktionszeit für die Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 3. Bei diesen Fahrzeugen muss die LenkerIn nach einer Vorwarnung mit einem akustischen und/oder optischen Signal die Steuerung des Fahrzeuges übernehmen. Diese Reaktionszeit ist individuell sehr variabel und hängt von der Tätigkeit des Lenkers zum Zeitpunkt der Übernahmeaufforderung ab. Eine Untersuchung der Universität von Southampton (Eriksson, Stanton, 2017) zeigt, dass diese Übernahmezeit im Bereich von 1,9 bis 25,8 Sekunden gelegen sein kann. Liest die LenkerIn während der Fahrt z.B. die Zeitung, ist die Übernahmezeit deutlich länger als bei anderen Tätigkeiten. Diese Übernahmezeit kann sich nach einer Gewöhnungs- und Trainingsphase reduzieren. Die best trainierte TeilnehmerIn brauchte ohne Lesen ca. 2 Sekunden und mit Lesen ca. 3,2 Sekunden. Eine deutsche Untersuchung der Unfallforschung (Vogelpohl et al., 2017) spricht davon, dass mehr als 12 Sekunden vergehen können, bis die LenkerIn die volle Kontrolle über das Fahrzeug erlangt. Es wird davon ausgegangen, dass man beim "Überwachen des automatisierten Fahrens der Klasse 3" schneller ermüdet, der Zeitraum soll auf 15min eingeschränkt werden. Laut der geplanten UN-ECE-Regelung wird derzeit ein Übergangszeitraum von 4 Sekunden diskutiert.

Für die weiteren Überlegungen wird für durchschnittlich trainierte LenkerInnen der Automatisierungsklasse 3 von einer Reaktionszeitausprägung von 5 bis 10 Sekunden ausgegangen. Mit diesen Ansätzen sollen auch jene Fälle geprüft werden, wenn in der Übergangszeit schon eine verkehrsverträgliche Geschwindigkeitsreduktion (um bis zu 20%) automatisch eingeleitet wird (Übergabezeiten bis ca. 12 Sekunden). Letztendlich ist die Annahme der Reaktionszeit für die Automatisierungsklasse 3 eine Frage, welches Risiko, dass die LenkerIn die Übernahme nicht rechtzeitig schafft, im Rahmen der Zulassungsbedingungen der AuFz aus sicherheitstechnischer Sicht in Kauf genommen wird. Diese Frage ist im Rahmen der Zulassungsbedingungen zu definieren, um Rechtssicherheit sichzuerstellen (→ Pflichtenheft).

**Tabelle 8.2-2: Diskutierte Reaktionszeiten für die Automatisierungsklassen 3, 4 und 5; die Varianten der Automatisierungsklasse 3 stellen Vorschläge dar, die auf Basis notwendiger Untersuchungen in Verbindung mit dem verkehrspolitisch akzeptierten Risiko für die Zulassungserfordernisse festzulegen sind.**

	Mensch	Automatisierungsklasse (nach SAJ 3016)			
		Klasse 3		Klasse 4	Klasse 5
		Variante 5	Variante 10		
<b>Reaktionszeit</b>	<b>1 s</b>	<b>5 s</b>	<b>10 s</b>	<b>0,2 s</b>	<b>0,2 s</b>

Der Bremsweg ist jene Streckenlänge, die ein Fahrzeug vom Start des Bremsvorgangs bis zum vollständigen Stillstand zurücklegt. Somit spielt auch die Geschwindigkeit eine zentrale Rolle. Während der Reaktionsweg mit vorgegebenen Reaktionszeiten und der Geschwindigkeit einfach berechenbar ist, ist der Bremsweg auch vom Fahrzeug, der Fahrbahn, Längsneigung und von den Witterungszuständen abhängig. Zur Berechnung des Reaktions- und Bremsweges im Sinne der StVO (siehe *Pürstl 2015*, § 20 Anm 35; Sacher F. 2008; Grundtner § 18 EB 59) dienen folgende Faustregeln:

$$\text{Reaktionsweg [m]} = (\text{Geschwindigkeit [km/h]} / 10) \times 3$$

$$\text{Bremsweg [m]} = (\text{Geschwindigkeit [km/h]} / 10) \times (\text{Geschwindigkeit [km/h]} / 10)$$

In Tabelle 8.2-3 ist der Anhalteweg für das manuelle und automatisierte Fahren der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 für unterschiedliche Geschwindigkeiten dargestellt. Dieser wurde mit der Sensorreichweite von <250m, (in der Tabelle mit der Farbe Rot gekennzeichnet) verglichen. Es zeigt sich, dass unter den definierten Rahmenbedingungen mit der derzeit vorhandenen Sensortechnik mit Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 3 in Österreich für Geschwindigkeiten größer als 60km/h kein verkehrssicheres Fahren im Sinne der StVO (Fahren auf Sicht) möglich ist. Bei Automatisierungsklassen 4 und 5 ist bei Fahren auf Sicht eine Geschwindigkeit von zumindest 130km/h möglich. Beim Fahren auf halber Sicht ist beim heutigen Stand der Sensortechnik eine maximale Geschwindigkeit von ca. 100km/h möglich. Dies entspricht der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf österreichischen Straßen außerorts mit Begegnungsverkehr.

In der RVS 03.03.23 (Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen) sind erforderliche Sichtweiten aus entwurfstechnischer Sicht ausgewiesen, die sich über die Ermittlung der Anhaltewege in Abhängigkeit der Straßeninfrastruktur und insbesondere der Längsneigung der Fahrbahn ergeben (Tab. 8.2-4). Dieser Ermittlung liegt eine Reaktionszeit von 1,2 s und eine Bremsverzögerung von 5 m/s in Abhängigkeit der Längsneigung der Fahrbahn zu Grunde.

**Tabelle 8.2-3: Gegenüberstellung des Anhalteweges für manuelles und automatisiertes Fahren ohne Berücksichtigung der Längsneigung; die Werte für den Reaktionsweg entsprechen der Faustformel laut StVO mit farblicher Überlagerung der maximalen Sensorreichweiten von 250m (Stand 2017)**

Fahrgeschwindigkeit	Anhalteweg (Bremsweg + Reaktionsweg)			
	Manuelles Fahren (Mensch)	Automatisierungsklasse (nach SAJ 3016)		
		Klasse 3		Klasse 4 und 5
	Reaktionszeit: 1 s	R.z.: 5 s	R.z.: 10 s	Reaktionszeit: 0,2 s
20 km/h	10 m	34 m	64 m	5 m
30 km/h	18 m	54 m	99 m	11 m
50 km/h	40 m	100 m	175 m	28 m
60 km/h	54 m	126 m	216 m	40 m
70 km/h	70 m	154 m	259 m	53 m
80 km/h	88 m	184 m	304 m	69 m
100 km/h	130 m	250 m	400 m	106 m
130 km/h	208 m	364 m	559 m	177 m

Farben: „Grün“ bedeutet, Anhalteweg liegt unter der maximalen Sensorreichweite, „Rot“ bedeutet Anhalteweg ist länger als die maximale Sensorreichweite, unter der Voraussetzung, dass die direkte Sicht weder durch Wetter, Kurven, abgestellte Autos oder Kuppen usw. eingeschränkt ist; rot gekennzeichnete Anhaltewege zeigen auf, dass für die Sensorreichweite und die erforderliche Länge des Anhalteweges die angezeigte Fahrgeschwindigkeit zu hoch ist.

**Tabelle 8.2-4: Erforderliche Sichtweite (= Anhalteweg) laut RVS 03.03.23**

Fahrgeschwindigkeit	erforderliche Sichtweiten laut. RVS 03.03.23 (Anhalteweg, berechnet mit einer Reaktionszeit von 1,2 s und Bremsverzögerung von 5 m/s)				
	abhängig von der Längsneigung				
	-12%	-6%	0%	6%	+12%
40 km/h	30m	27m	26m	24m	23m
50 km/h	42m	39m	36m	34m	32m
70 km/h	73m	66m	61m	57m	54m
80 km/h	92m	83m	76m	71m	66m
100 km/h	135m	121m	110m	102m	96m
130 km/h	-	192m	174m	160m	-

Das Ergebnis der Berechnungsmethode nach RVS weicht geringfügig von der auf Basis der StVO berechneten Methode ab. Die Anhaltewege sind in der Regel etwas kürzer. Da aber für den Algorithmus der AuFz die StVO maßgeblich ist, werden für die weiteren Betrachtungen die Anhaltewegberechnung der StVO herangezogen.

### **Definition der zu erkennenden Notsituationen für die Steuerübergabe (→ Pflichtenheft)**

Beim Lenken eines Fahrzeuges der Automatisierungsklasse 3 muss in Notsituationen eine Übergabe vom automatisierten zum manuellen Lenken erfolgen. Die Definition dieser Notsituationen ist für die Ermittlung der vorhandenen Sichtweiten von Bedeutung. Diese werden derzeit von den Fahrzeugherstellern definiert. Dazu gehören eine Überforderung der Sensorfähigkeit, z.B. durch Witterungseinflüsse, Regen, Sonnenlicht, Fehlinterpretation von Sensordaten (z.B. widersprüchliche Bodenmarkierungen), Verunreinigung der Fahrbahn, Objekte auf der Fahrbahn, Unfälle, Einsatzfahrzeuge auf der Fahrbahn, Baustellenführungen oder auch verkehrliche Situationen, die nicht eindeutig definiert sind.

Um AuFa zu normieren, ist aus Sicherheitsgründen zu empfehlen, für diese Fälle ein rechtlich geregeltes Pflichtenheft zu erstellen (ähnlich jener von Waymo, 2017) und die Definition der unterschiedlichen Situationen nicht allein in den Verantwortungsbereich der Hersteller zu übergeben. Ein für die Ermittlung der maximalen Sichtweiten besonders wichtiger Punkt ist die exakte Definition und eine rechtliche Verankerung der Objektgrößen, die vom Fahrzeug bzw. den Sensoren in der Ferne erkannt werden müssen. Von den Fahrzeugherstellern sollte im Zuge der Zulassung dafür ein Nachweis gefordert werden.

### **Definition der zu erkennenden Objektgrößen**

Für die in den vorherigen Betrachtungen ausgewiesene Sensorreichweite sind derzeit weder eine Objektgröße noch eine geforderte Basisreichweite der Sensoren vorgegeben, die erkannt oder identifiziert werden müssen. Sensoren haben technisch bedingt eine spezifische Bandbreite der Erkennungsdistanz, die sich aus dem erfassten Abtastwinkel bzw. der Pixelgröße ergeben. Die eingesetzten Sensoren sollten zumindest Objekte in der Größe eines auf der Fahrbahn liegenden Kleinkindes oder größere Steine innerhalb der geforderten Sichtweite eindeutig erkennen und identifizieren können.

Das Identifizieren ist deshalb von Bedeutung, weil nach der Rechtsprechung das Überfahren von Kleintieren auf der Fahrbahn in Kauf genommen werden muss, wenn eine Vollbremsung die Gefahr eines Auffahrunfalls mit sich bringen würde (OGH 16.12.1982, ZVR 1983/193). Neben dieser rechtlichen Sicht ist auch das Überfahren eines harten Gegenstandes, wie z.B. eines Steines von einer zu definierenden Größe, zu diskutieren, dessen Überfahren ein Verkehrssicherheitsrisiko darstellt (z.B. 10x10x10cm). Die Definition dieses zu erkennenden Steines ist im Rahmen von Fahrversuchen auf das Überfahrungsrisiko zu testen, ehe dies festgelegt wird. Abgeleitet aus den Unfallsituationen bestehen derzeit noch immer Probleme auch bei der Erkennung von nichtbewegten Objekten (z.B. stehende Fahrzeuge). Dies unterstreicht, dass im Zulassungsprozess zu erkennende Mindestobjektgrößen definiert werden müssen. In der Richtlinie RVS 03.03.23 werden Sichtweiten definiert. Diese sind im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren als Erkennungssichtweite zu interpretieren. In der RVS ist für die horizontale Lage des zu sehenden Zielpunkts eine Höhe von 0,0m definiert (z.B. für Ölflecken etc.). Mit den derzeit verwendeten Sensoren (Radar, LiDAR) können diese nicht und mit Kameras nur schlecht erfasst werden.

Diese Forderung ist aus Sicht der Verkehrssicherheit systemisch zu betrachten. Vorgegebene Zielhöhen von 0,0m werden systembedingt zu vielen "False Positive" Meldungen führen, da in diesem Fall derzeit keine doppelte Versicherung durch andere Sensordaten (z.B. Radar) möglich ist. Färbungen auf der Straße könnten leicht als Ölflecken fehlinterpretiert werden und würden deshalb häufig automatisiert starke Bremsmanöver auslösen. Dies würde das Risiko für Auffahrunfälle stark erhöhen und neue Verkehrssicherheitsrisiken durch AuFz bewirken. Der von Technikern und in weiterer Folge im Algorithmus verankerte Grundsatz, Problemsituationen lieber einmal zu oft als einmal zu wenig zu erkennen, könnte, systemisch betrachtet, für die Verkehrssicherheit kontraproduktiv sein.

Eine Definition der von den Sensoren zu erkennenden Mindestobjekthöhe oder besser Mindestobjektvolumen und Konsistenz ist auf alle Fälle nachdrücklich zu empfehlen. Dies würde eine Anpassung der StVO bzw. der RVS nötig machen. Damit würde eine Basis geschaffen, diese Anforderung mit einer definierten Vorgabe in ein zukünftiges Zulassungsverfahren für AuFa aufzunehmen (→ Pflichtenheft). Für die weiteren Betrachtungen zur Sichtweite werden im Rahmen des Projektes AUTONOM als Objekthöhen bzw. Zielpunkthöhen 0,0m laut StVO und RVS und 0,2m herangezogen (→ Vorschlag Adaptierung und Ergänzung der RVS und StVO).

Exkurs: In einer Entscheidung des Obersten Gerichtshofs (OGH) vom 29.5.2000, 7Ob82/00k, wurde auf Grund eines Ölfleckes auf der Fahrbahn einem verunglückten Motorradfahrer Mitverschulden zugesprochen, weil die Ölspur sichtbar gewesen sei und es ihm folglich möglich gewesen wäre, „seine Geschwindigkeit entsprechend zu vermindern und eine Fahrspur neben der Ölspur zu wählen“. Daraus folgt, dass Fahrzeuge auch Ölspuren erkennen müssten (Objekthöhen ca. 0,0m).

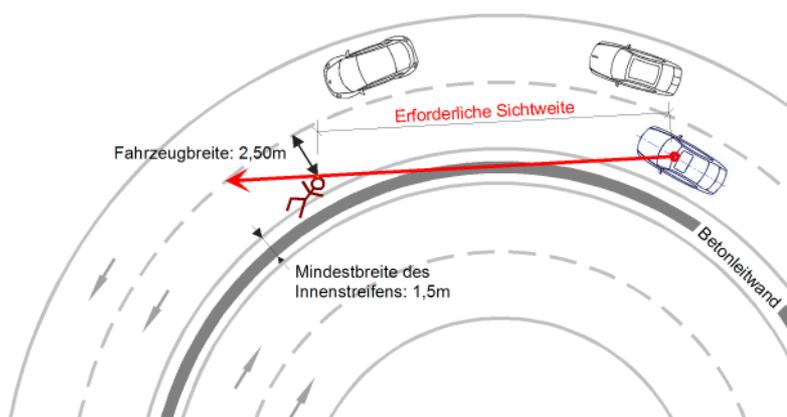
### 8.2.3 Sichtweiten, abgeleitet aus den Trassierungselementen laut RVS 03.03.23

Die RVS 03.03.23 (Stand August 2014) definiert die Vorgaben für die Entwurfselemente (Lage, Höhe, etc.) der Straßentrassierung. Für die Linienführungen werden Radien von Kurven, für Kuppen und Wannen je nach Straßentyp und Betriebsgeschwindigkeit definiert. Für die Sichtweitenbetrachtung sind die Fahrstreifenbreite und die Breite des freien Sichtfeldes bzw. der Abstand zu Leitwänden von Bedeutung.

#### Sichtweiten, abgeleitet aus dem Entwurfselementen des Kreisbogenradius

In der Tabelle 8.2-5 ist jene Sichtweite dargestellt, die bei einer mittigen Sensorposition in Kurven mit den in der RVS definierten Radien eingesehen werden kann. Dabei wird angenommen, dass ein Objekt, z.B. ein verunglückter Motorradfahrer, soweit vom inneren Kurvenrand auf der Straße liegt, dass die vorhandene Restbreite für ein Ausweichen und ein konfliktfreies Vorbeifahren innerhalb des eigenen Fahrstreifens gerade noch ausreichend ist. Diese Restbreite wurde für die folgende Analyse mit 2,6m festgelegt. In der Tabelle 8.2-5 sind die Sichtweiten für die minimalen und empfohlenen Radien für mehrstreifige A+S Straßen angeführt. Als Betrachtungsfall wird ein Überholvorgang in einer Linkskurve mit einer Betonleitwand in einem Abstand von 1,5m zu Grunde gelegt. Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass der Sensor mittig am automatisierten Fahrzeug positioniert ist. Dieser Fall entspricht nicht exakt dem Betrachtungsfall der RVS 03.03.23, dort wird eine Rechtskurve ohne Verbauung am Straßenrand als Referenz herangezogen (Berger, 2017).

**Abbildung 8.2-2: Kritischer Fall für die Ermittlung der erforderlichen Sichtweite in Kurven auf Autobahnen und Schnellstraßen für Automatisiertes Fahren mit einer mittigen Sensorpositionierung**



**Tabelle 8.2-5: Rechnerische Sichtweite in Kurven auf Autobahnen und Schnellstraßen nach den in der RVS 03.03.23 ausgewiesenen Kreisbogenradien**

Rechnerische Sichtweiten in Kurven auf Autobahnen und Schnellstraßen						
Entwurfsgeschwindigkeit (VE)	Kreisbogenradien $R_{empf}$ , $R_{min}$ (lt. RVS 03.03.23)		Mindestbreite des Innenstreifens	Fahrstreifenbreite	Objektabstand vom inneren Fahrstreifenrand	Länge der rechnerischen Sichtweite
130km/h	1.000m	Empfohlen	1,5m	3,75m	1,25m	<b>156m</b>
	800m	Mindest				<b>140m</b>
100km/h	800m	Empfohlen	1,5m	3,75m	1,25m	<b>140m</b>
	400m	Mindest				<b>99m</b>

In der Tabelle 8.2-6 ist die Sichtweite für Übergeordnete Straßen außerorts dargestellt. Hier wird eine Linkskurve mit durchgängigem Gegenverkehr als Ausgangssituation herangezogen. Die entgegenkommenden Fahrzeuge fahren mittig auf ihrem Fahrstreifen. Bei einer Fahrbahnbreite von 3,5m und einer Fahrzeugbreite von 2,5m bleibt ein Bereich von ca. 0,5m übrig, der die Sichtweite nicht beeinträchtigt. Es wird die kritische Annahme vorausgesetzt, dass der Gegenverkehr die volle Fahrstreifenbreite ausnutzt. Bei diesem Straßentyp sind Streckenabschnitte mit Betonleitwänden auf Grund des Abstandes von größer als 1m für die Sichtweitenbetrachtung weniger kritisch.

**Tabelle 8.2-6: Rechnerische Sichtweite in Kurven auf Hauptverkehrsstraßen nach den in der RVS 03.03.23 ausgewiesenen Kreisbogenradien**

Rechnerische Sichtweiten in Kurven auf Hauptverkehrsstraßen						
Entwurfsgeschwindigkeit (VE)	Kreisbogenradien $R_{empf}$ , $R_{min}$ (lt. RVS 03.03.23)		freier Sichtbereich bei durchgehen dem Gegenverkehr	Fahrstreifenbreite	Objektabstand vom inneren Fahrstreifenrand	Länge der rechnerischen Sichtweite
100km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	0,5m	3,5m	1,0m	<b>79m</b>
	400m	mindest				<b>70m</b>
80km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	0,5m	3,5m	1,0m	<b>79m</b>
	200m	Mindest				<b>50m</b>

In der Tabelle 8.2-7 wird die rechnerische Sichtweite, abhängig vom Kreisbogenradius und Straßentyp, mit dem notwendigen Anhalteweg laut Faustformel im Sinne der StVO gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass für den in der Tabelle 8.2-7 betrachteten Fall die Sichtweiten nicht ausreichen, damit ein Fahren auf Sicht bei den empfohlenen Radien der jeweiligen Entwurfsgeschwindigkeit mit den im Normalfall

verordneten Höchstgeschwindigkeiten für Automatisierungsklasse 3 Fahrzeuge möglich ist. Bei Fahrzeugen der Automatisierungsklasse 4 und 5 würde bei den empfohlenen Kreisbogenradien die rechnerische Sichtweite ausreichen, bei den Mindestradien jedoch nicht. Auch die Sichtweite für LenkerInnen ist im Grunde nicht ausreichend. D.h. beim Durchfahren dieser Radien müsste laut StVO eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit durch die LenkerIn vorgenommen werden. Der Unterschied liegt aber darin, dass eine LenkerIn dieses Risiko in Eigenverantwortung eingehen kann. Im Falle eines Unfalles wird sie allerdings zur Rechenschaft gezogen. Für die Automatisierung und deren Steuerungsalgorithmen ist das Entscheidungskriterium der Geschwindigkeitswahl StVO-konform zu programmieren. Die Einhaltung der StVO durch die Entscheidungslogik ist ein wichtiges Thema für die Zulassungskriterien und Zulassungsprüfung (→ Pflichtenheft).

**Tabelle 8.2-7: Gegenüberstellung der geforderten Länge des Anhalteweges für automatisiertes Fahren mit der rechnerischen Sichtweite des Kreisbogenradius R; rot gekennzeichnete Anhaltewege zeigen auf, dass für die Sensorreichweite und die erforderlichen Länge des Anhalteweges die angezeigte Entwurfsgeschwindigkeit zu hoch ist.**

Entwurfsgeschwindigkeit (V <sub>E</sub> )	Kreisbogenradien R <sub>empfr</sub> , R <sub>min</sub> (lt. RVS 03.03.23)		rechnerische Sichtweite	notwendige Länge des Anhalteweges im Sinne der StVO			
				Mensch	Klasse 3		Klasse 4 und 5
					5 s	10 s	
130km/h	1.000m	empfohlen	<b>156m</b>	208m	<b>364 m</b>	<b>559 m</b>	<b>177 m</b>
	800m	mindest	<b>140m</b>	208m	<b>364 m</b>	<b>559 m</b>	<b>177 m</b>
100km/h	800m	empfohlen	<b>140m</b>	130m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
	400m	mindest	<b>98m</b>	130m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
100km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	<b>79m</b>	130m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
	400m	mindest	<b>70m</b>	130m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
80km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	<b>79m</b>	88m	<b>184 m</b>	<b>304 m</b>	<b>69 m</b>
	200m	mindest	<b>50m</b>	88m	<b>184 m</b>	<b>304 m</b>	<b>69 m</b>

Interessant ist die Ermittlung jener Geschwindigkeit, bei der die vorhandene rechnerische Sichtweite der Länge des Anhalteweges im Sinne der StVO entsprechen. Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 8.2-8 ausgewiesen. Es zeigt sich, dass Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 3 im Normalverkehr auf Autobahnen und Schnellstraßen eine erforderliche Geschwindigkeitsreduktion auf 35 bis 39 km/h benötigen, um in Kurven die erforderliche Länge des Anhalteweges einzuhalten. Durch so eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit würde der Verkehrsfluss stark gestört, wenn auch nicht automatisierte Fahrzeuge unterwegs sind. Die Brems- und Beschleunigungsmanöver würden dadurch die Verkehrssicherheit signifikant negativ beeinflussen. Ausgenommen davon wäre das Fahren bei staubedingt geringen Geschwindigkeiten. In diesem Fall könnte sich ein automatisiertes Fahrzeug am

davor fahrenden Fahrzeug orientieren, z.B. mit Hilfe des von Fahrzeugherstellern angebotenen automatisierten Stauassistenten.

Bei AuFz der Automatisierungsklasse 4 und 5 ist in Kurven ebenfalls eine Reduktion der Geschwindigkeit notwendig. Diese liegt auf Autobahnen und Schnellstraßen in einem für den Verkehrsfluss als verträglich einzustufenden Bereich von 115km/h bis 122km/h. Diese Geschwindigkeit liegt ca. 10% höher als jene Geschwindigkeit, die manuell gesteuerte Fahrzeuge fahren dürfen, wenn sie sich regelkonform "auf Sicht fahrend" verhalten.

Bei Hochrangigen Straßen zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier liegt die laut Anhalteweg zulässige Geschwindigkeit in einem als verträglich einzustufenden Bereich in Relation zu der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für AuFz der Automatisierungsklasse 4 und 5: zulässige Höchstgeschwindigkeit 100 km/h: 80 bis 85 km/h bzw. zulässige Höchstgeschwindigkeit 80 km/h: 67 bis 85 km/h. Für AuFz der Klasse 3 liegen die Geschwindigkeiten im Bereich von 12 bis 17km/h, und somit systemisch betrachtet in einem absolut unzumutbar niedrigen Bereich. Diese geringe Geschwindigkeit auf Grund der Sichtweite ist in keiner Weise akzeptabel. Lösungsansätze sind in Kapitel 8.2.5 zu finden.

**Tabelle 8.2-8: Gegenüberstellung der maximal möglichen Geschwindigkeit bei Einhaltung der Länge des notwendigen Anhalteweges für die Entwurfs- und Lage (Kreisbogenradien R); rot gekennzeichnete Geschwindigkeiten zeigen auf, dass die für die Sensorreichweite und die erforderliche Länge des Anhalteweges notwendige Reduktion der Fahrgeschwindigkeit unzumutbar ist.**

Entwurfsgeschwindigkeit (V <sub>E</sub> )	Kreisbogenradien R <sub>empfr</sub> R <sub>min</sub> (lt. RVS 03.03.23)		Länge des Anhaltewegs (rechnerische Sichtweite)	Maximale Geschwindigkeit bei Einhaltung der notwendigen Anhaltewege			
				Mensch	Klasse 3		Klasse 4 und 5
					5 s	10 s	
130km/h	1.000m	empfohlen	156,3m	110 km/h	70 km/h	45 km/h	122 km/h
	800m	mindest	139,8m	104 km/h	65 km/h	41 km/h	115 km/h
100km/h	800m	empfohlen	139,8m	104 km/h	65 km/h	41 km/h	115 km/h
	400m	mindest	98,9m	85 km/h	49 km/h	29 km/h	96 km/h
100km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	78,8m	75 km/h	42 km/h	24 km/h	85 km/h
	400m	mindest	70,4m	70 km/h	37 km/h	21 km/h	80 km/h
80km/h (mit Gegenverkehr)	500m	empfohlen	78,8m	75 km/h	42 km/h	24 km/h	85 km/h
	200m	mindest	49,6m	57 km/h	27 km/h	15 km/h	67 km/h

### Sichtweite abgeleitet aus den Entwurfs-elementen der Höhe, empfohlene Kuppen- und Wannennradien

Der Radius der Ausrundung wird laut RVS 03.03.23 auf die Überholsichtweite (Fahren auf halbe Sicht) dimensioniert. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass das zu erkennende Fahrzeug min. 1m hoch ist (Zielpunkt) und dass sich die Augen der LenkerIn, bzw. zukünftig die Sensoren, zumindest auf einer Höhe von 1m über der Fahrbahn befinden. Dies ist natürlich auch eine Frage der Zulassungsbedingungen (→ Pflichtenheft). Beim „Fahren auf Sicht“ muss, wie vorher beschrieben, von einer geringeren Objekthöhe ausgegangen werden, wie z.B. 0cm bei einem Ölfleck, 20cm bei verunfallten Personen auf der Straße.

**Tabelle 8.2-9: Sichtweite bei Kuppen auf Hauptverkehrsstraßen laut in der RVS 03.03.23 ausgewiesenen Kuppenradien**

Projektierungs- geschwindigkeit $V_p$	Kuppenradien $R_K$ (lt. RVS 03.03.23)		Höhe Sehpunkt	rechnerische Sichtweite	
				Zielhöhe (Objekthöhe) 0,2m, Problemsituation "Person auf der Straße"	Zielhöhe (Objekthöhe) 0,0m
130km/h	19.000m	empfohlen	1,0m	<b>282m</b>	195m
	15.000m	mindest		<b>251m</b>	173m
100km/h	9.000m	empfohlen	1,0m	<b>194m</b>	134m
	6.500m	mindest		<b>165m</b>	114m
80km/h	4.500m	empfohlen	1,0m	<b>137m</b>	95m
	3.000m	mindest		<b>112m</b>	78m

**Tabelle 8.2-10: Gegenüberstellung der geforderten Länge des Anhalteweges für automatisiertes Fahren mit der rechnerischen Sichtweite der Kuppenradien  $R_K$ ; rot gekennzeichnete Anhaltewege zeigen auf, dass für die Sensorreichweite und die erforderliche Länge des Anhalteweges die angezeigte Entwurfsgeschwindigkeit zu hoch ist.**

Entwurfs- geschwindig- keit ( $V_E$ )	Kuppenradien $R_K$ (lt. RVS 03.03.23)		rechnerische Sichtweite (Zielpunkt 0,2m)	notwendiger Anhalteweg (lt. StVO)			
				Mensch	Klasse 3		Klasse 4 und 5
					5 s	10 s	
130km/h	1.000m	empfohlen	<b>282m</b>	208 m	<b>364 m</b>	<b>559 m</b>	<b>177 m</b>
	800m	mindest	<b>251m</b>	208 m	<b>364 m</b>	<b>559 m</b>	<b>177 m</b>
100km/h	800m	empfohlen	<b>194m</b>	130 m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
	400m	mindest	<b>160m</b>	130 m	<b>250 m</b>	<b>400 m</b>	<b>106 m</b>
80km/h	500m	empfohlen	<b>137m</b>	88 m	<b>184 m</b>	<b>304 m</b>	<b>69 m</b>
	200m	mindest	<b>112m</b>	88 m	<b>184 m</b>	<b>304 m</b>	<b>69 m</b>

#### 8.2.4 Reduzierte Sichtweitenanforderung durch Hinterherfahren (z.B. Platooning bzw. „Zugsbildung durch Fahrzeuge“)

Grundsätzlich kann ein AuFz einem anderen Fahrzeug mit knapperem Abstand als ein händisch gelenktes Auto hinterherfahren. Die davor fahrende LenkerIn oder das davor fahrende AuFz passt seine Fahrgeschwindigkeit an die Sichtweite an und die Nachfolgende passt ihre Geschwindigkeit an diese an. In diesem Fall wird der zeitliche Abstand zwischen den Fahrzeugen technisch nur durch die Reaktionszeit des folgenden Fahrzeuges definiert.

*StVO §18 Hintereinanderfahren.*

*(1) Der Lenker eines Fahrzeuges hat stets einen solchen Abstand vom nächsten vor ihm fahrenden Fahrzeug einzuhalten, dass ihm jederzeit das rechtzeitige Anhalten möglich ist, auch wenn das vordere Fahrzeug plötzlich abgebremst wird.*

*(2) Der Lenker eines Fahrzeuges hat von Schienenfahrzeugen, die er nicht zu überholen beabsichtigt oder wegen der Beschaffenheit seines Fahrzeuges nicht überholen kann, einen den jeweiligen Straßen- und Witterungsverhältnissen angemessenen Abstand (mindestens etwa 20 m) einzuhalten.*

Bei besonders aufmerksamem Fahren kann eine minimale Reaktionszeit von bis zu 0,6 bis 0,8 Sekunden toleriert werden: siehe z.B. Erkenntnis des Obersten Gerichtshofes, OGH 8Ob132/76, wonach „auch einem Kraftfahrer der besonders vorsichtig und bremsbereit fahren muss, (...) eine Reaktionszeit von 0,6 bis 0,8 zuzubilligen (ist)“ oder OGH 10Ob154/11w, wonach eine Reaktionszeit von 0,6 Sekunden „nur bei höchster Bremsbereitschaft unter günstigsten Voraussetzungen angenommen werden“ kann. Interessant ist hier, dass der Hinterherfahrende auch mit Hindernissen rechnen muss, auf die die vorausfahrende LenkerIn z.B. durch Ausweichen reagiert. Die hinterherfahrende LenkerIn bzw. das automatisierte Fahrzeug muss hingegen nicht durch Ausweichen reagieren, weil ihr Handlungsspielraum z.B. durch ein anders Fahrzeug eingeschränkt ist. In diesem Fall wäre die Länge des Anhalteweges die bestimmende Größe.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch das Erkenntnis des Verwaltungsgerichtshofs 26.04.1991, 91/18/0070: „Ein Vorausfahrender darf sich zwar auf die Einhaltung eines entsprechenden Sicherheitsabstandes durch den Nachfahrenden, dieser sich aber nicht auf das Unterlassen eines überraschenden Bremsmanövers durch den Vorausfahrenden verlassen. Der Nachfahrende hat demnach unter Berücksichtigung aller gegebenen Umstände, wie etwa Straßenverhältnisse und Sichtverhältnisse, Vorliegen von Ortsdurchfahrten sowie der Art des vorne fahrenden Fahrzeuges (z.B. Schulfahrzeug) dafür zu sorgen, dass er auch bei überraschenden Bremsmanövern des vor ihm fahrenden Lenkers sein Fahrzeug rechtzeitig zum Anhalten bringen kann.“

Orientiert sich der Entscheidungsalgorithmus des AuFz an diesen Vorgaben, bedeutet dies, dass ein nur über die Reaktionszeit definierter Abstand nicht ausreichend ist, weil das hinterherfahrende Fahrzeug immer auf „volle Sicht“ fahren muss. Die Sicherheitsabstände werden dadurch deutlich länger. Der im Zusammenhang mit dem AuFa oft genannte positive Effekt der Treibstoff- bzw. Energiesparung durch die verringerten Abstände bzw. das Fahren im Windschatten ist nicht bzw. nur in einem kleineren Ausmaß abrufbar. Für Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 3 ist dieser Effekt nicht gegeben. Das "Anhängen" an das davor fahrende Fahrzeug ist nur auf Straßen mit einem minimalen Kurvenradius laut Tabelle 8.2-8 und einem Kuppenradius laut Tabelle 8.2-10 oder bei deutlich reduzierten Geschwindigkeiten StVO-konform umsetzbar. Andernfalls wäre eine Änderung der

Straßenverkehrsordnung nötig, die Bedingungen und Anforderungen der Vernetzungsqualität und des zu verantwortenden Risikos definieren muss. Diese Bedingungen sind bei der Zulassung zu überprüfen (→ Pflichtenheft).

Mit einer 100% gesicherten "Vehicle to vehicle-Vernetzung" könnte diese Problem gelöst werden, wenn der Nachkommende schon frühzeitig im Rahmen seiner offenen Handlungsmöglichkeiten die notwendigen Reaktionen einleitet. Für LKW existieren dazu mehrere langjährige Forschungsprojekte (Prometheus Project, SARTRE, Chauffeur I und II), die „Platooning" von Fahrzeugen getestet haben. Von Seiten der EU wird angestrebt, dass Platooning mit LKW bis zum Jahr 2025 umgesetzt werden kann. Bei dieser Variante muss die Gruppe der hintereinander fahrenden Fahrzeuge vernetzt sein. Derzeit ist geplant, dass Platooning nicht im Bereich von Anschlussstellen mit Ein- und Ausfädelungsmanöver umgesetzt werden soll. Beim MIV ist die Organisation dieser Gruppenbildung und in weiterer Folge deren Vernetzung deutlich schwieriger und aufwändiger, daher werden diese Effekte für den Bereich des Personenverkehrs nicht in der Szenarienentwicklung des Projektes AUTO-NOM behandelt.

### **8.2.5 Lösungsansätze für die Sichtweitenproblematik beim Automatisierten Fahren**

Aus den vorangegangenen Betrachtungen zeigt sich, dass unter den bestehenden technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen das AuFa der Automatisierungsklasse 3 ohne ergänzende Maßnahmen kaum einsetzbar ist, weil dadurch die Geschwindigkeit gegenüber händischem Steuern teilweise beträchtlich unter die zulässige Geschwindigkeit reduziert werden müsste. Es ist grundsätzlich zu diskutieren, ob ein Steuerungsalgorithmus eines AuFz sich an alle StVO-Regeln halten muss, oder ob die Einführung einer Toleranzschwelle für die Einhaltung der notwendigen Länge des Bremsweges so wie beim Verhalten der händisch steuernden LenkerInnen rechtlich möglich ist. Durch folgende Maßnahmen könnten die Probleme der Sichtweite mehr oder weniger gelöst werden, wenn vom aktuellen Stand der Sensortechnik ausgegangen wird:

- **Fahren auf Sicht, Wahl und Akzeptanz der Geschwindigkeit abhängig von der Sichtweite laut StVO**

Dies entspricht dem derzeitigen Fahren unter Einhaltung der Regeln der StVO. Dies würde bedeuten, dass die Fahrgeschwindigkeiten entlang der Straße stark variieren würden und die Automatik für die Ermittlung der vorhandenen Sichtweite zuständig ist. Das würde die Benützung der Klasse 3 der Automatisierung unattraktiv machen und zu neuen Sicherheitsproblemen durch unterschiedliche Geschwindigkeiten der automatisierten und der händisch gesteuerten Fahrzeuge führen. Dies liegt daran, dass sich LenkerInnen mit händischer Steuerung in der Regel nicht an die notwendige Länge des Bremsweges laut StVO in Abhängigkeit der vorhandenen Sichtweite und Fahrgeschwindigkeit halten. Die für die Einhaltung des Bremsweges zulässige Geschwindigkeit laut Sichtweite wird derzeit nicht kontrolliert. Wenn es zu einem Unfall auf Grund der Nichteinhaltung des notwendigen Bremsweges kommt, so entscheidet das Gericht im konkreten Einzelfall über die Schuld. Diese Reduktion der Geschwindigkeit nach der StVO durch die Automatisierungsklasse 3 macht den Einsatz unattraktiv. Aus Sicherheitsgründen scheint der Einsatz unter diesen Bedingungen kaum möglich.

- **Fahren auf Sicht, Wahl und Akzeptanz der Geschwindigkeit abhängig von der Sichtweite laut StVO durch eine bewusste Wahl der LenkerIn unter Übertretung der dafür zulässigen Geschwindigkeit**

Es wäre denkbar, dass die LenkerIn die Möglichkeit erhält, die Geschwindigkeit bewusst ohne formale Einhaltung des vorgeschriebenen Anhalteweges laut StVO für die Automatisierungsstufe 3 wählen zu können. Die Verantwortung beim Eintreten eines Unfalles liegt dadurch bei der LenkerIn. Allerdings ist das eine zu diskutierende Frage, die auch ethische Fragen aufwirft. Eine ähnliche Lösung gibt es derzeit beim teilautomatisierten Fahren mittels Tempomat und Abstandshaltung, wobei eine „normales“ oder „sportliches“ Fahren durch die LenkerIn einstellbar ist.

- **Fahren auf Basis eines der Entscheidungslogik des Fahrzeuges zur Verfügung stehenden Straßengraphen (HD-Map), für Wahl der Geschwindigkeit und der Verantwortlichkeit (Mensch oder Algorithmus)**

Bei dieser Variante wird an Hand eines digital verfügbaren Straßengraphen ermittelt, in welcher Entfernung vom jeweiligen Ort mit einem Trassierungselement zu rechnen ist (enge Kurve, Kuppe etc.), bei dem die Vorgaben des Fahrens auf Sicht bei der Klasse 3 der Automatisierung zu einer deutlichen Reduktion der Fahrgeschwindigkeit führen muss (z.B. kleiner 60km/h auf Autobahnen). Die LenkerIn wird frühzeitig darauf hingewiesen, die Steuerung zu übernehmen, die Kurve(n) manuell zu durchfahren und kann danach wieder in den automatisierten Modus wechseln. Die Entscheidung für diese Übergabe kommt nicht aus den Sensordaten, sondern vom digitalen Straßengraphen. Auf temporäre Netzänderungen (z.B. durch Baustellen) kann nur dann reagiert werden, wenn diese Daten laufend aktualisiert werden. Andernfalls muss dies über die Sensordaten erfolgen.

- **Zulassung für Automatisiertes Fahren Automatisierungsklasse 3 auf A+S nur für gekennzeichnete Streckenabschnitte**

In diesem Fall wird das Automatisierte Fahren der Automatisierungsklasse 3 nur für solche Streckenabschnitte auf Autobahnen bzw. Schnellstraßen erlaubt, auf denen die Trassierungselemente die erforderliche Sichtweite in Abhängigkeit der zulässigen Geschwindigkeit nicht unterschreiten. Die Kennzeichnung erfolgt durch eine Ankündigung mittels eines Verkehrszeichens. Es wäre möglich, auch Baustellen und Tunnelstrecken mit geringerer zulässiger Geschwindigkeit für das Automatisierte Fahren zuzulassen. Dadurch können Vorteile der Automatisierungsklasse 3 genutzt werden, um die Sicherheit und die Leistungsfähigkeit des Verkehrs zu erhöhen. Diese Variante wird in der Szenarienbetrachtung des Projektes AUTO-NOM für die Automatisierungsklasse 3 abgebildet.

- **Erweiterung der Anhaltesichtweite durch eine Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (V2I)**

Eine Möglichkeit wäre, jene Streckenabschnitte, bei denen die Sichtweite zu gering ist, stationär zu überwachen und diese Daten den automatisierten und vernetzten Fahrzeugen zu übermitteln bzw. für die Steuerungsalgorithmen zur Verfügung zu stellen. Dies wäre auf Autobahnen und Schnellstraßen für die Automatisierungsklasse 3 denkbar. Diese Lösung würde für die Datenqualität, die Bereitstellung und Übertragung der Daten die Verantwortung auf den Infrastrukturbetreiber verschieben. Als Rückfallebene kann bei der Automatisierungsklasse 3 das manuelle Lenken und bei Automatisierungsklasse 4 und 5 eine automatisierte Anpassung der Fahrgeschwindigkeit auf die in diesem Bereich durch den Straßenentwurf gegebenen Sichtweiten

gewährleistet werden. Generell müssen für die Nutzung von Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (V2I) die gesetzlichen Rahmenbedingungen angepasst werden. Die Bereitstellung der Daten und die Verschiebung der Verantwortung hat auch Auswirkungen auf die Investitions- und Unterhaltskosten des Straßenbetreibers, die z.B. durch eine spezielle Abgabe kostenneutral für den Infrastrukturbetreiber berücksichtigt werden könnte.

- **Neudefinition der Berechnungsregel des Anhalteweges laut StVO für automatisierte Fahrzeuge**  
Derzeit basiert die Ermittlung der Länge des Anhalteweges auf Vorgaben der StVO mit einer Faustformel und auf dem Verfahren der RVS 03.03.23. Der Bremsweg hängt aber von mehreren Faktoren ab, die nicht in diesen Verfahren berücksichtigt sind. Das Bremsverhalten moderner Fahrzeuge hat sich auch deutlich verbessert, d.h. die reale Länge des Bremsweges liegt in der Regel deutlich unter der mit diesen Verfahren ermittelten Werte. Es bietet sich eine Überarbeitung der Bremswegermittlung auf Grund neuer Untersuchungen unter Berücksichtigung von verfügbaren Sensordaten an, wie z.B. Temperatur, Reibwerte etc. Damit kann auch der aktuelle Fahrbahnzustand berücksichtigt werden. Unter normalen Witterungsbedingungen könnten so für die Automatisierungsklassen 4 und 5 keine Fahrgeschwindigkeitsreduktionen notwendig sein, weil die notwendigen Sichtweiten bei den empfohlenen Trassierungselementen laut RVS 03.03.23 (Radien der Kreisbogen und der Kuppen) gegeben sind.
- **Änderung der Vorgaben für "Fahren auf Sicht", Akzeptanz des Ist-Zustandes**  
Eine aus Sicherheitsüberlegungen sehr umstrittene Lösung wäre eine Neudefinition des "Fahrens auf Sicht", bei der akzeptiert wird, dass es Streckenabschnitte gibt, bei der diese Forderung nicht im vollen Ausmaß erfüllt werden muss. Dies würde einer Annäherung an den derzeit vorherrschenden Verkehrsverhalten der Lenker entsprechen, bei dem ein Teil der Lenker ihre Geschwindigkeit nicht an die Sichtweite StVO-konform ordnungsgemäß anpasst.
- **Aktives Reagieren bzw. Vorreagieren in der Übergabezeit**  
Generell ist möglich, dass das AuFz der Automatisierungsklasse 3, unmittelbar nach der Problemerkennung und der Warnung der LenkerIn zur Übernahme der Steuerung, durch eine Geschwindigkeitsreduktion oder ein Ausweichmanöver selbstständig auf diese Situation aktiv reagiert. Dies kann durch ein automatisch eingeleitetes Bremsmanöver oder einen automatischen Fahrstreifenwechsel erfolgen. Für diesen Fall ist rechtlich zu klären, ob die Automatik oder die LenkerIn verantwortlich ist, weil die Handlung selbst innerhalb der "ausreichenden Übergangszeit" stattfindet. Die deutsche Rechtslage ordnet die Verantwortung von automatisiert erfolgten Entscheidungen und Gefahrenabwägungen während der Übergabezeit der Automatik bzw. dem Entscheidungsalgorithmus zu. Diese Rechtslage könnte für Österreich adaptiert werden. Entscheidungen während der Übergabezeit betreffen Fragen der Sicherheit und des Lebens anderer VerkehrsteilnehmerInnen (siehe Trolley-Problem, Eisenberger 2017).

Dies bedeutet, dass das Fahrzeug für den kurzen Zeitraum der Übergabe dieselben Steuerungsfähigkeiten wie ein Fahrzeug der Automatisierungsklasse 4 haben muss. Die derzeit angestrebte Vorgangsweise, AuFa stufenweise nach den SAE-Klassen einzuführen, wird dadurch aber grundsätzlich hinterfragt.

Möglich wäre eine Beschränkung der Handlungsfähigkeit nur auf das Einleiten eines Bremsvorganges. In diesem Fall müssten AuFa der Automatisierungsklasse 3 mit höheren

Geschwindigkeiten bei einfachen Problemsituationen oder bei Nichterkennung einer konkreten Situation (z.B. Laub auf der Straße, etc.) eine Gefahrenbremsung durchführen. Dies könnte die Sicherheit und den Verkehrsablauf signifikant bezüglich Leistungsfähigkeit, Unfallrisiko etc. beeinträchtigen.

Man muss beim heutigen Stand der Technik systembedingt davon ausgehen, dass Fälle von stark oder bis zum Stillstand bremsenden Fahrzeugen insbesondere auf Straßen mit schnell fahrenden Fahrzeugen, z.B. A+S Straßen, deutlich ansteigen. Hier wird bei der Erkennung einer nicht zu beherrschenden Problemsituation der technische Designgrundsatz "auf der sicheren Seite zu programmieren" zu einer Häufung von sogenannten "False Positive" Fehlern führen. Das bedeutet ein Bremsen oder Ausweichen aus Gründen der Nichterkennung einer konkreten Fahrsituation. Dies wäre für die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf kontraproduktiv. Es wird daher dringend empfohlen, für Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 3 die Entscheidungsalgorithmen und die daraus abzuleitenden gesetzlichen Anpassungsnotwendigkeiten technisch und rechtlich umfassend wissenschaftlich zu untersuchen.

## 8.2.6 Schlussfolgerung für die Sichtweitenproblematik des Automatisierten Fahrens für die Automatisierungsklasse 3

Auch wenn man mit den zuvor erörterten Lösungsansätzen die Probleme, die sich primär durch die Einhaltung der notwendigen Länge des Bremsweges auf Grund der eingeschränkten Sichtweite ergeben, minimieren könnte, bleibt der Unsicherheitsfaktor, dass einzelne LenkerInnen zu langsam oder nicht reagieren, z.B. durch Ermüdung oder Schlaf. Auf Grund dieser Unsicherheit, aber auch aus Gründen der Verkehrssicherheit aller VerkehrsteilnehmerInnen, **wird dringend empfohlen, die Zulassungsgenehmigung der Klasse 3 der Automatisierung sorgfältig zu diskutieren und rechtlich zu regeln.** Es ist zu überlegen, die Entwicklung der Klasse 3 zu überspringen und gleich auf die Klasse 4 zu setzen, weil eine Reihe der Probleme in der Verknüpfung von Verkehrsrecht, Trassierungsentwurf samt Sichtweite und technologische Entwicklung nicht zu befriedigenden Einsatzmöglichkeiten der Klasse 3 führt. Bei Einhaltung der sicherheitsbedingten Regelungen der StVO wird das erwartete Potential an Komfort und verkehrswirtschaftlichen Mehrwert in keiner Weise gehoben. Im Gegenteil, es sind nicht zu vernachlässigende Nachteile bezüglich der Verkehrssicherheit und Reisezeit zu erwarten. Die Schlussfolgerung deckt sich auch mit Aussagen von jenen Firmen, die solche Systeme schon im Testbetrieb nutzen. Zum Beispiel haben Google/Waymo, Volvo und Toyota erklärt, dass sie die Automatisierungsklasse 3 überspringen wollen:

**Google/Waymo:** „Krafcik said the company determined a system that asked drivers to jump in at the sound of an alert **was unsafe after seeing videos from inside self-driving cars during tests.** The filmed tests were conducted in 2013, with Google employees behind the wheel.“ (Quelle, abgerufen am 24.10.2017: <https://www.reuters.com/article/us-alphabet-autos-self-driving/google-ditched-autopilot-driving-feature-after-test-user-napped-behind-wheel-idUSKBN1D00MD>).

**Volvo:** „Mr. Samuelsson expressed his concern about the so-called Level 3 autonomous driving modes. “In this mode the car is in charge of the driving, yet the driver must still be prepared to take over in case of emergency, which could be a matter of a few seconds. **Volvo considers this Level 3 driving mode unsafe and will thus skip this level of autonomous driving.**“

(Quelle, abgerufen am 24.10.2017: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/207164/volvo-cars-ceo-urges-governments-and-car-industry-to-share-safety-related-traffic-data>).

**Toyota:** “Autonomy is safety-first,” said Kiyotaka Ise, president of Toyota’s advanced R&D and engineering efforts. “The human-machine interface is the biggest concern with Level 3, in terms of the limbo of several seconds during the exchange between the system and human. Going straight to Level 4 may make better sense.”

Demgegenüber zeigt das Ergebnis der Delphibefragung allerdings ein anderes Bild. Ein Großteil der Befragten erachtet die Einführung der Automatisierungsklasse 3 auf A+S für sinnvoll (siehe Anhang). Zu diesem Ergebnis ist allerdings festzuhalten, dass die in diesem Kapitel getroffenen Überlegungen, Probleme und Ergebnisse den befragten ExpertInnen bei der Befragung nicht bekannt oder wahrscheinlich nicht bewusst waren.

## **8.3 Veränderung der Nutzer-Kostenstruktur durch Automatisiertes Fahren**

Die Veränderungen der Nutzer-Kostenstrukturen im Verkehr sind für die Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen beim Automatisierten Fahren ein wichtiger Faktor. Diese Veränderungen werden mittels Elastizitäten in der Modellabschätzung abgebildet. Um die Auswirkungen des Komfortgewinnes, wie die Möglichkeit einer anderwärtigen Nutzung der Fahrzeiten, abschätzen zu können, wurde ein Ansatz entwickelt, diesen über den subjektiven Zeitwert (Value of Time) abzubilden. Die Grundüberlegung ist dabei, dass bei der Automatisierungsklasse 3 eine Entlastung der LenkerIn auftritt, die sich in einer leichten Reduktion der Nutzerkosten widerspiegelt. Bei den Automatisierungsklassen 4 und 5 können während des Fahrens selbst (auch andere Tätigkeiten durchgeführt werden, die als Freizeit bzw. Produktivitätszeit gewertet werden können. Bei diesem Ansatz wird daher der Zeitwert (Value of Time) des Fahrens abhängig vom Fahrzweck, der Automatisierungsklasse, des Abrufpotentials und der Nutzungswahrscheinlichkeit verändert.

### **8.3.1 Veränderung der Fahrzeug- und Fahrgast-Kosten**

Automatisiertes Fahren führt zu signifikanten Änderungen der Nutzer-Kosten des MIV, des ÖV und bei den automatisierten Mobilitätsdiensten. Bei privat bzw. geschäftlich genutzten Pkws der Automatisierungsklasse 3, 4 und 5 kommt es einerseits durch die Automatik, den höheren Wartungs- und Qualitätssicherheitsaufwand zu einer Verteuerung der Anschaffungs- und Betriebskosten. Andererseits kommt es zu einem zusätzlichen Nutzen für die Nutzer, weil die Zeit im Auto anders als für das Lenken genutzt werden kann. Diese Veränderung in der Kostenstruktur kann derzeit zum Teil aus der Literatur und zum Teil aus den Aussagen der Fahrzeughersteller und eigenen Erfahrungen aus Verkehrsverhaltensanalysen grob abgeleitet werden. Über die unterschiedlichen Besetzungsgrade werden die Fahrzeugkilometer-Kosten in Personenkilometer-Kosten umgerechnet. Die relative Veränderung der Personenkilometer-Kosten zum Bestand ist die Basis für die Modellabschätzung.

Bei automatisierten Mobilitätsdiensten, z.B. bei den Sammeltaxidien ist durch die Mehrfachnutzung der Fahrzeuge eine deutliche Veränderung oder gar Reduktion der Personenkilometer-Kosten, insbesondere für Automatisierungsklasse 5, zu erwarten. Beim Einsatz im ÖV aber auch bei automatisierten Taxis führt der Wegfall der LenkerIn bei Automatisierungsklasse 5 zu einer deutlichen Reduktion der Personenkilometer-Kosten. Neben dem erhöhten Wartungsaufwand auf Grund der höheren Anforderungen an AuFz fallen zusätzliche Kosten für Sicherheits-, Betriebssicherheits- und Funktionsüberwachung an, die die Betriebskosten erhöhen.

Die Nutzer-Kosten für das AuFa wurden aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Untersuchungen abgeleitet. Bei der Literaturrecherche zeigte sich, dass die auf herkömmliche Verkehrsmittel bezogenen Veränderungen in sehr großen Bandbreiten ausgewiesen sind (Axhausen 2017, Charlie Johnston and Jonathan Walker 2017). Dies weist auf die große Unsicherheit dieser Schätzungen hin. Sie wurden auf Plausibilität geprüft, auf österreichische Verhältnisse angepasst und als relative Veränderung bei den einzelnen Verkehrsmitteln ausgewiesen. Die Betriebskosten für das AuFz wurden gegenüber der Literatur aufgewertet, weil die VerfasserInnen von zukünftig höheren Wartungs- und Systemüberwachungsaufwänden ausgehen.

**Tabelle 8.3-1: Für die Modellabschätzung herangezogene Betreiberkosten je Km für automatisierte Fahrzeuge der Automatisierungsklassen 4 und 5 für den MIV**

	Kfz-km-Kosten [€/km]			
	manuell (Bestand)	Automatisiertes Fahrzeug (AuFa)		
		Automatisierungs- klasse 3	Automatisierungs- klasse 4	Automatisierungs- klasse 5
Pkw	<b>0,56€/Kfz-km</b> (0,52 bis 0,65€/Kfz- km: Quelle bmvit/ADAC)	<b>+10%</b> <b>bzw. 0,62€/Kfz-km</b> (Quelle: Abschätzung basierend auf Herstellerangaben)		<b>+15%</b> <b>bzw. 0,64€/Kfz-km</b> (Quelle: Abschätzung basierend auf Herstellerangaben)

**Tabelle 8.3-2: Für die Modellabschätzung herangezogene Betreiber-Kosten je km der automatisierten Mobilitätsdienste (aMoDi) für Automatisiertes Fahrzeuge der Automatisierungsklasse 5**

	Kfz-km-Kosten [€/km]
	Automatisiertes Fahrzeug (AuFa) Automatisierungsklasse 5
Automatisiertes Taxi	<b>ca. 0,40 €/Kfz-km</b> (0,213€ bis 0,327€/Kfz-km: Quelle Burns, Axhausen)
Automatisiertes Sammeltaxi	<b>ca. 0,60 €/Kfz-km</b> (0,26 bis 0,45€/Kfz-km (Quelle: Axhausen, Johnston u. Walker)

**Tabelle 8.3-3: Für die Modellabschätzung herangezogene Betreiber-Kosten beim öffentlichen Verkehr (ÖV-Minibus, ÖV-Linienbusse, ÖV-Regional und Fernbus) der Automatisierungsklassen 4 und 5**

	Fahrgast-km-Kosten [€/km]		
	manuell (Bestand)	Automatisiertes Fahrzeug (AuFa)	
		Automatisierungsklasse 4	Automatisierungsklasse 5
(ÖV-)Minibus (Minibus)	<b>2,5€/FG-km</b> (2,56€/FG-km, Quelle: ETH)	<b>-30% bis +7,5%</b> <b>bzw. 1,75 bis 2,70€/FG-km</b> (Quelle: Eigene Abschätzung, basierend auf Herstellerangaben)	<b>-75%</b> <b>bzw. 0,625€/FG-km</b> (0,581€/FG-km, Quelle: Axhausen)
ÖV-Linienbus (Stadt)	<b>0,45€/FG-km</b> (0,45€/FG-km, Quelle: ETH)	<b>-5% bis +5%</b> <b>bzw. 0,43 bis 0,47€/FG-km</b> (Quelle: Eigene Abschätzung, basierend auf Herstellerangaben)	<b>-50%</b> <b>bzw. 0,225€/FG-km</b> (0,205€/FG-km, Quelle: Axhausen )
ÖV-Regional- und Fernbus	<b>0,75€/FG-km</b> (0,76€/FG-km, Quelle: ETH)	<b>-10 bis +5%</b> <b>bzw. 0,68 bis 0,80€/FG-km</b> (Quelle: Eigene Abschätzung, basierend auf Herstellerangaben)	<b>-45%</b> <b>bzw. 0,42€/FG-km</b> (0,342€/FG-km, Quelle: Axhausen )

Beim ÖV kann schwer abgeschätzt werden, ob die hier ausgewiesenen Einsparungspotentiale den Kunden weitergegeben werden. Es ist zu erwarten, dass ein Teil der Kosteneinsparungen dazu genutzt wird, das ÖV-Angebot durch Vergrößerung des Einzugsgebietes, Verbesserung der Bedienungshäufigkeit etc. zu verbessern. Für die Modellrechnung wurden daher bei der Automatisierungsklasse 4 ca. 80% und bei der Automatisierungsklasse 5 ca. 90% der in der Tabelle ausgewiesenen Kostenveränderungen für die Nutzerkosten in Rechnung gestellt.

### 8.3.2 Komfortgewinn, Veränderung des Value of Time

Durch AuFa wird ein Komfortgewinn erwartet, der sich in der Veränderung der Nutzung und den Verkehrsleistungen widerspiegelt. Für die qualitativen Auswirkungen durch Komfortgewinn sind nur für Teilbereiche wissenschaftliche Studien vorhanden (Frauenhofer IAO, Horvath & Partners, 2016). Für die Modellabschätzung wurden jene Komponenten herangezogen, die erwartungsgemäß den größten Einfluss auf das Mobilitätsverhalten aufweisen.

- Reduktion der Zugangswiderstände des Weges zum eigenen Pkw und bei Mobilitätsdiensten**  
 Bei der Automatisierungsklasse 5 können Personen relativ nahe am Ausgangspunkt des Weges (Quelle) abgeholt werden, d.h. der Zugang zum Stellparkplatz entfällt zum Teil. Fahrzeuge finden selbstständig einen Stellplatz. Dieser Effekt kann über die Reduktion der Reisezeiten, abhängig vom Raumtyp (Großstädte, Städte etc.), berücksichtigt werden.
- Möglichkeit der Nutzung der Fahrzeiten für andere Tätigkeiten**  
 Der größte Effekt wird davon erwartet, dass man während des Fahrens auch andere Tätigkeiten (Internet, Lesen, Filme, Spiele, Arbeiten etc.) durchführen kann. Um diese Effekte abzubilden, wurde ein Ansatz entwickelt, der diesen als Komfortgewinn über die Veränderung des Value of Time ausdrückt. In der Studie "Value of Time, Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren, 2016" wurde die Zahlungsbereitschaft für Tätigkeiten ermittelt, die beim AuFa der Automatisierungsklassen zu erwarten ist.

Das Ergebnis der internationalen Studie zeigte, dass die Zahlungsbereitschaft einer Stunde mit ca. 16€ (Deutschland ca. 18€) bewertet wurde. Dabei zeigten sich große Unterschiede beim Alter sowie bei den Einkommensschichten. Junge und besserverdienende Probanden waren gewillt, mehr dafür auszugeben.

Ein weiterer zu erwartender Effekt ist, dass bei längeren Strecken mit höheren Reisezeiten der Komfort des AuFa eher angenommen wird. Dies in der größeren Zahlungsbereitschaft der Probanden, die mit der Reisezeit zunimmt.

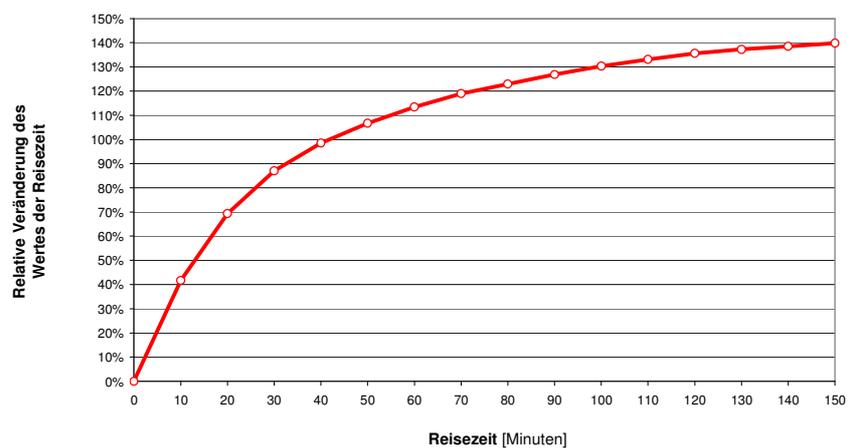
Generell sind die Ausprägungen des Value of Time erhebungstechnisch und länderspezifisch unterschiedlich und mit hoher Unsicherheit behaftet. Der Ansatz für die Modellabschätzung der Szenarien basiert auf den Grundaussagen dieser Studie. Diese wurde auf die inflationsangepassten Zeitkostensätze der RVS 02.01.22 übertragen und vereinheitlicht (siehe Tabelle 8.3-4.).

**Tabelle 8.3-4: Für die Modellabschätzung herangezogenen Werte der Zeit und Zahlungsbereitschaft für Automatisiertes Fahren der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5**

Verkehrszweck	Zeitkosten im Verkehr (Preisstand 2017)		Zeitkostenänderung beim automatisierten Fahren			Zeitkosten im Verkehr beim automatisierten Fahren		
	manuell gelenkt		Automati- sierungs- klasse 3	Automati- sierungs- klasse 4	Automati- sierungs- klasse 5	Automati- sierungs- klasse 3	Automati- sierungs- klasse 4	Automati- sierungs- klasse 5
	€	€	€	€	€	€	€	€
Geschäftsverkehr	42		-8	-17	-21	34	25	21
Berufspendlerpendel- verkehr	15		-3	-6	-8	12	9	8
Ausbildungs-, Einkaufs- und Erledigungsverkehr	11		-2	-4	-6	9	7	6
Freizeitverkehr	8		-2	-3	-4	6	5	4

Das Potential der Nutzung der Veränderung des Wertes der Reisezeit kann man als Zeitgewinn in Geld ausdrückenn. Dessen Größe hängt auch mit der Gesamtreisezeit des Weges bzw. der Weglänge zusammen (Frauenhofer IAO, Horvath & Partners, 2016). Bei kurzen Reisezeiten kann dieser Zeitwertgewinn nur im geringen Ausmaß konsumiert werden, d.h. die Unterschiede zwischen dem manuellen und dem automatisierten Fahren sind deutlich geringer. Bei längeren Wegen kann dieser Gewinn stärker realisiert werden, weil dann auch effektiv nutzbare Zeit für andere Tätigkeiten zur Verfügung steht. Zusätzlich führt die Reduktion des Ermüdungseffektes zu einem Komfortgewinn, der sich in einer weiteren Steigerung des Reisezeitgewinns ausdrücken lässt. Dieser Effekt wurde als relatives Nutzungspotential des Zeitwertgewinnes in die Modellabschätzung einbezogen (siehe Tabelle 8.3-4, 100% entsprechen dabei der Reisedauer von 42 Minuten). Die in der Abbildung 8.10-1 dargestellte Kurve wird mit den Werten aus dieser Tabelle überlagert.

**Abbildung 8.3-1: Relative Veränderung des Wertes der Reisezeit durch Automatisiertes Fahren Zeitgewinn für die Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 in Abhängigkeit von der Reisezeit.**



- Komfortverbesserung durch die Erhöhung der Verkehrssicherheit**

Ein Argument für Automatisiertes Fahren ist die Annahmen, dass dadurch die Verkehrssicherheit erhöht werden kann, weil die häufigsten Unfallursachen im Verkehr durch menschlichen Versagen ausgelöst werden (Unachtsamkeit und Ablenkung 30,3%, überhöhte Fahrgeschwindigkeit 27,3%, Vorrangverletzungen 12,9%, Alkohol 3,2% der tödlichen Unfälle, Quelle: bmvit, Unfallstatistik 2016). Man geht zwar davon aus, dass sich beim AuFa weiterhin Unfälle ereignen werden, die Gründe dafür werden jedoch andere sein. In Summe rechnet man damit, dass sich die Verkehrssicherheit langfristig tendenziell verbessern wird. Da es für den Zeitraum bis 2040 derzeit nur Schätzungen und keine empirischen Untersuchungen gibt, werden aus der Veränderung der Verkehrssicherheit modellmäßig keine Veränderungen auf die Verkehrsnachfrage abgeleitet und ausgewiesen. Das heißt, Vor- und Nachteile heben sich unter dieser Betrachtungsweise auf.

## 8.4 Neu erschlossenes Nutzerpotential durch automatisiertes Fahren

Automatisiertes Fahren, insbesondere der Automatisierungsklasse 5, hat das Potential, dass Personengruppen, die derzeit keine Kfz lenken können oder dürfen, ein AuFz nutzen können. Dies kann durch eine Verlagerung von anderen Verkehrsmitteln, z.B. ÖV oder Fahrrad bewirkt werden, aber auch als neu induzierter Verkehr auftreten. Der Verkehr dieser Nutzergruppen kann zu einer Veränderung des Modalsplits, aber auch zu einer Veränderung der Kfz-Verkehrsleistungen führen. Die verkehrlichen Auswirkungen, bedingt durch folgende Nutzergruppen, wurden als signifikant klassifiziert und werden in der Systembetrachtung für die Szenarien integriert:

- **Kinder und Jugendliche**, die derzeit noch nicht berechtigt sind, einen Pkw zu lenken
- **Personen, die bedingt durch unterschiedliche Gründe** keinen Pkw mehr lenken können oder wollen, z.B. auf Grund körperlicher Einschränkungen oder auf Grund von Ängsten, Überforderung oder Krankheit etc.

### 8.4.1 Kinder und Jugendliche

Aus verkehrlicher, rechtlicher und sozialer Perspektive sind vor allem die Nutzung von Automatisierten Fahrzeugen von Kindern (insbesondere der Automatisierungsklasse 5) interessant. Hier sind folgende Fragestellungen zu klären:

- Ab welchem Alter sollten Kinder **alleine einen privaten Pkw** (oder Mobilitätsdienstleister) der Automatisierungsklasse 5 nutzen können?
- Ab welchem Alter sollten Kinder **alleine Fahrzeuge eines ÖV Betreibers** ohne Aufsicht der Eltern nutzen können?

Der Unterschied zwischen den beiden Fällen ergibt sich dadurch, dass bei der Nutzung eines privaten Pkw Kinder primär allein unterwegs wären, bei einem ÖV Betreiber jedoch vielfach Gruppen (meist mit volljährigen Personen) befördert werden. Dabei muss das Verhalten bei Notsituationen (technisches Gebrechen, Brand im Fahrzeug, Unfällen), der Ort des Geschehens (z.B. auf Kreuzungen, in Wäldern) und die unterschiedlichen Aktionsmöglichkeiten abhängig von den Altersstufen im Detail betrachtet werden.

Die erste Gruppe, der alleinfahrenden Kinder bzw. Jugendlichen in einem privaten Pkw der Automatisierungsklasse 5, wurde auch bei der projektinternen Delphibefragung abgefragt. Das Ergebnis zeigte, dass ein Großteil der ExpertInnen das Alter von zwölf Jahren angegeben hat. Dies entspricht in Österreich jenem Alter, mit dem man alleine auf den öffentlichen Straßen (ohne Zusatzprüfung) Fahrrad fahren darf. Siehe § 65 Abs 1 StVO: „Der Lenker eines Fahrrades (Radfahrer) muss mindestens zwölf Jahre alt sein (...). Kinder unter zwölf Jahren dürfen ein Fahrrad nur unter Aufsicht einer Person, die das 16. Lebensjahr vollendet hat, oder mit behördlicher Bewilligung lenken.“

Zusätzlich interessant war, dass bei dieser Fragestellung zwischen der ersten und zweiten Delphi-Runde ein signifikanter Unterschied aufgetreten ist und sich der genannte Altersschnitt deutlich erhöht hat.

**Für Automatisierte Mobilitätsdienste sowie dem Automatisierten MIV wird eine Altersgrenze von 12 Jahren vorgeschlagen.** Diese wurde auch für die Szenarienabgrenzung verwendet. Grundsätzlich ist auch eine andere rechtliche Altersbegrenzung denkbar, etwa 14 Jahre über die Definition "als mündiger Minderjähriger".

Bei der zweiten Gruppe, den allein im automatisierten ÖV fahrenden Kindern, wurde keine Abfrage bei der Delphi-Erhebung durchgeführt. Die Fragestellung ist beim ÖV aus verkehrlicher Sicht besonders problematisch zu bewerten. Ein großer Anteil des Schülerverkehrs in Österreich wird über den ÖV abgewickelt.

Auch wenn im regulären ÖV meist Erwachsene mitfahren, muss jene Situationen näher betrachtet werden, wo sich nur Kinder im Fahrzeug befinden. Hier stellen sich Fragen, wie Kinder auf Notsituationen selbstständig richtig reagieren können (z.B. Notknopf drücken), ob Kinder Gefahren richtig einschätzen können, ob Kinder die körperlichen Fähigkeiten haben, die Türen im Brandfall manuell zu öffnen oder ob sie in der Lage sind, mit dem Nothammer eine Scheibe einzuschlagen.

Derzeit sind diese Fragestellungen nicht relevant, weil immer eine FahrerIn anwesend ist. Beim AuFa ist dies für die Automatisierungsklasse 5 nicht mehr notwendig. Dafür lassen sich Überlegungen und Regeln für ähnlich gelagerte Situationen, z.B. für Aufzüge und Skilifte, heranziehen. Rechtlich verantwortlich sind in diesen Fällen der Hersteller, z.B. bei Missachtung der einzuhaltenden Sicherheitsvorschriften, Ö-Normen und dgl., der Betreiber (§ 87 Abs. 1 SeilbahnG oder § 16 Schleppliftverordnung sehen vor, dass der Betreiber selbst die Beförderungsbedingungen festzulegen haben) oder die Eltern (siehe §§ 160 oder 1309 ABGB). Rechtlich integrieren lassen sich solche Bestimmungen in den Personenbeförderungsgesetzen. Dazu zählen das Öffentlicher Personennah- und Regionalverkehrsgesetz – ÖPNRV-G 1999, das Kraftfahrliniengesetz – KfLG, § 63 Kraftfahrgesetz-Durchführungsverordnung KDV 1967 und insbesondere § 106 KFG über die Personenbeförderung sowie länderspezifische Gesetze für Regelungen des Personenbeförderungsbetriebs, Taxi u.ä..

- **Für allein fahrende Kinder im Automatisierten ÖV wird eine Altersgrenze von sechs Jahren vorgeschlagen.** Diese Grenze bzw. die Körpergröße ist aber auf breiter Basis zu diskutieren. Wenn der ÖV weiterhin einen Großteil des Schülerverkehrs, inkl. Freizeitverkehr am Nachmittag, abwickeln wird, was anzunehmen ist, ist zu diskutieren, die Rahmenbedingungen so zu definieren, dass eine Altersgrenze von sechs Jahren möglich ist. Um die Sicherheit zu garantieren, ist eine besondere Ausstattung der Automatisierten ÖV-Fahrzeuge, wie z.B. ein Notknopf mit einer Verbindung zu der Leitzentrale, rechtlich zu verankern. Türen und Fenster, die z.B. im Brandfall selbstständig abgesprengt werden, wären denkbar. Zu diskutieren ist eine verpflichtende Teilnahme für Kinder ab sechs Jahren zu einer speziellen Schulung bzw. ein ÖV-Nutzungsschein. So etwas existiert mit dem Freischwimmer-Schein ab sieben Jahre (siehe Bundeskanzleramt, Schwimmbestimmungen, Erlass Zahl 704.730/0004-VI/4/2005). Für die Szenarienentwicklung wird für den automatisierten ÖV die Altersgrenze von sechs Jahren verwendet.

### **Einsatz ÖV-Aufsichtspersonen im automatisierten ÖV**

Erwachsene ÖV-Aufsichtspersonen bzw. Fahrzeugbegleitpersonen können eingesetzt werden, um eine Altersbegrenzung für Kinder zu vermeiden. Dies würde den Effekt der Reduktion bei den Personalkosten beim lenkerlosen Fahren für die Automatisierungsklasse 5 deutlich verringern.

**Vor allfälligen gesetzlichen Anpassungen der Altersgrenzen für den automatisierten ÖV ist zu empfehlen, dass die gesamt- und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen in einem strategischen Variantenvergleich wissenschaftlich geprüft werden.**

#### **8.4.2 Personen, die bedingt durch unterschiedliche Gründe keinen Pkw mehr lenken können oder wollen (z.B. auf Grund körperlichen Einschränkungen)**

Durch die Automatisierungsklasse 4 können auch bei **Personengruppen mit leichteren körperlichen Einschränkungen** verkehrliche Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage auftreten. Da für diese Personengruppe keine Notübernahme des AuFz nötig ist, wird ein Teil dieser Personen die körperlichen Voraussetzungen mitbringen, ein Automatisierungsklasse 4 Fahrzeug zu bedienen. Wenn auch die körperlichen Fähigkeiten nach §§ 8 und 9 FSG sowie nach der Führerscheingesetz-Gesundheitsverordnung für einen Kfz-Führerschein (Gruppe B, Österreich) nicht vorhanden sind, könnte für diese Gruppe ein eigener auf die Anforderungen der Automatisierungsklasse 4 ausgerichteter Führerschein geschaffen oder die Führerscheingruppe B adaptiert werden. Die Rahmenbedingungen der körperlichen Fähigkeit und der Umfang des notwendigen Wissens bzw. Fahr-/Bedienkönnen (siehe §§ 10 und 11 FSG) sind dafür zu definieren bzw. im Vorfeld wissenschaftlich näher zu untersuchen.

Dem Automatisierten Fahren könnte schon frühzeitig bei der Automatisierungsklasse 4 ein positiver gesellschaftspolitischer und sozialer Aspekt hinzugefügt werden. Die Mobilität dieser Personengruppe auch in ihrem gewohnten Umfeld (z.B. bei altersbedingten Einschränkungen im ländlichen Raum) könnte damit länger aufrechterhalten werden. Die verkehrlichen Auswirkungen dieser Ausprägung werden in der Szenarienentwicklung für diese Personengruppe abgeschätzt und berücksichtigt, und zwar für die Automatisierungsklasse 4 mit angepasstem Führerschein und für die Automatisierungsklasse 5.

Insbesondere für **Personengruppen mit schwereren körperlichen Einschränkungen** werden hohe Erwartungen mit dem automatisierten Fahren verbunden. Dies betrifft vor allem jene Personen, die derzeit nicht oder eingeschränkt mobil sind und die bestehenden Verkehrsmittel (MIV, ÖV etc.) nicht nutzen können bzw. die Alternativen, wie z.B. Taxi-Dienste zu teuer sind.

Aus der Untersuchung Egalite Plus (Sammer et al.) geht hervor, dass sich in Österreich ca. 38% der Personen stark, mäßig oder leicht in ihrem Mobilitätsverhalten eingeschränkt fühlen. Insbesondere in der Gruppe der stark (3%) und mäßig (13%) eingeschränkten Personen sind Potentiale für die Nutzung AuFz zu finden. In diesen Gruppen sind auch jene VerkehrsteilnehmerInnen enthalten, die einerseits eingeschränkt, aber trotzdem noch mobil bzw. teilmobil sind und andererseits so stark eingeschränkt sind, dass diesen auch durch die Möglichkeiten des AuFz nicht geholfen werden kann, wie z.B. durch körperliche Beeinträchtigung.

Basierend auf der Detailbetrachtung der vorliegenden Untersuchung wurden jene Einschränkungsarten identifiziert, bei denen davon auszugehen ist, dass diesen durch AuFz geholfen werden kann. Dies erfolgt durch eine globale Abschätzung in Relation zur mobilen Bevölkerung für die Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Tabelle 8.4-5). Bei der Automatisierungsklasse 5 sind für diese Personengruppe die größte Auswirkung gegeben, da hier keine Lenker-Fähigkeit notwendig ist. Das für die Szenarienbetrachtung abgeschätzte abrufbare Potential für die Automatisierungsklasse 5 liegt bei ca. 7%.

Bei der Automatisierungsklasse 4 ist der Anteil geringer, weil hier unter bestimmten Umständen grundlegende Lenkerfähigkeiten notwendig sind. Wenn die körperlichen Fähigkeiten (siehe dazu §§ 8 und 9 FSG sowie die Führerscheingesetz-Gesundheitsverordnung) für einen Kfz-Führerschein der Gruppe B, Österreich, nicht vorhanden ist, so könnte für diese Gruppe ein eigener auf die Anforderungen der Automatisierungsklasse 4 ausgerichteter Führerschein geschaffen werden oder die Gruppe B durch Erweiterung der Ausnahmeregelungen adaptiert werden. Die Rahmenbedingungen der körperlichen Fähigkeiten und der Umfang (Wissen bzw. Fahr-/Bedienungskönnen; siehe §§ 10 und 11 FSG) dafür sind zu definieren bzw. im Vorfeld im Detail wissenschaftlich zu untersuchen.

Dem AuFa kann also auch bei der Automatisierungsklasse 4 ein positiver gesellschaftlicher und sozialer Aspekt zugesprochen werden. Die Mobilität dieser Personengruppe kann dadurch in ihrem gewohnten Umfeld (z.B. bei gewissen altersbedingten Einschränkungen oder im ländlichen Raum) aufrechterhalten werden. Die verkehrlichen Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage werden in der Szenarienentwicklung für diese Personengruppe abgeschätzt. Für die Szenarienbetrachtung wird für das Maximalpotential für die Automatisierungsklasse 4 mit ca. +3% (bezogen auf den Anteil der mobilen Bevölkerung) abgeschätzt.

Für die Automatisierungsklasse 3 kann nur ein geringes Potential für diese Personengruppe abgeleitet werden. Die Gruppe der Mobilitätseingeschränkten umfasst auch jene Personen, die zwar einen Führerschein besitzen, aber aus unterschiedlichen Gründen in bestimmten Situationen selbst keinen Pkw lenken wollen. Dazu gehört z.B. Überforderung auf Grund erhöhter Verkehrsbelastungen oder Ängste. Der Anteil dieser Personengruppen führt zu keinen signifikanten verkehrlichen Änderungen und wird bei der Szenarienbetrachtung global mit +0,1% abgebildet.

**Tabelle 8.4-1: Abrufbares maximales Potential der Verkehrsnachfrage des Automatisierten Fahrens der mobilitätseingeschränkten Personen als Grundlage für die Szenarienbetrachtung**

	Automatisierungs- klasse 3	Automatisierungs- klasse 4	Automatisierungs- klasse 5
Maximales P der Verkehrsnachfrage, gemessen in Wegehäufigkeit	<b>ca. +0,1%</b>	<b>ca. +3%</b>	<b>ca. +7%</b>

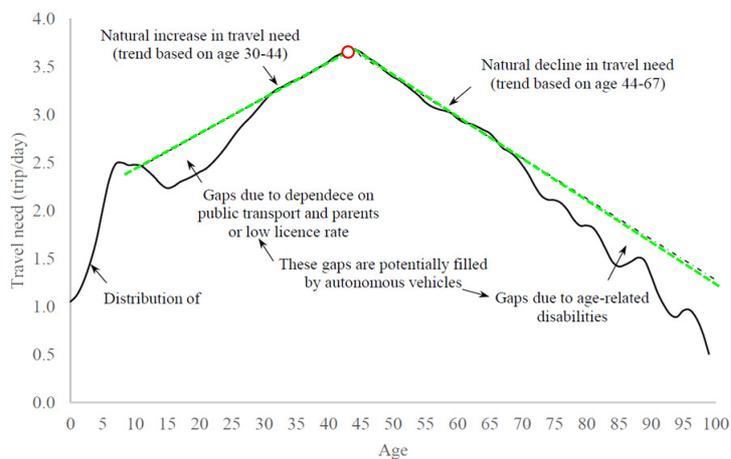
*Hinweis:* Die ausgewiesenen Potentiale stellen das Maximalpotential dar, welches in Abhängigkeit des Wegzweckes und der Zielwahl etc. bei der Modellberechnung abgeschätzt wurde.

In den ausgewiesenen Gesamtpotentialen sind auch die altersbedingt mobilitätseingeschränkten Personengruppen enthalten. Dieser Anteil liegt im Bereich von 7 bis 11% der Personengruppe 65+ Jahre. Auch in der australischen Studie "Estimating the trip generation impacts of autonomous vehicles on car travel in Victoria, Australia" (Truong, De Gruyter C., Currie G, 2016) zeigt sich ein ähnliches Bild.

In der Abbildung 8.6-1 wird die Verteilung der Wegehäufigkeit (Wege pro Person und Tag) in Relation zum Alter gezeigt. Die Daten stammen von der Victorian Integrated Survey of Travel and Activity (VISTA) aus dem Jahr 2007 bis 2010. Setzt man die Verteilung in Relation zu einem theoretischen Verlauf, zeigen sich Lücken. Truong geht davon aus, dass diese Lücken ein Maß für jene Wege sind, die derzeit mit den vorhandenen Verkehrsmitteln nicht durchgeführt werden können.

Aus der Integration über diese Lücken könnte ebenfalls der Anteil der derzeit nicht mobilen Personen (bzw. Wege) in der Altersklasse 65+ (privat, ÖV und/oder Mobilitätsdienste) in Victoria, Australien mit ca. +15% (bezogen auf diese Personengruppe) abgeschätzt werden.

**Abbildung 8.4-1: Anzahl der Wege/Tag im Altersverlauf in Victoria mit ausgewiesenen Bereichen, die ein Maß für das Potential des Automatisierten Fahrens für gesundheitliche bzw. altersbedingte Einschränkungen darstellen (Quelle: Truong L., De Gruyter C., Currie G., 2016)**



## 8.5 Rahmenbedingungen für den Einsatz des automatisierten Fahrens in Österreich

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bei den technischen Rahmenbedingungen auch die rechtlichen Rahmenbedingungen miteinbezogen (z.B. bei der Sichtweite, bei den Altersgrenzen etc.). Eine Vielzahl weiterer rechtlicher Fragenstellungen sind im Teil 3: Rechtlicher Rahmen AUTO-NOM 2017 aufgearbeitet. Für die Modellabschätzung sind aber auch gesellschaftspolitische und ethische Rahmenbedingungen relevant, die derzeit im Gegensatz zu Deutschland noch nicht in dem gewünschten Ausmaß diskutiert werden. Darüber hinaus ergeben sich für das Automatisierte Fahren massive Einschränkungen durch den für Österreich im Straßenverkehr gültigen Vertrauensgrundsatz gem. § 3 StVO.

### 8.5.1 Einschränkungen durch gesellschaftspolitische und ethische Rahmenbedingungen

Das Automatisierte Fahren wirft generell die Fragestellung der Relation Mensch und Maschine (Algorithmen) auf. Hier stellt sich vor allem die Frage, welche Entscheidungen kann und darf man auf eine Maschine bzw. Algorithmen übertragen und in welcher Form. Dazu gibt es derzeit noch keinen gesellschaftlichen Konsens, wiewohl die verfassungsrechtliche Rahmenordnung (insb. die Grundrechte) den Einsatz autonomer Maschinen im öffentlichen Raum absteckt.

Daneben werden auch ethische Fragestellungen (z.B. das Trolley Problem, Probleme durch selbstlernende Algorithmen) diskutiert (siehe dazu Automatisiertes Fahren und Recht, Wien 2017 sowie Ethikbericht Deutschland, Berlin 2017). Davon abgesehen, sind sowohl bereits erfolgte rechtliche Anpassungen (österreichisches Kraftfahrzeuggesetz 1967 in der geltenden Fassung, Dt Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 [BGBl I S 310, 919], das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 17. August 2017 [BGBl I S 3202] geändert wurde, das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr) als auch bestehende Bestimmungen und Grundsätze (zB Vertrauensgrundsatz gem § 3 Straßenverkehrsordnung) relevant für die untersuchten Fragestellungen.

### 8.5.2 Einschränkungen durch den Vertrauensgrundsatz des § 3 StVO

*StVO § 3 Vertrauensgrundsatz.*

(1) Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksichtnahme; dessen ungeachtet darf jeder Straßenbenützer vertrauen, dass andere Personen die für die Benützung der Straße maßgeblichen Rechtsvorschriften befolgen, außer er müsste annehmen, dass es sich um Kinder, Menschen mit Sehbehinderung mit weißem Stock oder gelber Armbinde, Menschen mit offensichtlicher körperlicher Beeinträchtigung oder um Personen handelt, aus deren augenfälligem Gehaben geschlossen werden muss, dass sie unfähig sind, die Gefahren des Straßenverkehrs einzusehen oder sich dieser Einsicht gemäß zu verhalten.

(2) Der Lenker eines Fahrzeuges hat sich gegenüber Personen, gegenüber denen der Vertrauensgrundsatz gemäß Abs.1 nicht gilt, insbesondere durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit und durch Bremsbereitschaft so zu verhalten, daß eine Gefährdung dieser Personen ausgeschlossen ist.

§ 3 StVO normiert den sog. Vertrauensgrundsatz, wonach jeder Straßenbenutzer darauf vertrauen darf, dass alle anderen Straßenbenutzer die einschlägigen Rechtsvorschriften einhalten. Von dieser allgemeinen Regel gibt es allerdings Ausnahmen. Der Straßenbenutzer darf nicht auf regelkonformes Verhalten vertrauen, wenn er davon ausgehen muss, dass es sich um Kinder, Sehbehinderte oder offensichtlich körperbehinderte Personen handelt. Ebenso wenig vertrauen darf der Straßenbenutzer Personen, bei denen aufgrund ihres augenfälligen Gehabes davon auszugehen ist, dass sie die Gefahren des Straßenverkehrs nicht erkennen können.

Während zur Auslegung des Vertrauensgrundsatzes im Zusammenhang mit dem traditionellen Straßenverkehr eine Fülle an Literatur (zB *Steininger*, Vertrauensgrundsatz und Fahrlässigkeit, ZVR 1963, 57; *Lewis*, Der Vertrauensgrundsatz im Straßenverkehr, in FS Burgstaller [2004] 97; *Kaltenegger/Vergeiner*, Der Vertrauensgrundsatz der StVO - Schutz oder Tücke für Kinder, ZVR 2000, 32; *Lotheisen*, Der Vertrauensgrundsatz und seine Konsequenzen, ZVR 1962, 337; *Michalik*, Kindgemäßes Verhalten im Straßenverkehr, ZVR 1994, 59; *Swoboda*, Vertrauensgrundsatz bei Begegnung mit Elektromobil, ZVR 2016, 196; *Hoffer*, Das Vorsicht- und Rücksichtnahmegebot, ZVR 2014, 444;) und Judikatur (zB allgemein 2 Ob 16/92, ZVR 1992/; zu Vertrauensgrundsatz und Kindern OGH 8Ob175/81; 11Os64/63; 2Ob274/70; 11Os10/70; 11Os56/72; zu Vertrauensgrundsatz und Fußgängern 8Ob96/79; 2Ob105/80; 2Ob15/92; 2Ob63/11w) besteht, gibt es zur Frage des Vertrauensgrundsatzes im Zusammenhang mit Automatisierten Fahrzeugen bislang weder Literatur noch Judikatur. Beim Einsatz Automatisierter Fahrzeuge gibt es im Zusammenhang mit dem Vertrauensgrundsatz etliche Fragen. Die zentrale Frage ist, wie die Vorgaben des Vertrauensgrundsatzes effektiv in Algorithmen umgesetzt werden können, dabei stellt insb. das Identifizieren jener Personen ein Problem dar, die vom Vertrauensgrundsatz ausgenommen sind.

Für das Lenken eines Fahrzeuges sind verschiedene Fähigkeiten notwendig, die beim Erlangen einer Lenkberechtigung nachzuweisen sind (theoretische und praktische Unterrichtseinheiten, Wissens- und Fahrprüfung; § 64b Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung (KDVG), §§ 10 f Führerscheinggesetz (FSG). Für das reibungslose Funktionieren des Straßenverkehrs im Allgemeinen und die Einhaltung des Vertrauensgrundsatzes im Besonderen, bedarf es aber noch zusätzlicher Fähigkeiten der Straßenbenutzer. Diese Fähigkeiten eignen sich die Straßenbenutzer in der Regel außerhalb des Fahrprüfungsprozesses an, sie greifen dabei auch auf vergangenes Alltagswissen und Alltagserfahrungen zurück (Fußgänger, Fernsehen, Erzählungen etc). Um insb. den Vertrauensgrundsatz gem § 3 StVO einhalten zu können, bedarf es neben den zuvor erwähnten Fähigkeiten und Wissensbeständen auch kognitiver und intuitiver Fähigkeiten, damit beispielsweise ein Straßenbenutzer erkennen kann, dass ein Ball auf der Straße bedeutet, dass höchstwahrscheinlich Kinder in der Nähe spielen. Diese Fähigkeiten sind nach dem derzeitigen Stand der Technologie kaum umfassend in einem Algorithmus abbildbar.

Im Alltagsstraßenverkehr wird der Vertrauensgrundsatz nicht durchgängig eingehalten, Lenker beachten die rechtlich normierten Ausnahmesituation nicht immer. Die Rechtsordnung löst diese Regelwidrigkeiten so, dass Übertretungen strafbar sind (etwa nach den Strafbestimmungen des § 99 StVO) und bei allfälligen Schäden haftungs- und strafrechtliche Konsequenzen für die Straßenbenutzer drohen (zB §§ 1293 ff ABGB, §§ 1 ff PHG, §§ 1 ff EKHG; sowie §§ 80 und 88 StGB). Bei traditionellen Fahrzeugen trägt die Verantwortung letztlich die LenkerIn. Wenn Aufgaben zunehmend auf Automatisierte Fahrzeuge übertragen werden, verschieben sich auch die strafrechtlichen und haftungsrechtlichen Schadens- und Haftungskonstellationen (*l Eisenberger/Lachmayer/G Eisenberger*

[Hrsg], *Autonomes Fahren und Recht* [2017]). Bei Fragen der Verschuldungshaftung beispielsweise wird es zu einer Verantwortungsverlagerung von LenkerIn auf den ProgrammiererIn, TechnikerIn oder Hersteller kommen und die Produkt- und Gefährdungshaftung sowie Haftungsfonds werden an Bedeutung gewinnen (*Hannoncourt*, *Haftungsrechtliche Aspekte des autonomen Fahrens*, in *I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger [Hrsg], Autonomes Fahren und Recht* [2017] 109).

Im strafrechtlichen Bereich werden vor allem die Sorgfaltsmaßstäbe zunehmen (*Bruckmüller/Schumann*, *Automatisiertes und autonomes Fahren: Strafrechtliche Rahmenbedingungen in Österreich*, in *I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger [Hrsg], Autonomes Fahren und Recht* [2017] 123). Solange das Fahrzeug noch übersteuerbar sein muss (Automatisierungsklasse 3) betreffen diese Sorgfaltspflichten noch die LenkerIn, ab der Automatisierungsklasse 4 gelten beim Einsatz der Automatisierungsfunktionen erhöhte Sorgfaltspflichten auf Seiten der Hersteller und ProgrammiererInnen.

Auch wenn die Rechtsordnung durchaus in der Lage ist, die zuvor dargestellten Problemlagen zu lösen, können diese Lösungen für Opfer und Angehörige von im Verkehr Verunfallten mitunter unbefriedigend sein; schließlich kann es dazu kommen, dass kein personifizierter Verantwortungszusammenhang hergestellt werden kann. Wie mit dem Übertragen von zunehmender Verantwortung an Maschinen/Algorithmen rechtlich umgegangen wird, ist aber in erster Linie eine politische Fragestellung, die letztlich die Gesellschaft und der von ihr demokratisch legitimierte Gesetzgeber zu entscheiden hat.

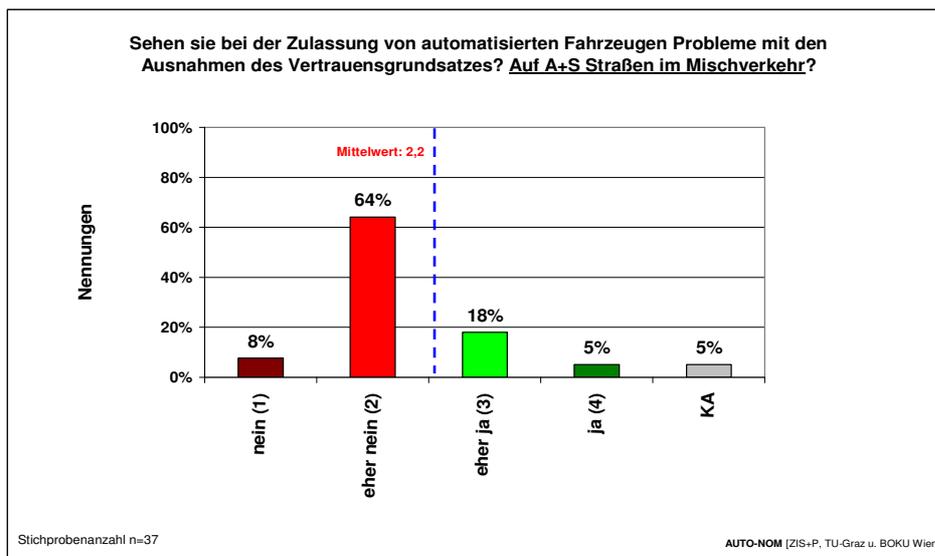
Für die Szenarienentwicklung können für unterschiedliche Straßen- und Straßenumfeldtypen Handlungsspielräume und Vorgaben für Automatisierte Fahrzeuge abgeleitet werden (siehe Tabelle). Siehe dazu auch das Grundprinzip der Verantwortung bzw. die Morphologische Matrix der Verantwortungstypen nach Ropohl.

**Tabelle 8.5-1: Gegenüberstellung der Konfliktpunkte des Automatisierten Fahrens mit dem Vertrauensgrundsatz (§ 3 StVO)**

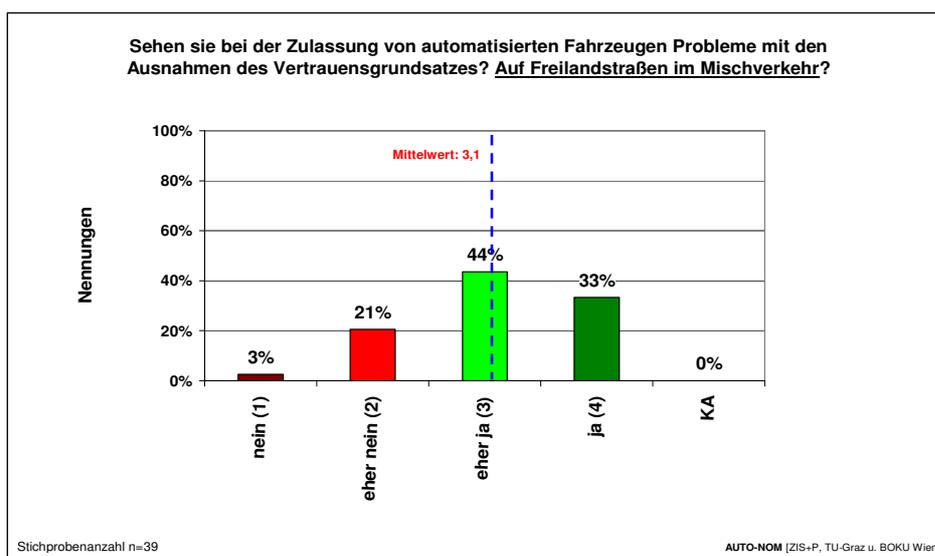
	<b>A+S</b>	<b>Freilandstraßen</b> (außerorts)	<b>Straßen</b> (innerorts)
Konflikte mit dem Vertrauensgrundsatz (insb. im Zusammenhang mit den Ausnahmen, zB Kinder, Seheingeschränkte)	<b>NEIN</b> (weil räumlich getrennt)	<b>JA</b> (Hauszufahrten, Gehwege, Straßenquerungen etc.)	<b>JA</b> (Straßen haben auch Aufenthaltsfunktion)
Beispiele besonderer Konfliktsituationen	Zufahrten zu Parkplätzen und Raststätten, Unfälle mit Personen auf der Fahrbahn, etc.	Fahrradfahrende Kinder (mit Eltern), spielende Kinder bei Hauszufahrten, Wiesen, etc.	Gesamte städtische Gebiet
Reaktionsmöglichkeiten	Reduktion der Geschwindigkeit auf 15km/h (20 km/h) im Bereich der Parkplätze und Raststätten	Keine. Bei den üblichen Geschwindigkeiten gibt es derzeit für diese Fälle keine dem Vertrauensgrundsatz entsprechenden Reaktionsmöglichkeiten	Generelle Reduktion der Geschwindigkeit auf 20 bis 30km/h für automatisierte Fahrzeuge (Klasse 4 und 5)
Infrastrukturelle Anpassung	Z.B. bauliche Sperren (Betonleitwand, Zäune) bei den Zu- und Abfahrten im Bereich, wo die Geschwindigkeiten noch größer als 15km/h (20km/h) sind	Z.B. bauliche Entkopplung des Straßenraums (möglich für Abschnitte zum Lückenschluss, z.B. Stadt > Straße außerorts > A+S Auffahrt > A+S)	Generelle Verbesserung der Sichtverhältnisse in Städten (Kreuzungsbereiche etc.), Adaptierung von Problemstellen (Parkverbote, Heckenschnitt, Adaptierung der Fahrbahnführungen, etc.)
Daraus abgeleitete Rahmenbedingungen für die Szenarienentwicklung	<b>Automatisierungsklasse 3, 4 und 5: JA</b> Private Kfz, ÖV und Mobilitätsdienste werden einbezogen	<b>Automatisierungsklasse 3, 4 und 5: Nein</b> Private Kfz und Mobilitätsdienste werden <b>nicht</b> einbezogen, (Ausnahme liniengebundener ÖV)	<b>Automatisierungsklasse 3, 4 und 5: JA</b> Private Kfz, ÖV und Mobilitätsdienste werden einbezogen

**Einschätzung der Befragten der Delphibefragung:** Hier zeigte sich, dass die Probleme mit dem Vertrauensgrundsatz in den Straßen (innerorts) deutlich problematischer (Mittelwert: 3,6, siehe Abbildung 7.12-3) eingeschätzt wurde als auf den Straßen (außerorts, Mittelwert 3,1, siehe Abbildung 7.12-2). Bei den Autobahnen und Schnellstraßen werden von den Befragten eher keine Probleme erwartet (Mittelwert 2,2, siehe Abbildung 7.12-1).

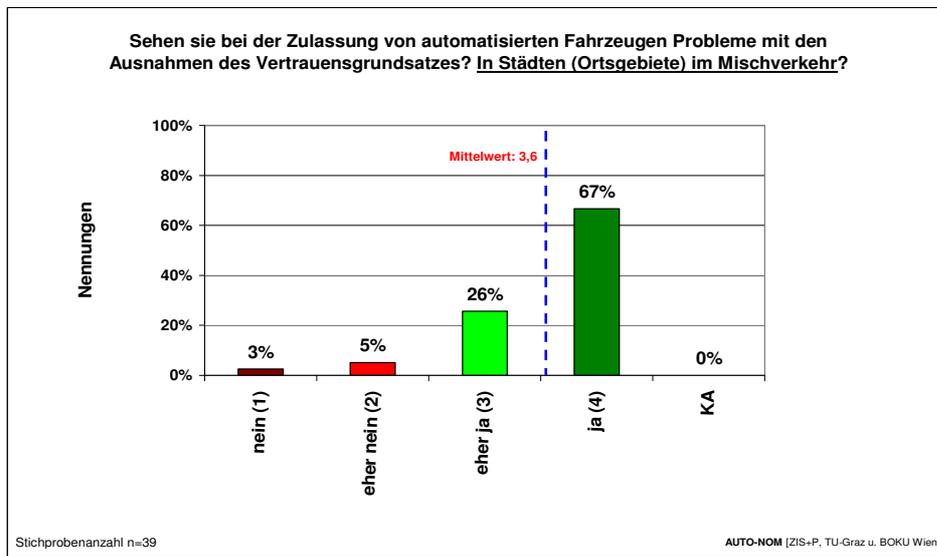
**Abbildung 8.5-1: Ergebnis Delphibefragung AUTO-NOM 2017: Sehen Sie bei der Zulassung von Automatisierten Fahrzeugen Probleme mit den Ausnahmen des Vertrauensgrundsatzes auf A+S Straßen (im Mischverkehr)?**



**Abbildung 8.5-2: Ergebnis Delphibefragung AUTO-NOM 2017: Sehen Sie bei der Zulassung von Automatisierten Fahrzeugen Probleme mit den Ausnahmen des Vertrauensgrundsatzes auf Freilandstraßen, außerorts (im Mischverkehr)?**



**Abbildung 8.5-3: Ergebnis Delphibefragung AUTO-NOM 2017: Sehen Sie bei der Zulassung von Automatisierten Fahrzeugen Probleme mit den Ausnahmen des Vertrauensgrundsatzes? In Städten (Ortsgebieten) im Mischverkehr?**

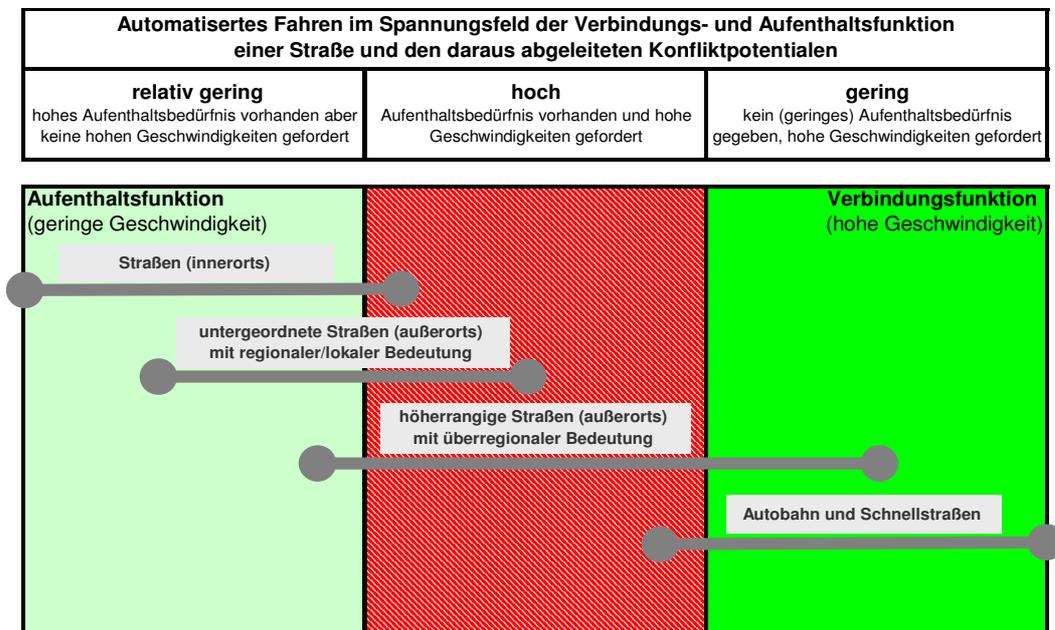


### 8.5.3 Spannungsfeld für die Verbindungs- und Aufenthalt Funktion einer Straße unter dem Gesichtspunkt des Vertrauensgrundsatzes

Betrachtet man den Vertrauensgrundsatz zusammen mit dem Straßentyp und den abgeleiteten Anforderungen der Aufenthalts- und Verbindungsfunktion einer Straße, kann der Problembereich des Automatisierten Fahrens, insbesondere bei den Automatisierungsklassen 4 und 5, deutlich identifiziert werden. Dieses Konfliktpotential liegt bei den Straßen, bei denen einerseits relativ hohe Geschwindigkeiten angestrebt werden, und auf denen andererseits mit Personen (Fußgänger, Anrainer, etc.) zu rechnen ist. Die Gegenüberstellung in der Abbildung 8.5-4 zeigt, dass Landstraßen (außerorts) in Österreich als problematisch zu betrachten sind. Dabei führen folgende Situationen auf Landstraßen (außerorts) mit höheren zulässigen Geschwindigkeiten zu Konfliktfällen mit dem Vertrauensgrundsatz bzw. der erforderlichen Identifikation der vom Vertrauensgrundsatz ausgenommenen VerkehrsteilnehmerInnen:

- FußgängerInnen am Straßenrand
- Wartende Personen im Bereich von ÖV-Haltestellen
- Querende FußgängerInnen (freier Strecke, Schutzwege)
- BewohnerInnen (Kinder) im Bereich von Wohnhäusern im Bereich der Straße

**Abbildung 8.5-4: Konfliktpotentiale im Spannungsfeld der Verbindungs- und Aufenthaltsfunktion einer Straße unter dem Gesichtspunkt des Vertrauensgrundsatzes**



Das Ergebnis dieser Betrachtung zeigt, dass neben den ethischen Fargstellungen auch noch eine Adaptierung des Vertrauensgrundsatzes notwendig ist, bevor Automatisiertes Fahren im direkten Umfeld mit Personen bei höheren Geschwindigkeiten möglich sein wird. Dazu muss gewährleistet sein, dass die Algorithmen auch bei höheren Geschwindigkeiten (z.B. 100km/h) in der Lage sind Kinder, Menschen mit Sehbeschränkung, Menschen mit offensichtlicher körperlicher Beeinträchtigung etc. rechtzeitig eindeutig identifizieren zu können. Zusätzlich müssen die daraus abgeleiteten erforderlichen Maßnahmen (derzeit eine starke Reduktion der Fahrgeschwindigkeit) auch verträglich für alle anderen VerkehrsteilnehmerInnen implementiert werden können (z.B. manuell gelenkte Fahrzeuge). Aufgrund der rechtlichen Erfahrungen muss man davon ausgehen, dass die dafür notwendigen Anpassungen und gesellschaftliche Konsensfindung nicht in dem zeitlichen Rahmen der Szenarientwicklung umgesetzt werden können (Zeithorizont 2040).

*Hinweis:* Für die weiteren Modellbetrachtungen wird daher das Automatisierte Fahren der Automatisierungsklasse 4 und 5 auf Straßen im Ortsgebiet und auf Autobahnen und Schnellstraßen eingeschränkt, Landstraßen (außerorts) werden systembedingt auf Grund der beschriebenen Konfliktpotentiale (Vertrauensgrundsatz, etc.) nicht miteinbezogen. Für die Netzfunktion und Netzsicherheit wäre derzeit auch auf Landstraßen eine Reduktion der Geschwindigkeiten auf 30km/h zwingend erforderlich, dies wäre ein tiefgreifender Eingriff in den bestehenden Verkehrsablauf, der gesellschaftspolitisch derzeit als unrealistisch eingeschätzt wird (Zeithorizont 2040).

## 9 Definition der untersuchten Szenarien

Für die im Kapitel 7 definierten Rahmenbedingungen werden drei Szenarien berechnet. Die verkehrlichen Auswirkungen für das Automatisierte Fahren der Automatisierungsklassen 3 bis 5 stellen das realistische Maximalpotential in der derzeit vorherrschenden verkehrspolitischen, wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Situation dar. Folgende Rahmenbedingungen wurden in der Modellabschätzung berücksichtigt und sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten:

- Die Basisgrundlage ist die für das Jahr 2017 hochgerechnete Verkehrsnachfrage (Basis: Österreich Unterwegs 2013/2014. bmvit 2014);
- die Wirtschaftsentwicklung folgt dem bestehenden Trend;
- das Durchschnittseinkommen folgt dem bestehenden Trend;
- der Pkw-Privatbesitz entspricht dem Bestand 2017, der schon nahe der Vollmotorisierung liegt;
- das Angebot des ÖV (Linien, Intervalle und Bedienzeiten) bleiben gleich;
- die unterschiedlichen Ausprägungen der zukünftig möglichen Automatisierten Mobilitätsdienste werden in drei Hauptgruppen abgeschätzt und als Automatisierte Mobilitätsdienste (aMoDi) zusammengefasst ausgewiesen.

### 9.1 Grundszenarientypen

Es werden zwei Typen als Grundszenarien entwickelt:

- **100%-Szenarien:** Dieser Szenarien-Typ basiert auf einer 100% Verfügbarkeit und Nutzung der Fahrzeugangebote der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5.
- **Real-Szenarien:** Bei diesem Szenarien-Typ wird eine realistische geringere Durchdringung der Verfügbarkeit und Nutzung als Mischszenarien der Automatisierungsklassen für die Jahre 2030, 2035 und 2040 abgebildet. Dieser Szenarien-Typ bildet die Grundlage für die Abschätzung der THG-Auswirkungen.

Grundlage der Abschätzung der Verkehrsnachfrage für die beiden Szenarien-Pakete bilden die Daten aus der Mobilitätserhebung "Österreich Unterwegs 2013/2014" (bmvit 2014), die für das Jahr 2017 hochgerechnet und für die die Verkehrsleistung des A+S-Netzes in vereinfachter Form abgeschätzt wurde. Die Ergebnisse werden für folgende drei räumliche Einheiten ausgewiesen:

- **Gesamtösterreich**
- **Städte größer 10.000 Einwohner**
- **Autobahnen und Schnellstraßen (A+S).**

*Hinweis:* Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass auf Basis des zu Grunde liegenden Datensatzes (Österreich Unterwegs 2013/14) systembedingt nur das Verhalten der ÖsterreicherInnen abgebildet wird. Für die räumliche Einheit der A+S-Straßen erfolgte jedoch eine Hochrechnung auf den gesamten Pkw-Verkehr (inkl. Ziel-, Quell- und Durchgangsverkehr der NichtösterreicherInnen).

**Tabelle 9.1-1: Gegenüberstellung der 100%-Szenarien**

Verkehrsnachfrage (Basis 2017)	Automatisierungsklasse mit zeitlich realem Durchdringungs- bzw. Nutzungspotential			
	manuell	3	4	5
<b>100%-Szenarien</b>	Szenario m0	<b>Szenario a3-100%</b> (Vollnutzung)	<b>Szenario a4-100%</b> (Vollnutzung)	<b>Szenario a5-100%</b> (Vollnutzung)
<b>Real-Szenarien 2030, 2035 u. 2040</b>	Szenario m0	<b>Szenario a3-2030</b> (Nutzung 2030)	<b>Szenario a4-2035</b> (Nutzung 2035)	<b>Szenario a5-2040</b> (Nutzung 2040)

## 9.2 Methode für die Abschätzung der Auswirkungen des Automatisierten Fahrens auf die Verkehrsnachfrage

Für die Abschätzung der Auswirkungen der definierten Szenarien auf die Verkehrsnachfrage wurde auf Basis der Mobilitätsdaten Österreich Unterwegs 2013/14 eine Methode entwickelt. Grundlage dazu bildeten Ergebnisse der Literatur auf Verhaltensänderungen, die Ergebnisse der Abschätzungen der durchgeführten Delphibefragung von ExpertInnen, Erfahrungen aus den zu erwartenden Verhaltensänderungen mit Hilfe von Verkehrsmodellierung und die identifizierten Veränderungswirkungen abgeleitet aus den Betrachtungen zur Infrastruktur, der Mobilitätsdienste und den rechtlichen Rahmenbedingungen.

Dazu werden die Verlagerungseffekte der bestehenden Verkehrsnachfrage der signifikanten Nutzergruppen getrennt nach klassischen Verkehrsmitteln ermittelt. Als Grundlage dienen Elastizitäten für die Reisezeit- und Wegekosten. Ausgangspunkt ist eine Analyse verhaltensrelevanter Ergebnisse von „Stated Preference-Analysen“, bei der Verkehrsverhaltensänderungen für verkehrsplanerische Fragestellungen untersucht wurden.

Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass Verkehrsverhaltensänderungen schwerpunktmäßig von den Einflussfaktoren Reisezeit und Wegekosten, aber auch Information und Komfort abhängig sind. Daraus kann abgeleitet werden, dass diese Faktoren auch beim Einsatz von Automatisierten Fahrzeugen mit hoher Wahrscheinlichkeit gelten müssen (Sammer et al. 2012, Sammer et al. 2003).

Diese Verkehrsverhaltensänderungen zeigen sich als Substitutions-, Verlagerungs- und Induktionseffekte für die Verkehrsnachfrage der relevanten Verkehrsmittel. Damit können verhaltensrelevante Einflüsse des Automatisierten Fahrens, wie Verfügbarkeit, Zeit- und Nutzerkostenänderung, Akzeptanz, Informationsqualität, Pünktlichkeit etc. und deren Verhaltenselastizität abgeschätzt werden. Generell wurden die Verlagerungswirkungen des MIV inkl. Taxi, ÖV sowie in den Städten auch für FußgängerInnen und RadfahrerInnen betrachtet. Die zukünftigen Mobilitätsdienste wurden in drei Gruppen nach Ihrer Funktion als automatisierter Minibus, automatisiertes Sammeltaxi und automatisiertes Taxi zusammengefasst. Diese werden bei der vorliegenden Untersuchung als eigenes Verkehrsmittel mit der Bezeichnung automatisierte Mobilitätsdienste (aMoDi) ausgewiesen. Die Differenzierung erfolgt über die durchschnittliche Besetzung, den Umwegfaktor, die Wartezeit und die

Wegekosten pro Person. Dies ist vor allem bei der Betrachtung des Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistungsbilanzen zu beachten.

Festzuhalten ist, dass die Abschätzung der Verhaltensänderung durch die Einführung von AuFg auf unsicheren Füßen steht. Dies liegt einerseits darin, dass die verhaltensrelevanten Eigenschaften dieser Automatisierung sehr vielfältig sein können und die Konsequenzen für die Nutzer deshalb schwer abzuschätzen sind. Andererseits sind solche Grundlagenuntersuchungen sehr aufwändig. Hier liegt ein Forschungsbedarf vor, der dringend bearbeitet werden soll, wenn man die Konsequenzen und das Lösungspotential des Automatisierten Fahrens durchleuchten und abgesicherte Ergebnisse haben möchte.

**Tabelle 9.2-1: Berücksichtigte Verkehrsverhaltensänderungen nach Verkehrsmittel und Szenarien (Modellabbildung)**

Auswirkungen auf	Durch Angebot automatisierte MIV	Durch Angebot automatisierter ÖV	Durch Angebot automatisierte Mobilitätsdienste: Automatisierter Minibus, automatisiertes Sammeltaxi und Taxi
<b>MIV</b>	<b>Szenarien a3, a4, a5</b> inklusive induzierter Verkehr	<b>Szenarien a3, a4, a5</b> mit Substitutionseffekt der Verkehrs	<b>Szenarien (a4) und a5</b>
<b>ÖV</b>	<b>Szenarien a3, a4, a5</b>	<b>Szenarien a3, a4, a5</b>	<b>Szenarien (a4) und a5</b>
<b>Rad</b>	keine signifikante Änderung	nicht signifikant	<b>Szenario a5</b> in Städten
<b>Fuß</b>	keine signifikante Änderung	nicht signifikant	<b>Szenario a5</b> in Städten

Durch die vielfältigen Möglichkeiten und Rahmenbedingungen des AuFa entstehen Veränderungen im Verkehrssystem, die bei der Marktdurchdringung der Real-Szenarien auch auf den nichtautomatisierten Verkehr wirken. Daher sind die ausgewiesenen Veränderungen der Verkehrsnachfrage als Summenwirkung automatisierter Verkehrsmittel und nicht automatisierter Verkehrsmittel zu betrachten. Der Anteil der Verkehrsmittel wird über die zu erwartende Durchdringungsrate für den MIV und die Automatisierten Mobilitätsdienste für das jeweilige Bezugsjahr abgeschätzt.

## 9.3 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien)

Für die 100%-Szenarien wurde die Verkehrsnachfrage für die Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 modellmäßig ermittelt. Das Ergebnis zeigt, dass bei den drei untersuchten 100%-Szenarien eine Zunahme des Verkehrsaufkommens und der Fahrzeug-Verkehrsleistung zu erwarten ist. Die Verkehrsnachfrage und die Verkehrsleistungen der österreichischen Wohnbevölkerung wurde aus der Mobilitätsenerhebung "Österreich Unterwegs 2013/2014" (bmvit 2014) ermittelt und auf das Jahr 2017 hochgerechnet.

### 9.3.1 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Österreich

**Verkehrsaufkommen Österreich** (Bezug: Wohnbevölkerung von Österreich 2017):

Für das Verkehrsaufkommen von Österreich, gemessen in Wege/Jahr wird eine Zunahme von ca. +0,1% bis ca. +3,0% Wege/Jahr, je nach Automatisierungsstufe, gegenüber dem Referenzszenario m0 durch AuFa prognostiziert (Abbildung 9.3-1 und Tabelle 9.3-1). Diese Zunahme entsteht durch induzierten Verkehr auf Basis des Angebotes neuer automatisierter Verkehrsmittel, die insgesamt verkehrsinduzierend wirken.

**Fahrzeug-Verkehrsleistungen für Österreich** (Bezug: Wohnbevölkerung von Österreich 2017):

Die Fahrzeug-Verkehrsleistung durch AuFa, gemessen in Fahrzeug-km/Jahr, zeigt für Österreich eine Zunahme von ca. +0,3% bis ca. +8,9% der Verkehrsleistung für die einzelnen Automatisierungsstufen gegenüber dem Referenzszenario m0 (siehe Abbildung 9.3-2 und Tabelle 9.3-1). Die Ursache liegt darin, dass sich durch das neue automatisierte Verkehrsangebot auch die Fahrtweiten verlängern.

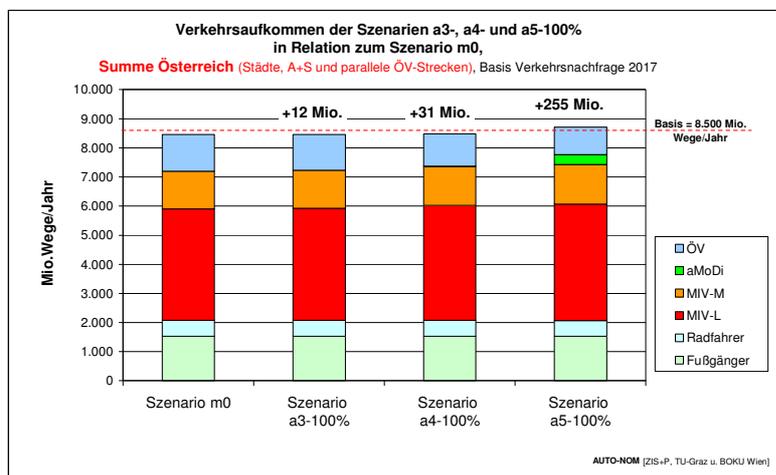
**Modalsplit für Österreich** (Bezug: Wohnbevölkerung von Österreich 2017):

Bei der Abschätzung des Modal Split zeigt sich, dass es durch die Automatisierten Mobilitätsdienste (aMoDi) zu Verschiebungen kommt (siehe Abbildung 9.3-3). Der Anteil der Mobilitätsdienste liegt im Bereich von 0,2% (Szenario a4-100%) und 4% (Szenario a5-100%). Der MIV-Anteil steigt bedingt durch das AuFa bei den MIV-LenkerInnen von 45% auf 46% und bei den MIV-MitfahrerInnen von 15% auf 16%. Ein relativ starker Rückgang ist beim ÖV zu erwarten. Hier wird für die 100% Szenarien eine Reduktion des ÖV-Anteils von 15% auf 11% prognostiziert. Bei den RadfahrerInnen und FußgängerInnen sind ebenfalls geringe Rückgänge zu erwarten. Das erklärt sich dadurch, dass sich die Entwicklungsdynamik des AuFa primär in dem Angebot attraktiver neuer Autos niederschlägt. Dieses Angebot verspricht den potentiellen NutzerInnen einen zusätzlichen subjektiven Nutzen. Beim herkömmlichen öffentlichen Verkehr wird sich durch das AuFz für die Nutzer kein wesentlich neues, verbessertes Angebot bieten. Die möglichen Kostensenkungen kommen primär dem Betreiber zu Gute, die nur teilweise in ein verbessertes Angebot umgesetzt werden. Letzteres ist insbesondere durch die gesteigerte Konkurrenz des automatisierten MIV nur in Ausnahmefällen zu erwarten.

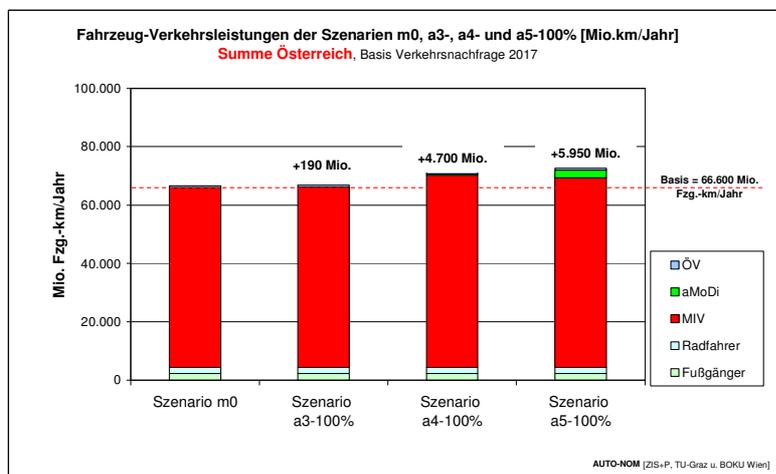
**Tabelle 9.3-1: Ergebnis der 100% Szenarien für Gesamtösterreich, unterschieden nach den Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% in Relation zum Referenzszenario m0 für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**

Summe Österreich	100% Szenarien			
	Referenzszenario m0	a3-100% (Klasse 3)	a4-100% (Klasse 4)	a5-100% (Klasse 5)
Verkehrsaufkommen Wege/Jahr	8.500 Mio.	+12 Mio.	+31 Mio.	+255 Mio.
		+0,1%	+0,4%	+3,0%
Verkehrsleistung Fzg.-km/Jahr	66.600 Mio.	+190 Mio.	+4.700 Mio.	+5.950 Mio.
		+0,3%	+7,1%	+8,9%

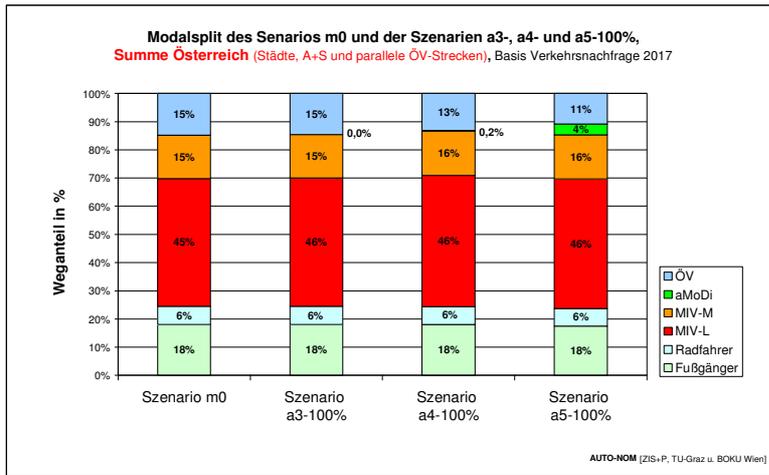
**Abbildung 9.3-1: Verkehrsaufkommen der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% in Relation zum Referenzszenario m0 für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.3-2: Fahrzeug-Verkehrsleistung der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% in Relation zum Referenzszenario m0 für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.3-3: Modalsplit des Referenzszenarios m0 und der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



Die detaillierten Verlagerungseffekte für die Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% sind im Anhang dargestellt. Es zeigt sich, dass vom ÖV starke Verlagerungseffekte zu den automatisierten Mobilitätsdiensten, aber auch zum automatisierten MIV zu erwarten sind. Da bei der Szenarientwicklung definiert wurde, dass die Qualität des bestehenden ÖV-Systems (Linien, Takt, Betriebszeiten) erhalten bleibt bzw. durch neue Angebote, wie automatisierter ÖV und automatisierte Minibusse erweitert wird, ergeben sich für das ÖV-System insgesamt keine Reduktion der Fahrzeug-Verkehrsleistungen.

### 9.3.2 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen

#### Verkehrsaufkommen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Für das Verkehrsaufkommen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen wird eine Zunahme abhängig von der jeweiligen Automatisierungsstufe von ca. +0,3% (3), +0,5% (4) und +6,1% (5) der Wege/Jahr gegenüber dem Referenzszenario m0 prognostiziert (siehe Tabelle 9.3-1 und Abbildung 9.3-4). Hier zeigt sich, dass insbesondere die neuen Mobilitätsmöglichkeiten des lenkerlosen Fahrens (Automatisierungsstufe 5) starke Veränderungen mit sich bringen. Es wirkt insbesondere der induzierte Verkehr, auf Basis des Angebotes neuer automatisierter Verkehrsmittel (z.B. aMoDi).

#### Fahrzeug-Verkehrsleistungen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Bei den Fahrzeug-Verkehrsleistungen zeigt sich ein ähnliches Bild, durch AuFa werden für die Städte eine Zunahme der Verkehrsleistungen von ca. +1,5% bis ca. +20,6% gegenüber dem Referenzszenario m0 prognostiziert (siehe Tabelle 9.3-1 und Abbildung 9.3-5). Die Ursache liegt vor allem darin, dass insbesondere durch die Verlagerung vom ÖV mit einer hohen Besetzungsgrad zu den automatisierten Mobilitätsdiensten mit einem deutlich geringeren Besetzungsgrad die Fahrzeug-Verkehrsleistung stärker steigt als die Anzahl der Wege.

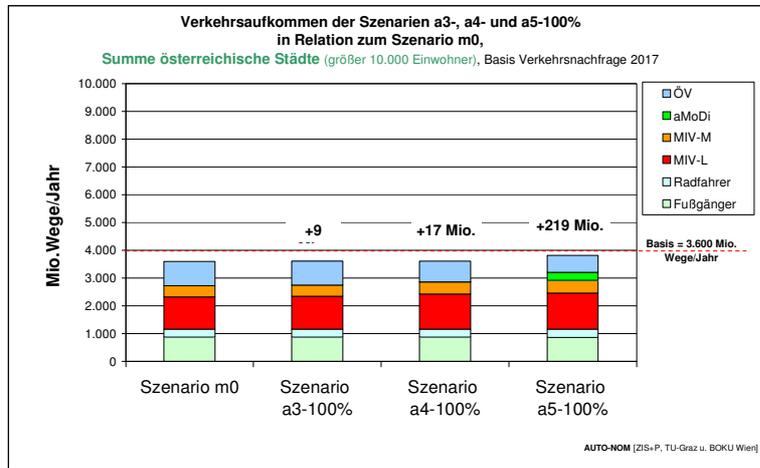
#### Modalsplit für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Bei der Abschätzung des Modalsplit zeigt sich in den österreichischen Städten, dass es durch die Automatisierten Mobilitätsdienste (aMoDi) zu deutlichen Verschiebungen kommt (siehe Abbildung 9.3-6). Der Anteil der Mobilitätsdienste liegt im Bereich von ca. 0,3% (Szenario a4-100%) und ca. 8% (Szenario a5-100%). Der MIV-Anteil steigt bedingt durch das AuFa bei den MIV-LenkerInnen von 32% (Szenario a4-100%) auf 35% bzw. 34% (Szenario a5-100%). Beim ÖV ist ein sehr starker Rückgang zu erwarten. Hier wird für die 100% Szenarien eine Reduktion des ÖV-Anteils von 24% auf bis zu 16% prognostiziert. Bei den RadfahrerInnen und FußgängerInnen sind geringe Rückgänge um bis zu ca. 1% zu erwarten. Das erklärt sich dadurch, dass die Entwicklungsdynamik des AuFa in den Städten stark durch die aMoDi geprägt sein wird, die auf Grund der konkurrenzfähigen Kosten in einem direkten Konkurrenzverhältnis mit dem ÖV stehen. Beim automatisierten ÖV selbst ist zu erwarten, dass die reduzierten Kosten nur teilweise in ein verbessertes Angebot umgesetzt werden.

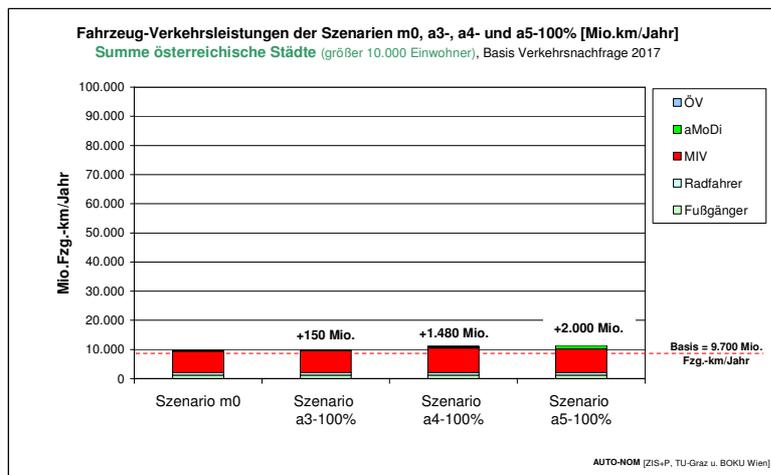
**Tabelle 9.3-2: Ergebnis der 100% Szenarien für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**

Städte (>10.000EW)	Szenario m0	Szenario a3-100%	Szenario a4-100%	Szenario a5-100%
Wege/Jahr	3.600 Mio.	+9 Mio.	+17 Mio.	+219 Mio.
		+0,3%	+0,5%	+6,1%
Fzg.-km/Jahr	9.700 Mio.	+150 Mio.	+1.480 Mio.	+2.000 Mio.
		+1,5%	+15,3%	+20,6%

**Abbildung 9.3-4: Verkehrsaufkommen der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% in Relation zum Referenzszenario m0 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**

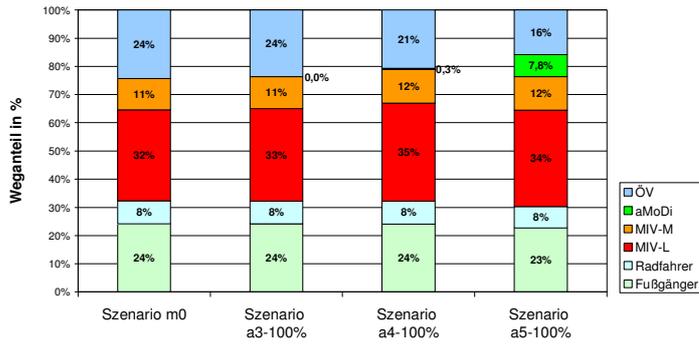


**Abbildung 9.3-5: Fahrzeug-Verkehrsleistung der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% in Relation zum Referenzszenario m0 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.3-6: Modalsplit des Referenzszenarios m0 und der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbev. in Österreich, 2017)**

**Modalsplit des Szenarios m0 und der Szenarien a3-, a4- und a5-100%,  
Summe österreichische Städte (größer 10.000 Einwohner), Basis Verkehrsnachfrage 2017**



AUTO-NOM [ZIS+P, TU-Graz u. BOKU Wien]

### 9.3.3 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der 100%-Szenarien für Autobahn und Schnellstraßen (A+S)

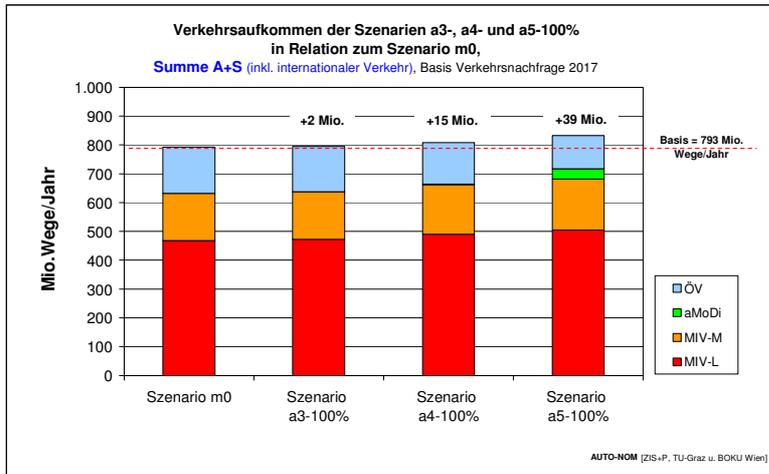
Bei den A+S Straßen wurde auch der Anteil des Verkehrs der NichtösterreicherInnen auf den Autobahnen und Schnellstraßen miteinbezogen. Das Ergebnis zeigt, dass das Verkehrsaufkommen auf den A+S zwischen +0,3% bei Automatisierungsklasse 3 und +4,9% bei Automatisierungsklasse 5 zunehmen wird (siehe Tabelle 9.3-3 und Abbildung 9.3-7). Diese Zunahmen sind relativ betrachtet deutlich größer als für Österreich insgesamt. Das erklärt sich durch die größere Affinität der des AuFa gegenüber dem A+S in Relation zum gesamten Straßennetz. Markant fällt auf, dass für die Automatisierungsstufe 3 relativ wenig Veränderung zu erwarten ist, weil für die Automatisierungsstufe 3 eine Reihe von derzeit nicht zufriedenstellenden Fragen, wie die Sichtweitenproblematik und die damit verbundene starke Reduktion der Geschwindigkeit verbunden ist. Für die Automatisierungsstufen 4 und 5 stellt dies kein Problem dar, was sich in einem deutlich höheren Verkehrsaufkommen niederschlägt. Deutlich zeigt sich, dass der MIV-L vom automatisierten Fahren am meisten profitiert. Die Veränderungen des Modalsplits auf den A+S Straßen selbst sind hier auf Grund des geringen ÖV-Anteils auf diesen nicht signifikant.

Die Kfz-Verkehrsleistung auf dem A+S-Netz sind für die Automatisierungsstufen 4 und 5 sehr große Zuwächse zwischen 10,1 und 12,3% zu erwarten (siehe Tabelle 9.3-3 und Abbildung 9.3-8). Markant fällt auf, dass Mobilitätsdienste durch die Automatisierungsklasse 5 auch auf A+S Straßen stark zunehmen. Die Entwicklung der Verkehrsleistung zeigt ein ähnliches Bild.

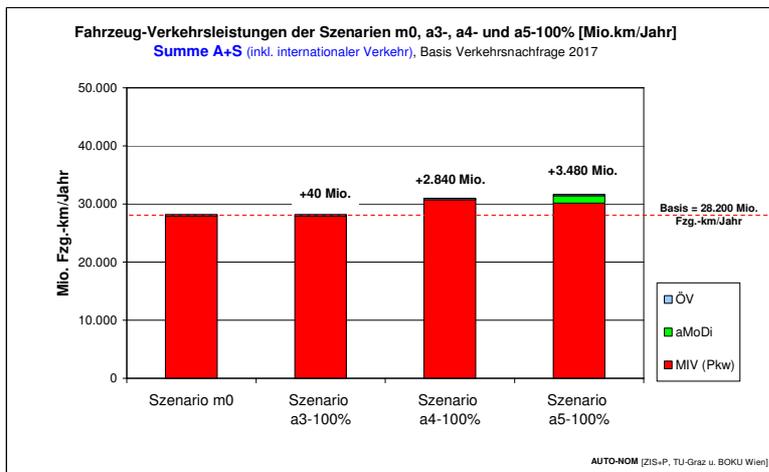
**Tabelle 9.3-3: Ergebnis der 100% Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% für Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich im Vergleich zum Referenzszenario m0 (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**

A+S Strecken (inkl. internationaler Verkehr)	100% Szenarien			
	Referenzszenario m0	a3-100% (Klasse 3)	a4-100% (Klasse 4)	a5-100% (Klasse 5)
Verkehrsaufkommen Wege/Jahr	793 Mio.	+2 Mio.	+15 Mio.	+39 Mio.
		+0,3%	+1,9%	+4,9%
Verkehrsleistung Fzg.-km/Jahr	28.200 Mio.	+40 Mio.	+2.840 Mio.	+3.480 Mio.
		+0,1%	+10,1%	+12,3%

**Abbildung 9.3-7: Verkehrsaufkommen der 100% Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% für Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich in Relation zum Referenzszenario m0 (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**



**Abbildung 9.3-8: Veränderung der Fahrzeug-Verkehrsleistung der 100% Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% für Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich in Relation zum Referenzszenario m0 für Österreich (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**



## 9.4 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens für die Real-Szenarien

Für die Jahre 2030, 2035 und 2040 wurden sogenannte Mischszenarien entwickelt, für die die verkehrlichen Auswirkungen und die THG Emissionen dargestellt werden. Unter „Mischszenarien“ sind die für die Jahre 2030, 2035 und 2040 zu erwartenden Nutzung von Anteilen der AuFz und der traditionellen Fahrzeugen zu verstehen. Im Weiteren wird dies als die „Durchdringungsrate“ von AuFz bezeichnet. Um die verkehrlichen Effekte und Emissionseffekte zu quantifizieren, sind für die Szenarienabschätzung der Anteil der Nutzung der Automatisierten Fahrzeuge der Klassen 3, 4 und 5 in Relation zu den manuell gelenkten Fahrzeugen ein bestimmender Faktor. Generell wird davon ausgegangen, dass beim MIV (Pkw) die Durchdringung über die Marktentwicklung (Angebot, Fahrzeughaltedauer, etc.) abgeleitet werden kann. Bei den Automatisierten Mobilitätsdiensten (aMoDi) wird eine schnellere Akzeptanzrate prognostiziert, weil hier die Betriebsdauer der Fahrzeuge geringer und diese untereinander in einer verstärkten Wettbewerbssituation der Betriebs- und Fahrtkosten stehen. Hier ist natürlich festzuhalten, dass der zeitliche Verlauf der Durchdringung des Marktes mit AuFz von vielen Einflüssen abhängig ist. Dadurch ist auch die Unsicherheit sehr groß. Generell ist aber zu erwarten, dass auf Grund von vielen heute noch nicht absehbaren Entwicklungen der Technologie und der Zulassungsbedingungen eher mit einer längerfristigen Umstellungsphase auf AuFz und deren Nutzung zu rechnen ist.

### 9.4.1 Durchdringungsrate bzw. Nutzung der Automatisierungssysteme der Klasse 3, 4 und 5 beim MIV

Die Prognose dieser zeitlichen Entwicklung ist schwierig und mit vielen Unsicherheiten behaftet, wie die Prognose der technischen Entwicklung, der rechtlichen Integration auf internationaler Basis, der Akzeptanz der NutzerInnen usw. Für die Abschätzung der Real-Szenarien wird daher ein Prognoseansatz entwickelt, bei dem die unterschiedlichen Faktoren global überlagert werden. Die Durchdringungsrate bzw. die Einsatzwahrscheinlichkeit wird in % von allen in Betrieb befindlichen Fahrzeugen angegeben. Dies wurde über den Startzeitpunkt der Nutzung, die angenommene Marktverfügbarkeit der Fahrzeuge, die durchschnittliche Betriebsdauer von Fahrzeugen und über Abschätzung der Nutzungswahrscheinlichkeit abgeleitet. Die Bandbreiten der Einsatzwahrscheinlichkeit (Durchdringungsrate und Nutzerakzeptanz) sind für die Jahre 2030, 2035 und 2040 in Tabelle 9.4-1 ausgewiesen.

**Tabelle 9.4-1: Abgeschätzte Einsatzwahrscheinlichkeit (Durchdringungsrate und Nutzerakzeptanz)**

<b>Einsatzwahrscheinlichkeit für automatisierte Fahrzeuge inklusive Übergang der Automatisierungsklassen von 3 auf 4 bzw. 5</b>			
<b>Fahrzeugklasse</b>	<b>Jahr 2030 Real-Szenario a-2030</b>	<b>Jahr 2035 Realszenario a-2035</b>	<b>Jahr 2040 Realszenario a-2040</b>
<b>Automatisierte Pkw</b>	ca. 10 bis 15%	ca. 25 bis 45%	ca. 65 bis 85%
<b>Automatisierte Mobilitätsdienste</b>	(ca. 30 bis 40%)	(ca. 80 bis 90%)	ca. 95 bis 98%

### Startzeitpunkte der Nutzung

Als erster Schritt erfolgt eine Gegenüberstellung der Abschätzung, wann die betrachteten Automatisierungsklassen aus rechtlicher und technischer Sicht für die Allgemeinheit am Markt mit einem ausreichenden Modellangebot verfügbar sein werden. Der technische Zeitpunkt basiert auf der durchgeführten Literaturrecherche bzw. auf Aussagen der Fahrzeug-, Software-, Systemanbieter sowie auf der ExpertInnenmeinungen der Delphi-Befragung. Grundlage dafür ist ein realistischer Ansatz. Anpassungen, z.B. im Bereich des Vertrauensgrundsatzes, bedürfen eines breiten gesellschaftspolitischen Diskurses, wodurch die rechtliche Vorlaufzeit um eine zusätzliche Unsicherheitskomponente erweitert wird. Deshalb wird ein eher längerfristiger Zeitpunkt der technisch und rechtlich möglichen Umsetzung der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (lt. SAE J3016) als Basis für die weiteren Betrachtungen herangezogen (Tabelle 9.4-2).

**Tabelle 9.4-2: Einschätzung der Startjahre aus rechtlicher und technischer Sicht**

	Automatisierungs- klasse 3		Automatisierungs- klasse 4		Automatisierungs- klasse 5	
	Technisch	rechtlich	technisch	rechtlich	Technisch	rechtlich
<b>A+S Straßen</b>	2018 (<60km/h)	<b><u>2020</u></b>	2020	<b><u>2022</u></b>	2025	<b><u>2025</u></b>
<b>Straßen außerorts</b>	---	---	2030 (<80km/h)	<b><u>(2040)</u></b>	2030 (<80km/h)	<b><u>(2040)</u></b>
<b>Straßen im Ortsgebiet</b>	---	---	2020	<b><u>2022</u></b>	2025	<b><u>2025</u></b>

Bei der Delphibefragung wurden die Zeithorizonte sehr unterschiedlich eingeschätzt, insbesondere bei der Nutzung der AuFz auf Straßen außerorts. Für die weiteren Betrachtungen wurde das jeweils als später angegebene Jahr als Startzeitpunkt für die Abschätzung der Durchdringungskurven herangezogen.

### Durchdringungsraten (Sigmoidfunktion bzw. S-Kurven)

Die Abschätzung der Durchdringungsrate bzw. der generellen Nutzung von AuFz wurde in einem Stufensystem durchgeführt:

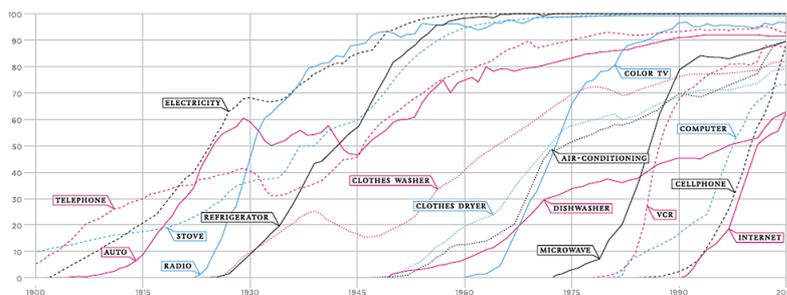
- Verfügbarkeits- und Entwicklungskurven der Automatisierungstechnik der einzelnen Automatisierungsklassen;
- Überlagerung der Verfügbarkeits- und Entwicklungskurven der einzelnen Automatisierungsklassen mit der durchschnittlichen Betriebsdauer der Fahrzeuge in Österreich;
- generell erwartete Nutzerakzeptanz der im Fahrzeug enthaltenen Automatisierungstechnik.

Für diese drei Faktoren werden näherungsweise mathematische Funktionen für eine minimale und maximale Ausprägung ermittelt und überlagert. Für neue automatisierte Pkw-Modelle wird von einer

Entwicklungsphase von ca. 3 bis 4 Jahren ausgegangen, welches danach ca. 8 Jahre lang verkauft wird. Zwischendurch gibt es üblicherweise geringfügige Adaptierungen (Modellpflege etc.).

Als Startzeitpunkte wurde für Österreich bei der Automatisierungsklasse 3 das Jahr 2018, für 4 das Jahr 2022 und für 5 das Jahr 2025 gewählt (Basis: Literaturrecherche, juristische Vorabschätzung, Delphi-Befragung Auto-Nom). Für die technische Verfügbarkeit wird eine Sigmoidfunktion (S-Kurven) als typische „Verbraucherabsatzfunktion“ zu Grunde gelegt, deren Breite minimal mit 16 Jahren (zwei Produktzyklen) und maximal 24 Jahren (drei Produktzyklen) angenommen wurde. D.h. nach ca. 16 bzw. 24 Jahren werden alle neuen Fahrzeuge mit den technischen Fähigkeiten zumindest einer Automatisierungsklasse ausgestattet sein (siehe Abbildungen 8.4-3 und 8.4-4). Die Trendentwicklung der Produktakzeptanz (Entwicklung, Einsatz und der Nutzen) neuer Technologien folgt häufig einer Sigmoidfunktion (S-Kurve), wie es z.B. auch am Beispiel der Motorisierungsentwicklung in vielen Ländern gezeigt werden kann. In der Abbildung 9.4-1 sind Beispiele der Einführung von neuen Technologien in ihrem zeitlichen Verlauf gegenübergestellt.

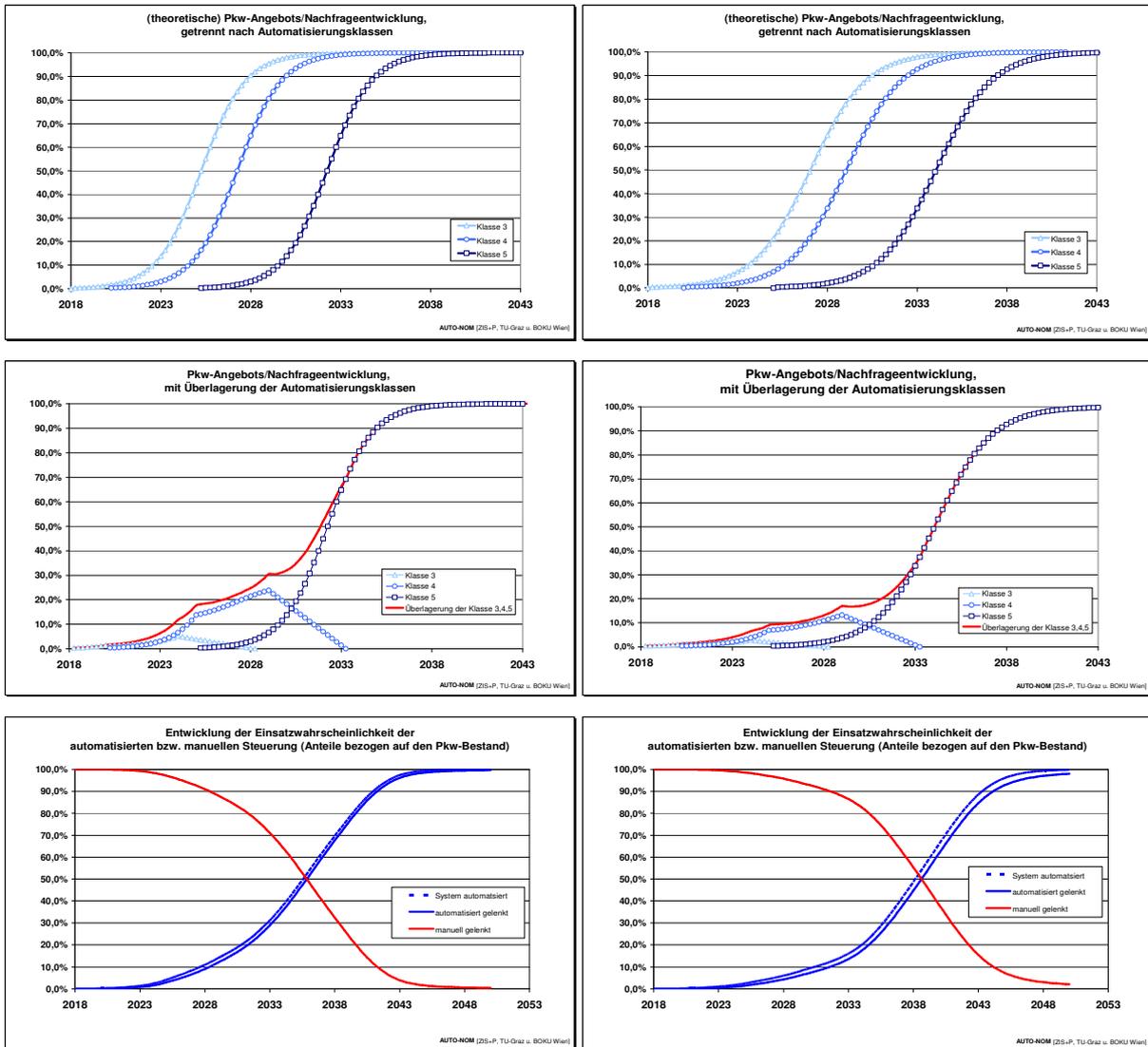
**Abbildung 9.4-1: Nutzerverteilung unterschiedlicher neuer Technologien in den USA (Quelle: Harvard Business Revue)**



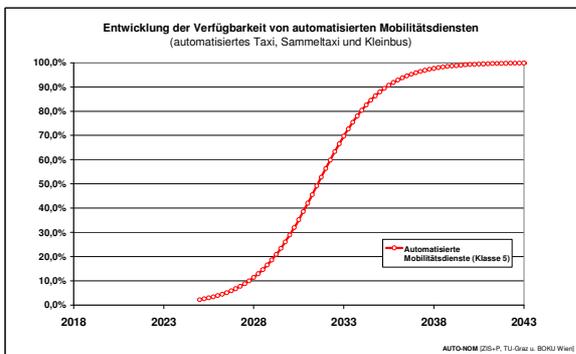
Zwischen den einzelnen Automatisierungsklassen sind zeitliche Überlappungen zu erwarten. Diese werden über die Anzahl der Fahrzeuge auf der Straße näherungsweise abgebildet. Die Technologiesprünge werden als "Modellpflege-Adaptierung" betrachtet und näherungsweise zur nächsten Automatisierungsklasse übergeführt. Dies wird mit der durchschnittlichen Betriebsdauer der Fahrzeuge in Österreich überlagert. Diese beträgt ca. 8 bis 9 Jahre (Quelle: ACEA, Stand 2017).

Auch wenn ein Fahrzeug mit der Fähigkeit zum AuFa ausgestattet ist, werden diese Funktionen nicht von allen aktiv genutzt. Das hängt einerseits mit dem Vertrauen und andererseits mit der Qualität der technischen Umsetzung zusammen. Man kann davon ausgehen, dass die durchschnittliche Nutzung auf den relevanten Streckenabschnitten je nach Fahrsituation im Laufe der Zeit einer Approximationsfunktion folgend steigen wird. Dazu wurde eine Nutzenfunktion abgeschätzt, deren minimale und maximale Ausprägungen in den Abbildungen 9.4-2 und 9.4-3 dargestellt sind. Die Überlagerung dieser Funktionen ergibt die Basisgröße der Durchdringung bzw. den Anteil der Nutzung für die Szenarien für jene Gebiete/jene Streckenabschnitte, bei denen Automatisiertes Fahren technisch möglich und erlaubt ist oder sinnvoll eingesetzt werden kann. Abhängig von der Ausprägung ergibt sich ein geschätzter Zeitraum von 2036 bis 2039, in dem mehr als 50% der Fahrzeuge automatisiert gelenkt werden.

**Abbildung 9.4-2: Angenommene Einsatzwahrscheinlichkeit automatisierter PKW (Automatisierungsklassen 3 bis 5) für die Prognosebandbreite einer "stetigen" und einer "progressiven" Akzeptanz der Technologienutzung**



**Abbildung 9.4-3: Angenommene Einsatzwahrscheinlichkeit automatisierter Mobilitätsdienste (automatisiertes Taxi, Sammeltaxi und Minibusse)**



Für die Durchdringungsrate der Bezugsjahre 2030, 2035 und 2040 wurde die Veränderung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistungen abgeschätzt. Grundlage und Referenz dazu ist die Verkehrsnachfrage 2017 (m0-2017), für die keine globalen Zu- und Abnahmen einbezogen wurden, damit allein die Effekte durch das Automatisierte Fahren identifiziert und bewertet werden können.

#### **9.4.2 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich**

**Verkehrsaufkommen für Österreich** (Basis: Wohnbevölkerung in Österreich, 2017):

Für das Verkehrsaufkommen von Österreich wird eine Zunahme um +0,8% im Jahr 2030, um +1,7% im Jahr 2035 und um ca.+2,6% im Jahr 2040 gegenüber dem Referenzszenario m0-2017 prognostiziert (Abbildung 9.5-1 und Tabelle 9.5-1). Dies erklärt sich dadurch, dass durch das zusätzliche Angebot AuFz eine gewisse Verkehrsinduktion bewirkt wird.

**Fahrzeug-Verkehrsleistungen für Österreich** (Basis: Wohnbevölkerung in Österreich, 2017):

Für die Verkehrsleistungen durch Automatisiertes Fahren wird für Österreich eine deutlich höhere Zunahme als für das Verkehrsaufkommen erwartet. Dies ist damit begründet, dass der Komfort- und der subjektive Reisezeitgewinn durch AuFa bei längeren Strecken deutlich zunehmen, wodurch ein neu induzierter Verkehr stärker bei längeren Wegen durchschlägt. Für das Jahr 2030 wird eine Zunahme um +1,5% prognostiziert, für das Jahr 2030 ca. +4,2% und für das Jahr 2040 ca. +7,8% gegenüber dem Referenzszenario m0-2017 (Abbildung 9.5-3 und Tabelle 9.5-1).

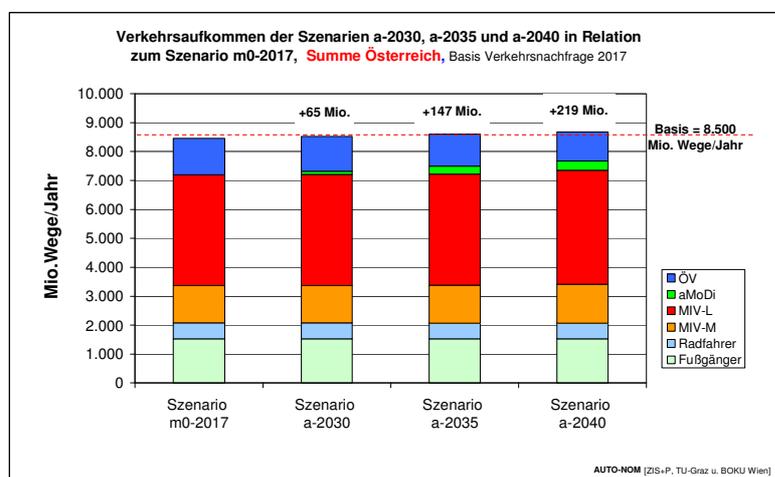
**Modalsplit für Österreich** (Basis: Wohnbevölkerung in Österreich, 2017):

Der Modalsplit zeigt, dass es durch automatisierte Mobilitätsdienste zu Verschiebungen kommt (Abbildung 9.5-3). Der MIV-LenkerInnen- und MitfahrerInnenanteil bleibt insgesamt durch das AuFa in etwa gleich. Dies ist dadurch begründet, dass die Zunahmen teilweise durch die Verlagerungseffekte hin zu den Automatisierten Mobilitätsdiensten (aMoDi) kompensiert werden. Der prognostizierte Anteil der automatisierten Mobilitätsdienste liegt bei ca. 1% (Szenario a-2030), ca. 3% (Szenario a-2035) und ca. 4% (Szenario a-2040). Diese Verlagerung führt zu einem starken Rückgang beim ÖV. Dieser gewinnt zwar, durch automatisierte Liniendienste, in Summe wird ein Rückgang prognostiziert. Ohne Einbeziehung der automatisierten Mobilitätsdienste in das ÖV-Segment ergibt sich eine Reduktion des ÖV-Anteils von ca. 15% auf 14% (Szenario a-2030), auf 13% (Szenario a-2035) und auf 12% (Szenario a-2040). Das bedeutet, dass der ÖV in starker Konkurrenz zu den automatisierten Mobilitätsdiensten steht. Hierbei stellen die Nutzerkosten eine unsichere Größe dar, die das Ergebnis verändern können.

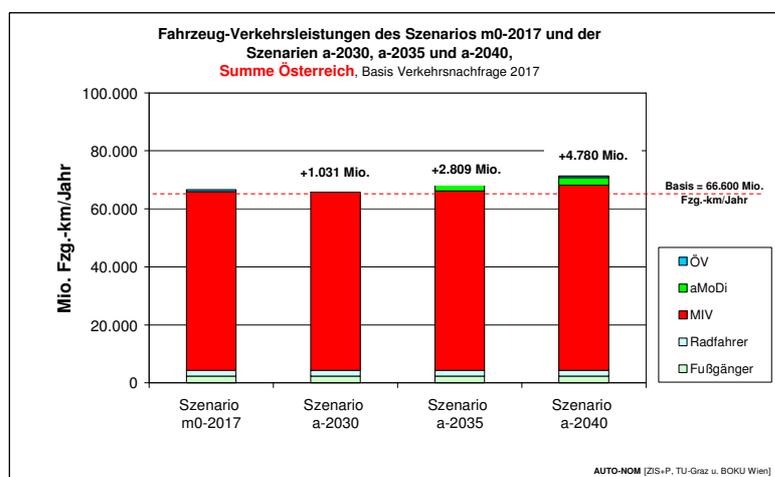
**Tabelle 9.4-3: Ergebnis der Real-Szenarien des Automatisierten Fahrens für die Jahre 2030, 2035 und 2040 für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**

Summe Österreich	Real-Szenarien für die Jahre 2030, 2035 und 2040			
	Referenzszenario m0-2017	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
Verkehrsaufkommen Wege/Jahr	8.500 Mio.	+65 Mio.	+147 Mio.	+219 Mio.
		+0,8%	+1,7%	+2,6%
Verkehrsleistung Fzg.-km/Jahr	66.600 Mio.	+1.031 Mio.	+2.809 Mio.	+4.780 Mio.
		+1,5%	+4,2%	+7,2%

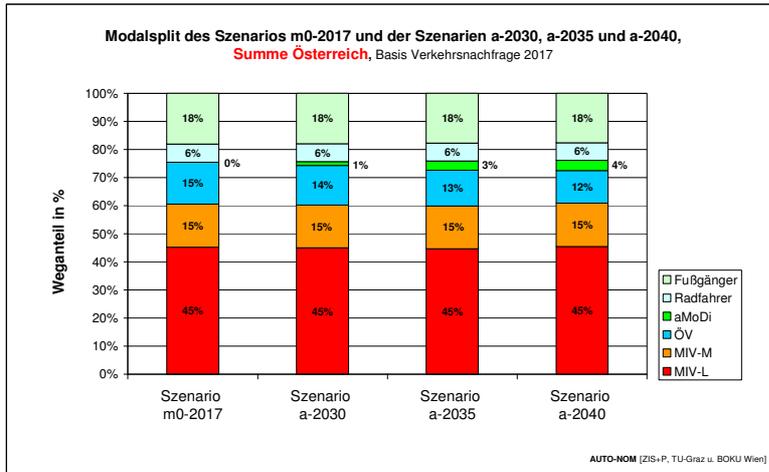
**Abbildung 9.4-4: Verkehrsaufkommen der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich in Relation zum Referenzszenario m0-2017 (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.4-5: Fahrzeug-Verkehrsleistung der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich in Relation zum Referenzszenario m0-2017 (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.4-6: Modalsplit des Referenzszenarios m0 und der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



### 9.4.3 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen

#### Verkehrsaufkommen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Für das Verkehrsaufkommen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen wird eine Zunahme für das Szenario a-2030 von ca. +1,6%, für a-2035 von ca. +3,6% und für a-2040 +5,3% der Wege/Jahr gegenüber dem Referenzszenario m0-2017 prognostiziert (siehe Tabelle 9.4-4 und Abbildung 9.4-7). Hier zeigt sich, dass der Anteil der Nutzung der AuFz der Automatisierungsklasse 5 (insbesondere die aMoDi) die Faktoren für diese Entwicklung sind.

#### Fahrzeug-Verkehrsleistungen in den österreichischen Städten mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Bei den Fahrzeug-Verkehrsleistungen zeigt sich ein ähnliches Bild, durch AuFa werden für die Städte eine Zunahme der Verkehrsleistungen für das Szenario a-2030 von ca. +4,2%, für a-2035 von ca. +11,3% und für a-2040 +17,0% der Wege/Jahr gegenüber dem Referenzszenario m0-2017 prognostiziert (siehe Tabelle 9.4-4 und Abbildung 9.5-8). Die Ursache liegt vor allem darin, dass in den Städten die aMoDi deutlich schneller auf den Markt kommen werden und dadurch in den Städten schon im Jahr 2030 signifikante Auswirkungen auf die Fahrzeug-Verkehrsleistung gegeben sind.

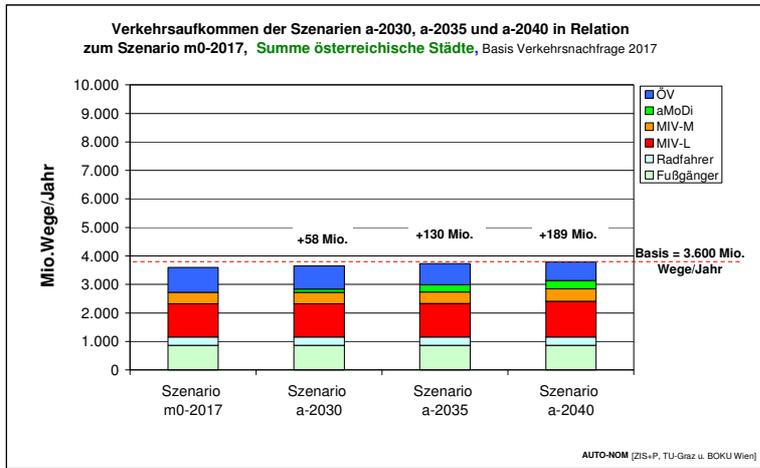
#### Modalsplit für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (2017):

Bei der Abschätzung des Modalsplit zeigt sich in den österreichischen Städten, dass auch bei den Real-Szenarien beim ÖV ein stetiger Rückgang zu beobachten ist, der primär durch die automatisierten Mobilitätsdienste (aMoDi) verursacht wird (siehe Abbildung 9.3-9). Für den ÖV wird für die Real-Szenarien eine Reduktion des ÖV-Anteils von 24% auf bis zu 17% prognostiziert. Der Anteil der Mobilitätsdienste liegt im Bereich von ca. 3% (Szenario a-2030), 7% (Szenario a-2035) und ca. 8% (Szenario a-2040). Der MIV-Lenker-Anteil steigt bis zum Jahr 2040 geringfügig von ca. 32% auf ca. 33%. Bei den RadfahrerInnen und FußgängerInnen sind geringe Rückgänge um ca. 1% zu erwarten.

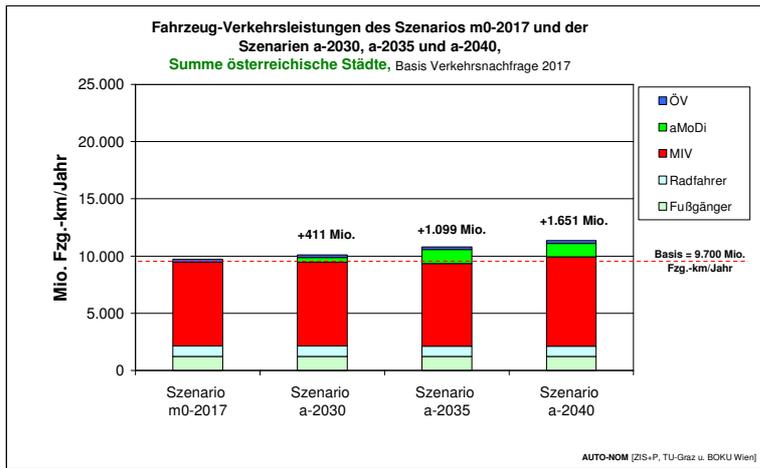
**Tabelle 9.4-4: Ergebnis der Real-Szenarien des Automatisierten Fahrens für die Jahre 2030, 2035 und 2040 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Hauptwohnsitz in Österreich, 2017)**

Städte (>10.000EW)	Real-Szenarien für die Jahre 2030, 2035 und 2040			
	Szenario m0-2017	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
Wege/ Jahr	3.600 Mio.	+58 Mio.	+130 Mio.	+189 Mio.
		+1,6%	+3,6%	+5,3%
Fzg.-km/ Jahr	9.700 Mio.	+411 Mio.	+1.099 Mio.	+1.651 Mio.
		+4,2%	+11,3%	+17,0%

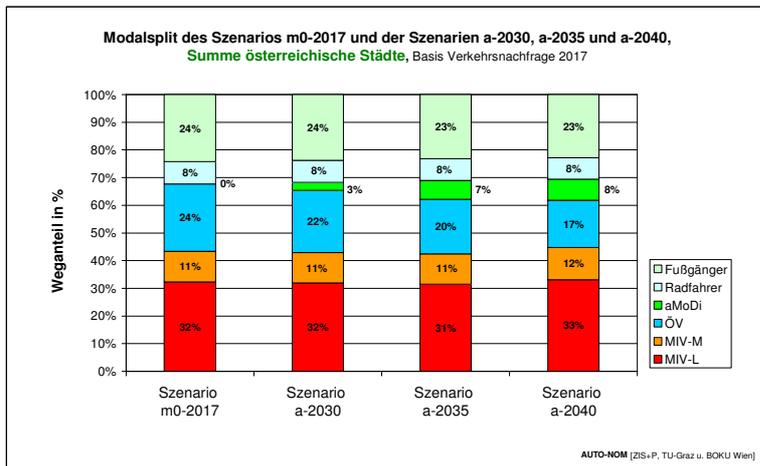
**Abbildung 9.4-7: Verkehrsaufkommen der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 in Relation zum Referenzszenario m0-2017 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.4-8: Fahrzeug-Verkehrsleistung der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 in Relation zum Referenzszenario m0-2017 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbevölkerung in Österreich, 2017)**



**Abbildung 9.4-9: Modalsplit des Referenzszenarios m0-2017 und der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen (Wohnbev. in Österreich, 2017)**



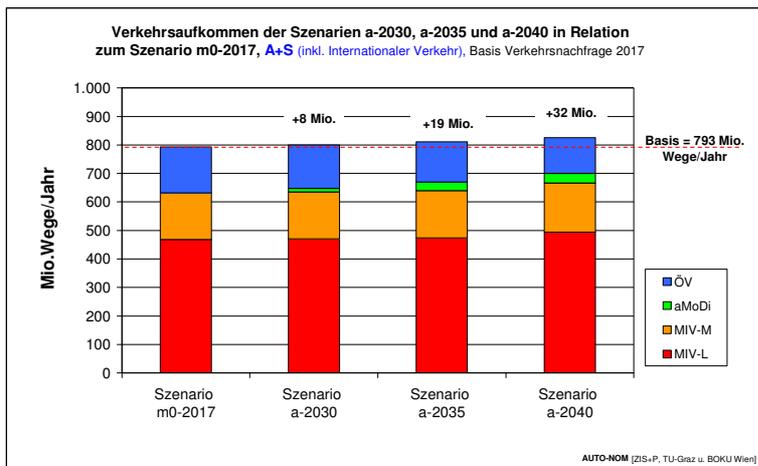
### 9.4.4 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)

Das Ergebnis zeigt, dass das Verkehrsaufkommen auf den A+S beim Szenario a-2030 um ca. +1,0 %, beim Szenario a-2035 um ca. +2,3% und beim Szenario a-2040 um ca. +4,9% zunehmen wird (siehe Tabelle 9.4-5 und Abbildung 9.4-10). Bei den Kfz-Verkehrsleistungen kommt es auf A+S zu Zuwächsen im Bereich zwischen 2,1 und 9,8% (siehe Tabelle 9.4-5 und Abbildung 9.4-11). Auffallend ist, dass Zunahmen relativ stetig verlaufen, dass ist damit zu begründen, dass die Veränderungen durch aMoDi auf A+S deutlich geringer ausfallen. Auf A+S werden die Veränderungen durch die Automatisierung des MIV bestimmt.

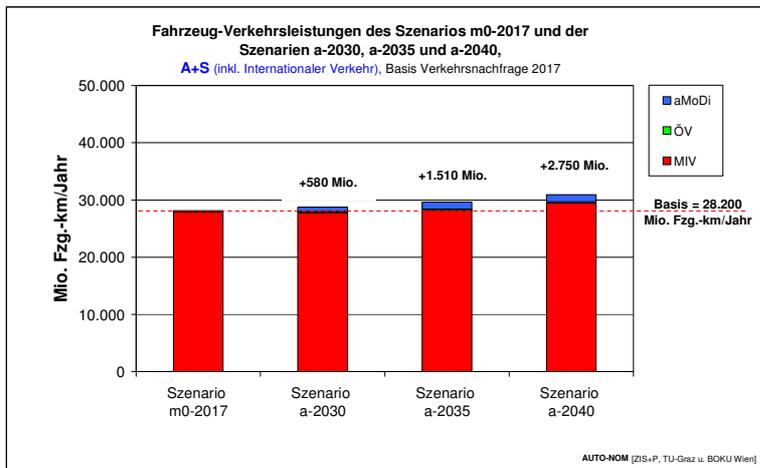
**Tabelle 9.4-5: Ergebnis der Real-Szenarien des Automatisierten Fahrens für die Jahre 2030, 2035 und 2040 für Autobahnen und Schnellstraßen (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**

A+S Strecken (inkl. internationaler Verkehr)	Real-Szenarien für die Jahre 2030, 2035 und 2040			
	Szenario m0-2017	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
Wege/ Jahr	793 Mio.	+8 Mio.	+19 Mio.	+32 Mio.
		+1,0%	+2,3%	+4,1%
Fzg.-km/ Jahr	28.200 Mio.	+580 Mio.	+1.510 Mio.	+2.750 Mio.
		+2,1%	+5,4%	+9,8%

**Abbildung 9.4-10: Verkehrsaufkommen der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 in Österreich in Relation zum Referenzszenario m0-2017 für Autobahnen und Schnellstraßen (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**



**Abbildung 9.4-11: Veränderung der Fahrzeug-Verkehrsleistung der Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 in Relation zum Referenzszenario m0-2017 für Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich (österreichische Wohnbevölkerung und Verkehr der NichtösterreicherInnen 2017)**



## 10 Auswirkungen auf die THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

Die Veränderungen der Kfz-Verkehrsleistungen durch AuFa führen zu Veränderungen der Schadstoffemissionen. Österreich ist einerseits als Mitgliedstaat der EU an ein Klima- und Energiepaket gebunden, dass die THG-Emissionen bezogen auf die Jahre 2020 und 2030 deutlich reduzieren soll. Dies soll indirekt über den Emissionshandel und über Einsparungen der einzelnen Sektoren, auch für den Verkehr, erfolgen. Österreich hat sich andererseits zum Klimaübereinkommen von Paris bekannt, dass bis 2050 nahezu eine THG-Reduktion auf Null vorsieht. Im Projekt Auto-Nom wird der Effekt der THG-Emissionen, einer wesentlichen Komponente der nachhaltigen Entwicklung, abgeschätzt, inwiefern das AuFa für sich betrachtet dazu einen Beitrag für den Sektor Verkehr leisten kann bzw. ob spezielle Rahmenbedingungen für das AuFa notwendig sind, um die angestrebten Ziele zu erreichen. Relevant dazu sind jene von Verkehr verursachten Emissionen von Treibhausgasen. Dazu zählen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und fluorierte Treibhausgase (F-Gase). Diese werden für die Ermittlung der THG-Emissionswerte in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet (Umweltbundesamt "Emissionskennziffern für Verkehrsmittel, Stand 2017"). Auf Basis dieser Werte wurde ein Mischwert für Pkw-Bestand (Benzin: 213 g/Fzg.-km, Diesel: 210 g/Fzg.-km), ÖV (Linienbus, Reisebus und Schiene) und den zukünftigen automatisierten Mobilitätsdiensten abgeleitet (siehe Tabelle 10-1). Die ausgewiesenen Werten entsprechen der Flottenzusammensetzung im Jahr 2017. Für die aMoDi (inkl. Minibusse) wurde auch ein Wert für die CO<sub>2</sub>-Äquivalente abgeschätzt, wenn diese zu 100% als batterieelektrisches Fahrzeug (BEV: battery electric vehicle) betrieben werden.

**Tabelle 10-9.4-1: Spezifische THG-Emissionen je Fahrzeug in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [g/Fzg.-km] der betrachteten Verkehrsmittel (die Werte beinhalten die direkten und indirekten Emissionen)**

	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [g/Fzg.km]
	Jahr 2016/17
<b>MIV</b> (Durchschnitt Diesel und Benzin, Österreich 2017)	212
<b>ÖV</b> (Reise-/Linienbus)	948
<b>ÖV</b> (Schiene)	1551
<b>aMoDi</b> (inkl. Minibusse)	276
<b>aMoDi-BEV,</b> (inkl. Minibusse, österreichische Stromaufbringung)	121

Quelle: Emissionskennziffern, Umweltbundesamt, Stand Juni 2017

Auf Basis dieser mittleren Emissionswerte wurde über die ermittelten Kfz-Verkehrsleistungen der untersuchten Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 die Veränderung der THG-Emissionen abgeschätzt. Dazu werden die Veränderungen der Kfz-Verkehrsleistungen der untersuchten Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040 dem Bestandszenario (m0-2017) gegenübergestellt. Neben den Veränderungen der Verkehrsleistungen wurden auch die Veränderungen der durchschnittlichen

Systemgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Durchdringungsraten und der daraus resultierenden Verbesserung des Verkehrsflusses miteinbezogen. Als Bezugsjahr für den Szenarienvergleich, für die Basis der Verkehrsnachfrage sowie für die THG-Emissionswerte (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) wird das Jahr 2017 herangezogen. Die Entwicklung der Fahrzeug- und Motorentchnik bzw. der Emissionen bis zum Jahr 2040 wurde nicht miteinbezogen, um jene Veränderungen der Treibhausgasemissionen identifizieren zu können, die allein durch das AuFa der untersuchten Real-Szenarien zu erwarten sind. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass in den untersuchten Szenarien bis 2040 von einem Mischverkehr für AuFz und herkömmliche Fahrzeuge auszugehen ist.

## 10.1 THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) für Österreich

Das Ergebnis zeigt, dass durch das AuFa eine Veränderung der Kfz-Verkehrsleistungen bewirkt wird, die in Summe zu einer Erhöhung der THG-Emissionen für alle untersuchten Szenarien führen wird. Unter den definierten Rahmenbedingungen liegen die THG-Emissionen für Gesamtösterreich im Bereich von +261.000 bis +1.053.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr (Tabelle 10.1-1). Das entspricht zwischen + 1,1 und 4,6% der verkehrsbedingten THG-Emissionen, wenn die AuFz mit dem bestehenden überwiegend fossilen Fahrzeug-Antriebsmix (Stand 2017) betrieben werden. Den stärksten Einfluss auf die THG-Emissionen haben der private automatisierte Pkw (MIV), der automatisierte ÖV sowie die automatisierten Mobilitätsdienste (aMoDi). Beim Szenario a-2030 kommt es zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen des MIV, die aber durch die Steigerung bei den aMoDi und dem automatisierten ÖV wieder kompensiert werden (ca. +128.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr). Dies entspricht einer Zunahme von ca. +0,6% gegenüber den verkehrsbedingten THG-Emissionen von Österreich (inkl. Güter- und Durchgangsverkehr). Für die Szenarien a-2035 und a-2040 sind ebenfalls Zunahmen der THG-Emissionen zu erwarten, diese liegen im Bereich von ca. +1,3% bzw. ca. 1,0%. Dies bedeutet, dass durch das AuFa selbst, ohne zusätzliche verkehrliche Maßnahmen oder Vorschriften für die Antriebsart, keine abnehmende Entwicklung für die THG-Emissionen zu erwarten ist. Begründet wird dies damit, dass ohne zusätzliche Maßnahmen die stärksten Verlagerungswirkungen vom ÖV zu den automatisierten Mobilitätsdiensten (aMoDi) sowie zu dem automatisierten MIV zu erwarten sind. Aus den Unterschieden zwischen dem Szenario a-2035 und a-2040 kann abgeleitet werden, dass eine Steigerung der Durchdringungsrate der Automatisierungsklasse 5 beim MIV (private Pkw) die Vorteile der aMoDi umkehren. Daraus kann abgeleitet werden, dass zusätzliche Steuerungsmaßnahmen über die Vorschreibung der Antriebstechnologie für AuFz notwendig sind, um eine Reduktion der THG-Emissionen zu bewirken. Die Erwartungen des Entwurfes der österreichischen Klimastrategie 2030, dass durch die Automatisierung des Verkehrs allein ein Beitrag zur Klimastrategie zu erwarten ist, trifft nicht zu. Es ist festzuhalten, dass die Abschätzung der THG-Emissionen durch AuFa nicht die zu erwartende Entwicklung der Fahrzeugtechnik, die Flottenzusammensetzung und die möglichen zusätzlichen Emissionsreduktionen durch ein emissionsoptimiertes fahrtechnisches Verhalten, bedingt durch optimierte Beschleunigungs- und Bremsvorgänge, berücksichtigt.

**Tabelle 10.1-1: Veränderung der THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalente für die Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 gegenüber den verkehrsbedingten THG-Emissionen von 22,9 Mio.t (inkl. Güterverkehr) im Jahr 2016 für Österreich (Umweltbundesamt 2017); Rahmenbedingung: AuFa mit fossilem Antrieb**

Summe Österreich	THG-Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalente t/Jahr		
	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
MIV (Pkw)	-166.000	-318.000	-355.000
ÖV (Bus)	+5.000	+8.000	+19.000
aMoDi	+289.000	+600.000	+566.000
<b>Summe</b>	<b>+128.000</b>	<b>+290.000</b>	<b>+230.000</b>
	<b>+0,6%</b>	<b>+1,3%</b>	<b>+1,0%</b>

Da die Verkehrsleistung und somit die THG-Emissionen für aMoDi die stärksten Verschiebungen bewirken und für diese noch einfache Möglichkeiten bestehen, steuernd zu reagieren, werden die Auswirkungen untersucht, wenn die aMoDi nur elektrisch als BEV betrieben werden. Diese Maßnahme führt dazu, dass bei allen untersuchten Real-Szenarien eine geringfügige Reduktion der THG-Emissionen erreicht werden kann. Die Einsparungen liegen im Bereich von -11.000 bis -71.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr. In Relation zu den gesamten verkehrsbedingten THG-Emissionen von 22,9 Mio.t in Österreich (Stand 2016) sind dies bis zu -0,3% (Tabelle 10.1-2).

**Tabelle 10.1-2: Veränderung der THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalente für die Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für Österreich mit AuFz mit österreichischem Fzg.-Antriebsmix und mit rein elektrisch betriebenen automatisierten Mobilitätsdiensten**

Summe Österreich	THG-Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalente t/Jahr		
	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
MIV (Pkw)	-166.000	-318.000	-355.000
ÖV (Bus)	+5.000	+8.000	+19.000
aMoDi	+150.000	+290.000	+265.000
<b>Summe</b>	<b>-11.000</b>	<b>-20.000</b>	<b>-71.000</b>
	<b>-0,05%</b>	<b>-0,1%</b>	<b>-0,3%</b>

## 10.2 THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) für Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen

Bei den durch AuFa bedingten THG-Emissionen für die Städte (>10.000 EinwohnerInnen) sind ähnliche Tendenzen wie für Österreich zu erwarten. Hier kommt es bei den Real-Szenarien a-2030 und Sa-2035 zu einer Reduktion für den MIV (ca. -2.000 und -18.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr), die aber durch die Steigerung für aMoDi und den ÖV kompensiert werden. Unter den definierten Rahmenbedingungen liegen die THG-Emissionen für die Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen im Bereich von +92.000 bis +338.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr (siehe Tabelle 10.2-1).

**Tabelle 10.2-1: Gegenüberstellung der Entwicklung der THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalente für die Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen**

Städte (>10.000EW)	THG-Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalente t/Jahr		
	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
MIV (Pkw)	-2.000	-18.000	+78.000
ÖV (Bus)	+3.000	+5.000	+10.000
aMoDi	+91.000	+259.000	+250.000
<b>Summe</b>	<b>+92.000</b>	<b>+246.000</b>	<b>+338.000</b>

Auch für die österreichischen Städte (> 10.000 EinwohnerInnen) wurden die Auswirkungen auf die THG-Emissionen untersucht, wenn die aMoDi nur elektrisch als BEV betrieben werden. Es zeigte sich, dass dadurch die Veränderungen die THG-Emissionen zwar verringert, aber nicht wie bei der Gesamtösterreichischen Betrachtung in den negativen Bereich verlagert werden können. Dies ist damit zu begründen, dass in den Städten die aus Sicht der THG-Emissionen negative Verlagerung vom ÖV stärker ausgeprägt ist als vom MIV. Die THG-Emissionen liegen unter dieser Annahme (aMoDi als BEV) im Bereich von +31.000 bis +166.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Jahr (Tabelle 10.2-2).

**Tabelle 10.2-2: Veränderung der THG-Emissionen für die Real-Szenarien a-2030, a-2035 und a-2040 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen mit AuFz mit österreichischem Fzg.-Antriebsmix und mit rein elektrisch betriebenen Mobilitätsdiensten**

Städte (>10.000EW)	THG-Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalente t/Jahr		
	Szenario a-2030	Szenario a-2035	Szenario a-2040
MIV (Pkw)	-2.000	-18.000	+78.000
ÖV (Bus)	+3.000	+5.000	+10.000
aMoDi (Elektro)	+30.000	+85.000	+78.000
<b>Summe</b>	<b>+31.000</b>	<b>+72.000</b>	<b>+166.000</b>

# **11 Schlussfolgerungen - Auswirkungen auf die verkehrspolitischen Zielsetzungen Österreichs und Handelsbedarf**

## **11.1 Problemstellung und Ziele des Forschungsprojektes AUTO-NOM**

### **Ausgangssituation**

Automatisierung und digitale Vernetzung im Bereich des automatisierten Fahrens (AuFa) eröffnen neue Anwendungsoptionen. Die Triebfeder dieser Entwicklung liegt derzeit primär bei den wirtschaftlichen Interessen der Industrie, wenn auch die Politik große Hoffnung in neue Lösungsansätze für die vorhandenen Verkehrsprobleme setzt. Gesellschaftliche und gesamtwirtschaftliche Fragen der Systemwirkungen, wie der Umwelt- und Klimaschutz, rechtliche Fragen, Anforderungen an die Infrastruktur, die Sicherung von Arbeitsplätzen im Transportgewerbe etc. werden in der Forschung und Entwicklung noch zu wenig behandelt. Die politischen Entscheidungsträger und die Gesetzgebung greifen die Fragestellungen des AuFa erst dann auf, wenn in die Technologie bereits massiv investiert wurde, diese kurz vor der Marktreife steht oder ein großer Druck auf anstehende politische Entscheidungen gegeben ist. Dazu zählen z.B. die Änderung des Kraftfahrzeuggesetzes und von rechtlichen Haftungsfragen, aber auch die Offenlegung der verkehrsplanerischen Auswirkungen. Es besteht das Risiko, dass die technologische Entwicklung und Forschung des AuFa abgekoppelt von der Betrachtung verkehrspolitischer Ziele und gesellschaftlicher Auswirkungen erfolgt. Deshalb ist es notwendig, verkehrspolitische Interessen vorausschauend und parallel zur technologischen Entwicklung auf der Basis von Fakten wahrzunehmen. Dies hat sowohl Vorteile für die Technologieentwickler als auch für die verkehrspolitischen Entscheidungsträger.

### **Zielsetzung**

Ziel des Forschungsprojektes AUTO-NOM ist es, einerseits die Veränderung des Verkehrsverhaltens und die damit bedingten verkehrspolitisch relevanten Auswirkungen für die vielfältigen Möglichkeiten des AuFa der Automatisierungsstufen 3 bis 5 laut SAE-Standard aufzuzeigen. Andererseits zielt das Projekt darauf ab, die Anforderungen an die Infrastruktur und den rechtlichen Rahmen offen zu legen. Das Ergebnis soll den verkehrspolitischen Entscheidungsträgern und den relevanten Fachleuten eine Grundlage liefern, die notwendigen Maßnahmen und rechtlichen Rahmenbedingungen im verkehrspolitischen Interesse Österreichs und Europas anzupassen. Dies soll zu einem gesamtwirtschaftlich optimierten Transformationsprozess führen, sei es auf österreichischer oder bei der Mitwirkung auf EU-Ebene. Die dafür notwendige Information liegt derzeit nicht im ausreichenden Maße vor, sodass häufig von Erwartungen ausgegangen wird, die nicht oder nur im Verbund mit geeigneten Maßnahmen zu erfüllen sind. Es ist notwendig, den Themenbereich AuFa aus gesellschaftspolitischer Sicht gesamtheitlich zu betrachten und notwendige Entscheidungsgrundlagen im öffentlichen Interesse offen zu legen. Das Projekt AUTO-NOM hat das Ziel, dafür einen essentiellen Beitrag zu leisten.

## 11.2 Methodische Vorgangsweise

Die methodische Vorgangsweise für das Projekt AUTO-NOM beruht auf der systemischen Betrachtung der durch AuFa veränderten Palette des Verkehrsangebotes. Dazu zählen die dadurch beeinflusste Verkehrsnachfrage der VerkehrsnutzerInnen und die wesentlichen Auswirkungen bezüglich Umwelt, Wirtschaft und soziale Effekte. Die Verkehrsinfrastruktur und der rechtliche Rahmen stehen dabei in Wechselwirkung mit dem Verkehrsangebot und der Verkehrsnachfrage.

Eine zentrale Frage stellen die Verhaltensreaktionen der VerkehrsnutzerInnen auf das Verkehrsangebot dar, weil es sich um das zukünftig zu erwartende Verhalten, verursacht durch das AuFa, handelt. Es wird also ein hypothetisches Verhalten abgeschätzt, wenn die einzelnen Automatisierungsklassen des AuFa schrittweise Realität sein werden. Es werden zwei Verhaltenskategorien des AuFa betrachtet: das Verkehrsverhalten in Bezug auf Mobilität, wie Verkehrsmittelwahl und Verkehrserzeugung, sowie das Fahrverhalten von Kfz-LenkerInnen und der automatisierten Fahrentscheidungen unter den vorhandenen und zukünftig möglichen rechtlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen. Die Abschätzung des hypothetischen Verhaltens erfolgt einerseits durch eine zweistufige Delphi-Befragung und andererseits werden die relevanten Einflussfaktoren auf das Verkehrsverhalten und deren Veränderung durch AuFa zu Grunde gelegt: Die Veränderung der „generalisierten Kosten und Nutzen“ der VerkehrsnutzerInnen. Die Verhaltensgesetzmäßigkeiten werden aus selbst durchgeführten Analysen des Verkehrsverhaltens sowie aus der Literatur abgeleitet.

Die Ergebnisse wurden in einer Rückkoppelung eines ExpertInnenworkshops auf ihre Plausibilität geprüft. Es ist darauf hinzuweisen, dass die empirischen Ergebnisse naturgemäß wie bei jeder Prognose einer Streuung bzw. Unsicherheit unterliegen. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

## 11.3 Erwartungen und Potentiale für Automatisiertes Fahren

Sowohl die Technologieentwickler als auch die Verkehrspolitik setzen große Erwartungen in die potentiellen positiven Auswirkungen des AuFa. Insbesondere werden von der Industrie folgende Effekte erwartet:

- Eine signifikante Steigerung der Leistungsfähigkeit des vorhandenen Straßenangebotes durch die mögliche Reduktion des Abstands vor einem Automatisierten Fahrzeug;
- umweltfreundlicher Verkehrsflussablauf durch vorausschauendes Fahren vor Kreuzungen;
- deutlich verringerter Stellplatzbedarf in Ballungsräumen durch neue Formen des „Car- und Ride-Sharings“ unter dem Motto „bei Bedarf nutzen statt besitzen“;
- verbesserte Mobilitätschancen für ältere und behinderte Personen ohne Führerschein durch vollautomatisierte Fahrzeuge;
- Reduktion der Betriebskosten für Taxis und öffentliche Verkehrsmittel durch Entfall des Lenkers usw.

Von der Verkehrspolitik wird durch die Automatisierung und Digitalisierung von Verkehr und Mobilität eine breite Lösung der vorhandenen verkehrspolitischen Herausforderungen erwartet. Dazu zählt die Lösung des Klimaschutzes, des Verkehrsstaus ohne neue Infrastruktur und der negativen Umweltauswirkungen sowie die Verkehrssicherheit. Diese Erwartungen basieren vielfach auf der isolierten Betrachtung von einzelnen Wirkungen, ohne die Systemeffekte gemeinsam ausreichend zu betrachten.

Es ist zu beachten, dass durch das AuFa neue Fragestellungen vor allem in der rechtlichen und ethischen Dimension auftreten, die das Steuerungs- und Entscheidungsparadigma zwischen den Entscheidungen eines Autolenkers im Verkehr und den vorgegebenen Entscheidungsalgorithmen der Automatisierung mit eindeutig vordefinierten Regeln signifikant verändern. Fehlentscheidungen einer LenkerIn in einer konkreten Verkehrssituation oder Übertretungen von Verkehrsregeln werden dann geahndet, wenn sie einen Unfall bewirken oder direkt beobachtet werden. Da die Wahrscheinlichkeit dafür relativ gering ist, werden viele Verkehrsregeln, wie die zulässige Höchstgeschwindigkeit oder das Fahren auf Sicht von AutolenkerInnen nicht oder nur selten eingehalten. Ein Entscheidungsalgorithmus eines AuFz kann über diese rechtlichen Regeln nicht einfach hinweggehen. Und das führt dazu, dass derzeit aus der Sicht der LenkerIn sich Verhaltensweisen eingebürgert haben, die diese „Freiheitsgrade des Autofahrens“ für AuFz nicht unbedingt nutzbar machen. Die strikte Einhaltung der Regeln beim AuFa kann daher zu einer geringeren Attraktivität des AuFa gegenüber einer manuellen Steuerung führen. De Facto bedeutet dies z.B., dass die Reisegeschwindigkeit eines manuell gesteuerten Autos höher liegt als die eines vollautomatisiert gesteuerten Autos. Es stellt sich einerseits die Frage, wie mit der Einhaltung der Verkehrsregeln laut der Straßenverkehrsordnung in den Steuerungsalgorithmen umzugehen ist und andererseits in welcher Form im Rahmen der Zulassungsprüfung damit umgegangen werden soll.

## **11.4 Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage und das Verkehrsverhalten**

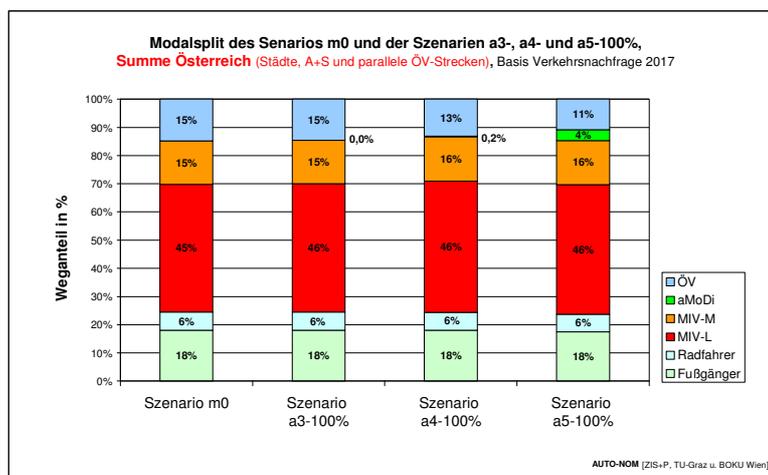
Eine zentrale Kenngröße für die Auswirkungen des AuFa auf die Verkehrsnachfrage der Verkehrsmittel wird durch den Modalsplit und die Verkehrsleistung, also der zurückgelegten Entfernung, beschrieben. Im Folgenden sind die Auswirkungen des AuFa für einzelne Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario ohne AuFa abgeschätzt.

### **Auswirkung der Automatisierungsklassen 3 bis 5 des automatisierten Fahrens auf den Modalsplit und die Fahrleistung des Pkw-Verkehrs**

Die 100%-Szenarien zeigen auf, wie sich der Modalsplit und die Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs durch einen vollständigen Ersatz der derzeitigen Pkw durch die Automatisierungsklasse 3, 4 und 5 der österreichischen Wohnbevölkerung verändern würde. Dieses Ergebnis gibt einen ersten Hinweis der Konsequenzen auf die Auswirkungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Mobilität.

Es zeigt sich eine eindeutige **Tendenz des Modalsplits** (Abb. 11.4-1): Mit zunehmender Automatisierungsstufe steigt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs der LenkerInnen von 45% des Modalsplits im Referenzszenario auf 46%, der Mitfahreranteil von 15% auf 16%. Der Anteil automatisierter Mobilitätsdienstleistungen erreicht 4%. Diese Zunahme geht zu Lasten des Öffentlichen Verkehrs, der von 15% auf 11% sinkt. Das Ergebnis erklärt sich aus der zu erwartenden Attraktivitätssteigerung der Autonutzung durch das AuFa und der aMoDi, wobei dadurch den verkehrspolitischen Zielen einer Vermeidung eines weiteren Wachstums des Autoverkehrs für Österreich entgegengewirkt wird. Der Verlust des Öffentlichen Verkehrs geht primär auf die neue Konkurrenz für größtenteils dieselbe Zielgruppe durch die automatisierten Mobilitätsdienste zurück.

**Abbildung 11.4-1: Modalsplit des Referenzszenarios m0 und der Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100% (Mobilität der Wohnbevölkerung in Österreich, 2017), Prozentwerte gerundet, Legende: aMoDi = automatisierte Mobilitätsdienstleistungen**



Ein ähnliches Ergebnis zeigt die **Abschätzung der Verkehrsleistung durch das Automatisierte Fahren** (Tab. 11.4-1). Die Veränderung der Verkehrsleistung gibt einen Hinweis auf die zu erwartenden Umweltauswirkungen, wenn AuFz so wie heute einen fossilen Antrieb haben. Durch die Automatisierungsstufe 3 ist nur eine sehr geringe Auswirkung auf die Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs zu erwarten: Für den Verkehr der österreichischen Wohnbevölkerung ist mit keiner spürbaren Veränderung zu rechnen, lediglich für die Mobilität der Bevölkerung in Städten ergibt sich eine kleine Zunahme von etwa +1,5%. Das ist damit begründet, dass die Automatisierungsstufe 3 sich primär auf Anwendungen im staugefährdeten Verkehr in Ballungsräumen auswirkt. Auf Autobahnen ist eine Verwendung aus Gründen der Sichtweitenproblematik sowie der großen Übergabezeit zwischen Automatik und händischen Lenkens nur eingeschränkt möglich. Deutlich größer sind die zu erwartenden Zunahmen für die Automatisierungsstufen 4 und 5: Hier zeigt sich für den Pkw-Verkehr der Österreicher insgesamt eine Zunahme der Verkehrsleistung von bis zu +9%, für die österreichische Bevölkerung in Städten von bis zu +21% und für den Verkehr auf Autobahnen von etwa 12%. Das Ergebnis erklärt sich aus der zu erwartenden erheblichen Attraktivierung der Autonutzung durch das AuFa, wobei dadurch die verkehrspolitischen Ziele einer Vermeidung eines weiteren Wachstums des Autoverkehrs insbesondere in Städten massiv entgegengewirkt wird.

**Tabelle 11.4-1: Auswirkungen des Automatisierten Fahrens auf die Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs bei jeweils 100%-iger Durchdringungsrate der AuFz der Automatisierungstufen 3, 4 und 5 im Vergleich zum Referenzszenario**

Verkehrsleistung PKW-Verkehr Bezugsjahr 2017		Referenz- szenario m0 - 2017	Veränderung durch 100% Szenarien		
			a3 100% (Klasse 3)	a4 100% (Klasse 4)	a5 100% (Klasse 5)
der österreichischen Wohnbevölkerung	[Fzg.-km/Jahr]	66.600 Mio.	+190 Mio.	+4.700 Mio.	+5.950 Mio.
	%	100%	+0,3%	+7,1%	+8,9%
der Wohnbevölkerung von Städten $\geq$ 10.000 EW	[Fzg.-km/Jahr]	9.700 Mio.	+150 Mio.	+1.480 Mio.	+2.000 Mio.
	%	100%	+1,5%	+15,3%	+20,6%
auf österreichischen A+S - Straßen	[Fzg.-km/Jahr]	28.200 Mio.	+40 Mio.	+2.840 Mio.	+3.480 Mio.
	%	100%	+0,1%	+10,1%	+12,3%

### **Auswirkung der Realszenarien des Automatisierten Fahrens auf den Modalsplit und die Fahrleistung des Pkw-Verkehrs**

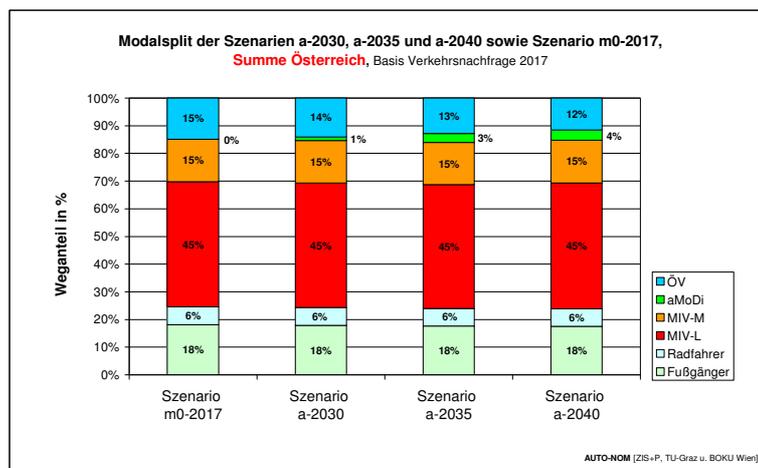
Die Realszenarien zeigen auf, wie sich der Modalsplit und die Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsmittel durch die in den Jahren 2030, 2035 und 2040 wahrscheinliche Durchdringungsrate von AuFz mit den Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 der österreichischen Wohnbevölkerung verändern würde. Jedem Realszenario ist je nach Zieljahr eine wahrscheinliche Durchdringungsrate zugeordnet:

- Für die **Durchdringungsrate des AuFa für das Jahr 2030** ist für den MIV primär die Automatisierungsstufe 3 maßgeblich, für Pkw beträgt sie zwischen 10% und 15% sowie für Mobilitätsdienste der Automatisierungsklasse 5 zwischen 30 und 40%;
- für die **Durchdringungsrate des AuFa für das Jahr 2035** ist für den MIV primär die Automatisierungsstufe 4 maßgeblich, hier ist eine Durchdringungsrate für Pkw zwischen 25% und 45% sowie für Mobilitätsdienste der Automatisierungsklasse 5 zwischen 80% und 90% als plausibel anzunehmen;
- für die **Durchdringungsrate des AuFa für das Jahr 2040** ist für den MIV primär die Automatisierungsstufe 5 maßgebend; hier ist eine Durchdringungsrate für Pkw zwischen 65% und 85% sowie für Mobilitätsdienste der Automatisierungsklasse 5 zwischen 95% und 98% wahrscheinlich.

Es ist eine klare **Tendenz des Modalsplits** (Abb. 11.4-2) festzustellen: Der Weganteil der automatisierten Mobilitätsdienstleistungen nimmt mit zunehmender Durchdringungsrate der AuFz von 0% auf 4% bis 2040 für die Szenarienbetrachtung der österreichischen Wohnbevölkerung zu, während der öffentliche Verkehrsanteil von 15% im Referenzszenario auf einen Anteil von 12% sinkt. Die übrigen Verkehrsmodi des MIV und des nichtmotorisierten Anteils verändern sich nicht signifikant. Das Ergebnis erklärt sich aus der zu erwartenden Attraktivitätssteigerung der Nutzung von automatisierten Mobilitätsdiensten, die aus Gründen der ähnlichen Zielgruppen sich hauptsächlich reduzierend auf den öffentlichen Verkehr auswirken. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass keine kompensatorischen Maßnahmen speziell für

den öffentlichen Verkehr im Sinne von Push-and-Pull realisiert werden. Es ist festzuhalten, dass dadurch die verkehrspolitischen Ziele einer Vermeidung eines weiteren Wachstums des Autoverkehrs für Österreich entgegengewirkt wird, da die automatisierten Mobilitätsdienstleistungen bezüglich den Umweltauswirkungen dem Autoverkehr zuzurechnen sind. Der Verlust des Öffentlichen Verkehrs geht primär auf die neue Konkurrenz für größtenteils dieselbe Zielgruppe durch die automatisierten Mobilitätsdienste zurück.

**Abbildung 11.4-2: Modalsplit des Referenzszenarios m0 und der Realszenarien mit jeweils einer wahrscheinlichen Durchdringungsrate der AuFz der Automatisierungsstufen 3, 4 und 5 in den Jahren 2030, 2035 und 2040 (Mobilität der Wohnbevölkerung in Österreich, 2017), Prozentwerte gerundet, Legende: aMoDi = automatisierte Mobilitätsdienstleistungen**



Ein ähnliches Ergebnis zeigt die **Abschätzung der Verkehrsleistung durch das automatisierte Fahren** (Tab. 11.4-1). Die Veränderung der Verkehrsleistung gibt einen guten Hinweis auf die zu erwartenden Umweltauswirkungen, wenn AuFz, so wie heute Pkw, einen fossilen Antrieb haben. Durch den mit den Zieljahren zunehmenden Durchdringungsgrad AuFz ist eine ab 2030 signifikante Auswirkung auf die Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs zu erwarten: Für den Verkehr der österreichischen Wohnbevölkerung ist bis 2040 mit etwa +7% Zunahme der Pkw-Verkehrsleistung zu erwarten, für die Mobilität der Bevölkerung in Städten ergibt sich eine sehr deutliche Zunahme von etwa +17%. Das ist damit begründet, dass gerade in Städten mit einem deutlichen Zuwachs der automatisierten Mobilitätsdienstleistungen zu rechnen ist. Auf Autobahnen und Schnellstraßen ist bis 2040 mit einer Zunahme der Pkw-Fahrleistung von etwa +10% zu rechnen. Das Ergebnis erklärt sich aus der zu erwartenden erheblichen Attraktivierung der Autonutzung durch das AuFa und dem Angebot von automatischen Dienstleistungen, wobei dadurch den verkehrspolitischen Zielen einer Vermeidung eines weiteren Wachstums des Autoverkehrs, insbesondere in Städten, aber auch auf dem A+S-Netz und insgesamt in Österreich massiv entgegengewirkt wird. Deshalb ist zur Erreichung der verkehrspolitischen Ziele eine **Kompensation der Pkw-Nachfragesteigerung durch begleitende Umweltauflagen, wie z.B. die verpflichtende Verwendung nicht fossiler Treibstoffe** zu empfehlen.

**Tabelle 11.4-2: Auswirkungen des Automatisierten Fahrens auf die Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs durch Realszenarien mit jeweils einer wahrscheinlichen Durchdringungsrate der AuFz der Automatisierungsstufen 3, 4 und 5 in den Jahren 2030, 2035 und 2040 im Vergleich zum Referenzszenario**

Verkehrsleistung PKW-Verkehr Bezugsjahr 2017		Referenz- szenario m0 - 2017	Veränderung durch Real-Szenarien mit einer Durchdringungsrate AuFz		
			2030	2035	2040
der österreichischen Wohnbevölkerung	[Fzg.-km/Jahr]	66.600 Mio.	+1.031 Mio.	+2.809 Mio.	+4.780 Mio.
	%	100%	+1,5%	+4,2%	+7,2%
der Wohnbevölkerung von Städten $\geq$ 10.000 EW	[Fzg.-km/Jahr]	9.700 Mio.	+411 Mio.	+1.099 Mio.	+1.651 Mio.
	%	100%	+4,2%	+11,3%	+17,0%
auf österreichischen A+S - Straßen	[Fzg.-km/Jahr]	28.200 Mio.	+580 Mio.	+1.510 Mio.	+2.750 Mio.
	%	100%	+2,1%	+5,4%	+9,8%

### Auswirkungen auf das Verkehrs- und Fahrverhalten

Bisher gibt es kaum sehr belastbare Untersuchungen über die Auswirkungen des AuFa auf das Verkehrsverhalten. Das liegt daran, dass letztendlich das Angebot AuFz und das darauf aufbauende Dienstleistungspotential einige wichtige neue Eigenschaften aufweist, die das Verkehrsverhalten beeinflusst. Hierzu zählen die heute unbekannte subjektive Einstellung und das Vertrauen zu automatisierten und in weiterer Folge lenkerlosen Fahrzeugen. Interessanter Weise baut die Autoindustrie in ihren Werbekampagnen auch heute auf dem individuellen Fahr-, Freiheits- und Imagegefühl des Autos auf. Dies lässt sich an den damit erwirkten Verkaufserfolgen der Autoindustrie und der insgesamt in Österreich 2017 zunehmenden Motorisierung erkennen. Um die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage durch AuFz abschätzen zu können, ist es wichtig mithilfe geeigneter empirischer Verfahren, wie der „Stated-Preference-Analyse“, zukünftige Verkehrsverhalten abzuschätzen. Im Projekt AUTO-NOM wurde auf bestehenden Verhaltensanalysen aufbauend - die die wesentlichen Einflussfaktoren wie Reisezeit, Kosten und Einstellung berücksichtigen - eine erste Abschätzung vorgenommen. Das Ergebnis zeigt, dass die ursprünglich publizierten Erwartungen insbesondere bezüglich der durch AuFa bewirkten Leistungssteigerung der Straßen sich im weitaus geringeren Maße erfüllen werden. Dies liegt daran, dass die Entscheidungsalgorithmen sich an die sicherheitstechnischen Vorschriften der StVO, nicht zuletzt aus Haftungsgründen, genau halten müssen, während die LenkerInnen mit manueller Steuerung vielfach die folgenden Vorschriften mit einem hohen Prozentsatz nicht einhalten: die vorgeschriebenen Sichtweiten, der Anhalteweg und der Abstand zum nicht vernetzten Vorderfahrzeug sowie die Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz. Deshalb ist für die nächsten 20 bis 30 Jahren begründet anzunehmen, dass

- die Leistungsfähigkeit der Straßen im Mischverkehr von AuFz und manuell gesteuerten Fahrzeugen sich nur gering ändern bzw. zunehmen wird;
- die mittlere Reisezeit auf Grund der durch AuFa eher zurückgehende Fahrgeschwindigkeit im gesamten Straßennetz keine Steigerung erfahren wird;

- die Kosten von AuFz werden sich auf Grund der digitalen Ausstattung eher erhöhen, als real gleich bleiben;
- der Kaufanreiz eines Pkw für AuFz vorerst eher steigen wird, sei es aus Neugierde oder Freude an der neuen Technologie. Dies ist ja die primäre Triebfeder der Autoindustrie. Inwieweit langfristig durch aMoDi wie Car- und Ride-Sharing oder der Optimierung eines Tür-zu-Türdienste des ÖV eine Reduktion der Kaufnachfrage eintreten wird, ist heute schwer abzuschätzen. Im Prinzip gibt es ja schon heute diese Formen von MoDi, allerdings mit manueller Steuerung und geringer Nachfrage. Das bedeutet auch, dass die Stellplatznachfrage durch aMoDi sich ohne Push-Maßnahmen kaum stark reduzieren wird. Zu solchen Push-Maßnahmen zählt z.B. die Internalisierung externer Kosten.
- Die Nutzung des AuFa-Modus auch in Zukunft eine freiwillige Option sein wird: je nach Fahrtzweck und momentaner Stimmung bzw. Notwendigkeit einer alternativen Tätigkeit zum Lenken wird die Automatik oder die manuelle Steuerung genutzt werden. Für viele Personen ist das Autofahren selbst eine wichtige und subjektiv erlebniserfüllende Tätigkeit, die fallweise Spaß macht. Deshalb ist das AuFa als eine Option zu bewerten, die die Wahlfreiheit und auch Bequemlichkeit des Autofahrens deutlich erhöhen kann.
- Für Personen, die kein Auto lenken können oder wollen (z.B. Personen mit körperlichen Einschränkungen, Kinder etc.), könnten oder dürften AuFz eine zusätzliche Option darstellen, die den Zugang zur Mobilität signifikant erhöht.

## 11.5 Treibhausgas-Emissionen durch automatisiertes Fahren

Eine zentrale Frage ist, inwieweit AuFa einen Beitrag zur Reduktion der THG liefern kann, wie es in der österreichischen Klima- und Energiestrategie vorgesehen ist. In Tabelle 11.5-1 ist das Ergebnis für einen Szenarienvergleich der Mobilität der österreichischen Wohnbevölkerung dokumentiert. Es wird die zu erwartende Veränderung der THG-Emissionen für die Zieljahre 2030, das Zieljahr der österreichischen Klima- und Energiestrategie, beschlossen 2018, mit einem Reduktionsziel in Bezug auf das Jahr 2016 von -31%, und für das Zieljahr 2040, also 10 Jahre vor dem Zieljahr 2050 des Pariser Klimaabkommens, mit einem Reduktionsziel von nahezu -100%, abgeschätzt. Unter Annahme, dass die AuFz eine antriebsbezogene Flottenzusammensetzung wie heute aufweisen und die ermittelte Reduktion der Verkehrssystemgeschwindigkeit bewirkt das AuFa für die Zieljahre 2030 und 2040 eine Zunahme von +0,6% bzw. +1,0% der verkehrsbedingten THG-Emissionen in Österreich. Es ist also **kein positiver Beitrag zu erwarten**, wenn das AuFa nicht mit Auflagen eines umweltfreundlichen Antriebs verbunden ist: So zeigt das Ergebnis von Tabelle 11.5-1, dass die Vorschreibung eines elektrischen Antriebes für automatisierte Dienstleistungen (aMoDi) für das Zieljahr 2030 eine Reduktion der THG-Emissionen von -0,05% und für das Zieljahr 2040 von -0,3% bewirken würde. Das ist aus verkehrspolitischer Sicht kein spürbarer Beitrag, zeigt aber auf, dass ohne Vorschreibung von umweltfreundlichen Antrieben die klimapolitischen Zielsetzungen durch AuFa konterkariert werden.

**Tabelle 11.5-1: Veränderung der THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für die Real-Szenarien a-2030 und a-2040 gegenüber den verkehrsbedingten THG-Emissionen von 22,9 Mio.t (inklusive Güterverkehr und Verkehr der Nicht-ÖsterreicherInnen) im Jahr 2016 für Österreich (Umweltbundesamt 2017) für AuFa mit fossilen Antrieb im Flottenmix 2017 im Vergleich mit automatisierten Mobilitätsdiensten (aMoDi) mit elektrischem Antrieb**

Summe Österreich	Veränderung der THG-Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalente t/Jahr			
	Flottenmix 2017		aMoDi mit elektrischem Antrieb	
	Realszenario a-2030	Realszenario a-2040	Realszenario a-2030	Realszenario a-2040
MIV (PKW)	-166.000	-355.000	-166.000	-355.000
ÖV (Bus)	+5.000	+19.000	+5.000	+19.000
aMoDi	+289.000	+566.000	+150.000	+265.000
Summe	+128.000	+230.000	-11.000	-71.000
	+0,6%	+1,0%	-0,05%	-0,3%

## 11.6 Herausforderungen des automatisierten Fahrens für Regeln der StVO

### Herausforderung: Sichtweiten und Automatisierungsklasse 3

Für die Automatisierungsklasse 3 ist die notwendige Zeit für den Übergabevorgang im Anlassfall der Überforderung oder des Ausfalls der Automatik (z.B. Notübernahme) vom automatisierten zum manuellen Lenken sehr groß. Empirische Untersuchungen zeigen, dass LenkerInnen je nach Tätigkeit während des automatisierten Fahrens bis zu etwa 25 Sekunden für eine sichere Übernahme der manuellen Lenkung bzw. Reaktionszeit benötigen. Die Festlegung der für die Automatisierung relevanten Reaktionszeit ist eine **zentrale Frage der Zulassungsbedingungen der Automatisierung**. Laut StVO ist ein „Fahren auf Sicht“, bei Gegenverkehrsstraßen „Fahren auf halbe Sicht“ vorgeschrieben. Grundsätzlich sind folgende relevante Fälle von Sichtweiten zu unterscheiden:

- Sichtweite, abhängig von der Infrastruktur und der Trassierung, die durch Fahrbahnkuppen und Kurven sowie seitliche Einbauten bedingt ist;
- Sichtweite, die witterungsbedingt ist, wie durch Regen, Schneefall und Nebel;
- Sichtweite, die durch voranfahrende Fahrzeuge beschränkt ist; exemplarisch für diese Situation ist z.B. ein Schlagloch im Straßenbelag, das durch ein vorausfahrendes Fahrzeug abgedeckt sein kann.

Übersetzt auf die Automatisierung bedeutet dies, dass

- der Anhalteweg des AuFz kürzer als die vorhandene Sichtweite auf Grund von Kurven, Fahrbahnkuppen oder Wetterbedingungen usw. sein muss. Das heißt, dass durch automatisierte Wahl der Geschwindigkeit die notwendige Länge des Anhalteweges in Abhängigkeit der vorhandenen Sichtweite sichergestellt sein muss.
- Die Reichweite der Sensoren hat damit einen beschränkenden Einfluss auf die zulässige Fahrgeschwindigkeit. Die Reichweite der derzeit verfügbaren Sensoren liegen bei bis zu ca. 250m

unter ganz bestimmten Bedingungen (siehe Tab.8.2-1). Das ist für übliche Geschwindigkeiten auf A+S von deutlich über 100 km/h für die Automatisierungsklasse 3 zu kurz und daher problematisch. Neben der bauartbedingten Reichweite muss der Sensor auch die relevante minimale Sichtweite erkennen, um die dadurch notwendige Geschwindigkeit ableiten zu können. Die relevante Sichtweite kann durch den Straßenentwurf, durch die Witterungsbedingung oder durch voranfahrende Fahrzeuge bestimmt werden. Die Automatisierung muss die Fähigkeit haben, mit diesen Fragestellungen umzugehen.

- Geht man von einer relativ kurzen Reaktionszeit für die Automatisierungsklasse 3 von 10 Sekunden aus, so beträgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h die notwendige Sichtweite rund 300 m (siehe Tabelle 8.2-3).
- Auf der Wechselautobahn liegt z.B. trassierungsbedingt die Sichtweite häufig unter diesem Wert. Das bedeutet, dass Fahrzeuge, die mit Automatisierungsklasse 3 unterwegs sind, eine Geschwindigkeit von unter 80 km/h einhalten müssen. Manuell gelenkte Pkw sind aber nachweislich mit weit höherer Geschwindigkeit unterwegs, einerseits, weil sie eine kürzere Reaktionszeit von etwa 1 Sekunde haben oder weil sie entgegen der Regeln der StVO nicht auf Sicht fahren und eine höhere Geschwindigkeit wählen.
- Eine Reaktionszeit von 10 Sekunden würde bedeuten, dass der Fahrzeugabstand zu vorherfahrenden Fahrzeugen etwa den 5-fachen gewünschten Zeitabstand von 2 Sekunden haben sollte, um bei einem Ausweichmanöver des vorherfahrenden Fahrzeuges noch ordnungsgemäß reagieren zu können. Das hat zur Folge, dass dieser große Abstand permanent zu Überholmanövern führen wird, was nicht im Sinne der Verkehrssicherheit ist.
- Fazit ist, dass bei der exakten Einhaltung der rechtlichen Rahmendingungen als Folge einerseits eine deutliche Erhöhung der Geschwindigkeitsanpassungsvorgänge und andererseits eine daraus resultierende hohe Geschwindigkeitsdifferenz zwischen automatisierten und manuell gelenkten Autos entstehen würde. Dies führt systemisch betrachtet, zu einer massiven Irritation im Verkehrsablauf, die im Mischverkehr die Verkehrssicherheit und die Leistungsfähigkeit auf A+S Straßen verringert. Deshalb ist zu erwarten, dass für Strecken mit nicht ausreichender Sichtweite die Automatisierungsstufe 3 nicht attraktiv ist und deshalb nur im geringen Ausmaß genutzt würde.

Die in den verkehrsplanerischen Richtlinien (RVS) für Österreich definierten sowie empfohlenen Vorgaben für die Trassierungselemente (Kurven- und Kuppenradien) sind bezüglich der Sichtweiten für die Anforderungen der Automatisierungsklasse 3 nicht ausgelegt. Daraus abgeleitet wäre ein starker Anpassungsbedarf der Infrastruktur bzw. der Richtlinien (RVS) notwendig. Diese würde für A+S zu großen Mehrkosten und größerem Landschaftsverbrauch führen. Eine Adaption bestehender A+S ist daher sehr unrealistisch.

Einheitlicher Abstand wegen der Einhaltung der Sichtweite laut StVO zu vorherfahrenden Fahrzeugen in der Größenordnung von etwa 10 Sekunden ist nicht akzeptabel. Eine Lösung scheint durch Aufhebung der Vorschrift von Fahren auf Sicht für AuFz der Automatisierungsstufe 3 möglich zu sein. Dies ist aber aus verkehrsrechtlicher und sicherheitstechnischer Sicht problematisch.

Unter den Gesichtspunkten der zeitlichen Entwicklung der Einführung des AuFa zeigt sich, dass die Ausstattung der Kfz mit der Automatisierungsklasse 3 relativ schnell von der Automatisierungsklasse 4 bzw. 5 abgelöst werden wird. Daraus folgt, dass die prognostizierte Durchdringung jener Fahrzeuge, die mit Automatisierungsklasse 3 ausgestattet sind, innerhalb der Gesamtflotte sehr gering sein wird (siehe Abbildung 9.4-2). Daraus leitet sich ab, dass die Attraktivität der Automatisierungsklasse 3 unter

Einhaltung der Regel mit "Fahren auf Sicht" laut StVO zu hinterfragen und die Zulassung aus verkehrspolitischer Sicht problematisch ist. Eine fallweise andiskutierte Möglichkeit, dass die LenkerIn in eigener Verantwortung nur die Einhaltung der Regel „Fahren auf Sicht“ in der Automatisierung ausschalten kann, wie es von vielen AutolenkerInnen bei manueller Steuerung praktiziert wird, ist rechtlich und verskehrssicherheitstechnisch nicht vertretbar. Dieses Ergebnis steht der häufig getätigten Aussage entgegen, dass AuFa generell zu einer Leistungssteigerung der Straßen führt.

### **Herausforderung: Automatisierungsklasse 4 und 5 und Sichtweiten**

Für die Automatisierungsklasse 4 und 5 ist keine unvorhersehbare plötzliche Übergabe (z.B. Notübernahme) vom automatisierten Fahren zum Lenken vorgesehen. Dadurch gibt es auch kein Problem mit einer langen Reaktionszeit, so wie bei der Automatisierungsklasse 3. Die Festlegung der für die Automatisierung relevanten Reaktionszeit erfolgt daher durch die Automatisierung und liegt bei etwa 0,2 Sekunden. Laut StVO ist auch hier ein „Fahren auf Sicht“, bei Gegenverkehrsstraßen „Fahren auf halbe Sicht“ vorgeschrieben. Grundsätzlich sind auch hier dieselben relevanten Fälle von Sichtweiten, abhängig von der Infrastruktur und der Trassierung, (Fahrbahnkuppen und Kurven, seitliche Einbauten usw.), von der Witterung (Regen, Schneefall, Nebel, usw.) und von voranfahrenden Fahrzeugen (z.B. ein Schlagloch im Straßenbelag) zu berücksichtigen.

Übersetzt auf die Automatisierung bedeutet dies z.B. für eine Geschwindigkeit von 130 km/h auf A+S bei einer Reaktionszeit der Automatisierung von 0,2 Sekunden, dass eine Anhalteweglänge von rd. 208m sichergestellt sein muss. Daraus leiten sich folgende Aussagen ab:

- Diese Länge der Sichtweite stellt aus technologischer Sicht der Sensoren schon heute nur ein bedingtes Problem (Erkennbarkeit von bestimmten Objektgrößen) dar. Allerdings muss auch hier die automatische Erkennung der relevanten Sichtweite möglich sein. Wie aus den Tabellen 8.2-7 bis 10 abzuleiten ist, ist das für die Automatisierungsklassen 4 und 5 kein unlösbares Problem. Unter ungünstigen Rahmenbedingungen bedeutet dies, dass eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit von maximal 20% für die Einhaltung der Sichtweiten abhängig von der Infrastruktur und der Trassierung, (Fahrbahnkuppen und Kurven, seitliche Einbauten usw.), von der Witterung (Regen, Schneefall, Nebel, usw.) nötig ist. Dies ist aus der Sicht eines harmonischen Verkehrsflusses vertretbar. Es ist aber gegenüber dem üblichen Fahrverhalten manuell gesteuerter Fahrzeuge nur bedingt attraktiv, die sich vielfach nicht an die Regeln der StVO halten.
- Für die Sicherstellung einer ausreichenden Länge des Anhalteweges auch zwischen eines vorausfahrenden Fahrzeuges und einem automatisierten Folgefahrzeuges wäre bei hohen Fahrgeschwindigkeiten, wie z.B. bei 130 km/h ein Abstandslänge von ca. 177m (automatisiert) bzw. ca. 208m (manuell) notwendig, was einen notwendigen Zeitabstand von rund fast 5 bis 6 Sekunden ergibt. Dies ist weder aus Verkehrssicherheitsgründen wünschenswert, weil dies zum Überholen animiert, noch gegenüber einem manuell gelenkten Fahrzeug attraktiv, weil erfahrungsgemäß die LenkerIn sich nicht an die Sicherheitsregeln der StVO in solchen Fällen hält. Die Lösung, um diese für AuFa unattraktive Steuerungsregel zu umgehen, kann einerseits in einer (datenschutz)rechtlich problematischen Vernetzung der Folgefahrzeuge im Sinne von Platooning erfolgen. Die Umsetzung davon ist langwierig, da die dafür notwendige problematische hohe Durchdringungsrate von vernetzten AuFz frühestens in zwei Jahrzehnten möglich sein wird. Andererseits steht die Frage im Raum, ob von dieser Regel der StVO rechtliche Ausnahmen denkbar sind. Da dies eine Frage des erhöhten Risikos der Unfallgefahr ist, ist diese Lösung kaum zu vertreten.

Fazit ist, dass das „Fahren auf Sicht“ für automatisierte Folgefahrzeuge der Automatisierungsstufe 4 und 5 ein Fahrverhalten bei hohen Geschwindigkeiten mit großen Zeitlückenabstand führt, die das AuFa unattraktiv und wegen der dadurch stimulierten Überholvorgänge systemisch betrachtet risikoreicher macht. Dieses Ergebnis konterkariert die allgemeine Annahme, dass AuFa generell zu einer Leistungssteigerung der Straßen führt.

### **Herausforderung: Ausnahmen des Vertrauensgrundsatzes und Automatisierungsstufe 3 bis 5**

Jeder Straßenbenutzer darf vertrauen, dass alle anderen Straßenbenutzer die einschlägigen Rechtsvorschriften einhalten. Von dieser Regel gibt es Ausnahmen: Der Straßenbenutzer darf nicht auf regelkonformes Verhalten vertrauen, wenn es sich um Kinder, Sehbehinderte, offensichtlich Körperbehinderte oder Personen mit einem augenfälligen Gehabe, dass sie die Gefahren des Straßenverkehrs nicht erkennen können, handelt. Daraus ist eine Reihe von Konsequenzen für AuFa abzuleiten:

- Sensoren müssen jene Personen erkennen, für die nicht der Vertrauensgrundsatz gilt. Insbesondere stehen hier FußgängerInnen und RadfahrerInnen im Fokus. Derzeit gibt es noch keine Sensoren, die diese Unterscheidung mit ausreichender Sicherheit treffen können, wenn daraus je nach Situation ein angemessenes Fahrverhalten automatisch abgeleitet werden muss. Eine wichtige Fragestellung stellt die Entfernung der technischen Sensorerkennung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit dar. Das A+S-Netz ist von dieser Herausforderung nur im Bereich von Rastplätzen betroffen, da kein nichtmotorisierter Verkehr auf der Strecke zugelassen ist.
- Wesentlich sind folgende Konfliktpunkte von den Sensoren zu beachten, die Personen auf der Fahrbahn oder in deren Nahbereich für Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz betreffen: Zu- und Abfahrt von Parkplätzen und Raststätten, Haus- und Grundstücksausfahrt, Fahrbahn mit Straßenparken (z.B. zwischen zwei Autos heraustretende Kinder), Gehweg und Straßenquerung, Haltestellenbereich mit zum Aussteigen haltenden Bussen, Fußgängerübergang, Verkehrsfläche mit Kindern auf dem Fahrrad usw. Die Sensoren und die Algorithmen müssen die Verkehrsbewegung erkennen und kurzfristig prognostizieren können, was eine große Herausforderung auf Grund der Vielfalt der Möglichkeiten darstellt.
- Als mögliche Reaktionsmöglichkeit bei Identifizierung eines potentiellen Konfliktes steht die Reduktion der Geschwindigkeit, das rechtzeitige Anhalten oder Ausweichen zur Disposition. Das bedeutet, dass die entsprechende Sichtweite und Länge des Anhalteweges in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit des AuFz durch die Automatisierung sichergestellt werden muss. Eine wichtige Rolle spielt auch die Gestaltung der Straßenräume in der Art, dass einerseits eine gesicherte Trennung von Fahrzeugverkehr und nicht motorisierten Verkehr sichergestellt wird und andererseits bei Mischbetrieb angemessene Sichtweiten in Abhängigkeit der zulässigen Geschwindigkeit auch in den Seitenräumen der Fahrbahn gegeben sind.
- Die Fragestellung des Umgangs für Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz ist für **alle Automatisierungsklassen** maßgebend, allerdings verstärkt für die Automatisierungsstufe 3, wenn eine rechtzeitige Übergabe an die LenkerIn gesichert ist.
- Das Thema der Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz ist für **das A+S-Netz nicht relevant**, ausgenommen für den Bereich von Zu- und Abfahrten von Raststätten und Parkplätzen. Dort ist eine

klare Gestaltung des Straßenraumes vorzusehen, die das Risiko, dass FußgängerInnen auf die Fahrbahn treten, bestmöglich verhindert.

- Eine zentrale Herausforderung stellt dieses Thema auf **Innerortsstraßen** dar. Eine Lösung liegt vor allem in einer starken Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf das Niveau von 20 bis 30 km/h für Straßen mit nichtmotorisierten VerkehrsteilnehmerInnen. Das bedeutet, dass sich die mittlere Geschwindigkeit deutlich senken wird, was nicht zur Attraktivität des AuFa beiträgt, aber einen Beitrag zur Straßenaufenthaltsqualität leistet. AuFz der Automatisierungsklasse 4 und 5 haben bei Tempo-20 einen Anhalteweg von 5m, bei Tempo-30 von 11m. Eine besonders kritische Situation stellt das Straßenparken direkt neben Fahrstreifen dar: zwischen zwei parkende Fahrzeugen hervortretende Kinder werden erst in dem Moment gesehen, wenn sie den Fahrstreifen betreten. Tempo-20 sichert jene Länge des Anhalteweges, die vor einem hervortretenden Kind sicher anhalten lässt, wenn zwischen den parkenden Autos und der Fahrspur des anhaltenden Fahrzeugs ein Seitenabstand von etwa 1m gegeben ist. Bei der Straßenraumgestaltung ist es wichtig, auf ausreichende Sichtweiten zwischen Fahrzeugen und querungswilligen FußgängerInnen zu achten. Das gilt insbesondere für Pflanzenbewuchs und Alleebäume.
- Für **Straßen außerorts**, die in der Regel ein Tempolimit von 100 km/h laut StVO haben, bietet sich bezüglich der Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz derzeit keine vertretbare Lösung an. Die theoretische Möglichkeit, eine generelle Geschwindigkeitsreduktion wie innerorts auf 20 bis 30 km/h durchzuführen, ist für übergeordnete Straßen außerorts (z.B. Landesstraßen B und Landesstraßen L) kaum vertretbar und würde das AuFa praktisch unattraktiv machen, zu einem sehr inhomogenen Verkehrsfluss führen und damit die Verkehrssicherheit verringern. Eine grundsätzliche Streichung der Ausnahmen des Vertrauensgrundsatzes ist rechtlich schwer umsetzbar und würde zu einem Paradigmenwechsel der Verkehrssicherheitsgrundsätze führen. Der wesentliche Grund für diese offene Fragestellung liegt in dem Mischbetrieb auf Straßen außerorts von nichtmotorisierten und Fahrzeugverkehr bei einem gleichzeitig hohen Geschwindigkeitsniveau. Für diese Problemstellung ist ein großer Forschungsbedarf gegeben, der erste praktische Erfahrungen der von der Umsetzung AuFa auf dem A+S-Netz und Straßen innerorts nutzen soll.

## 11.7 Rahmenbedingungen der Infrastruktur

Um automatisiertes Fahren großflächig einführen zu können, darf nicht allein die technologische Entwicklung seitens der Automobilhersteller im Fokus stehen, sondern muss auch die infrastrukturelle Anpassung der Straßen diskutiert werden. Der Grundgedanke dahinter ist, dass zukünftig bei der Gestaltung der Straßeninfrastruktur die technischen Möglichkeiten von AuFz berücksichtigt und gegebenenfalls Adaptionen und Ergänzungen zweckmäßig werden. Folgende Themen und Fragen stehen im Vordergrund:

- Aus der Sicht der Straßeninfrastruktur sind folgende Inhalte aus der Sicht des AuFa von Relevanz und wurden im Rahmen des Forschungsprojektes AUTO-NOM behandelt: Trassierung, Pannestreifen und -buchten, Platooning, Einrichtungen des Ruhenden Verkehrs, Haltebereiche für automatisierte Mobilitätsdienste, Eisenbahnkreuzungen, Fahrbahnbeschaffenheit und Deckschichtschäden, Bodenmarkierungen und Verkehrszeichen sowie Verkehrslichtsignalanlagen, infrastrukturelle Voraussetzungen für Vernetzungstechnologien.

- Ein wichtiger Punkt für die Gestaltung der Infrastruktur stellt die Frage dar, in wie weit eine Harmonisierung für die Einführung des automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 4 und 5 (vollautomatisierter oder auch fahrerloser) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht möglich, zweckmäßig bzw. notwendig ist. Hier spielt insbesondere die Frage der Fahrstreifenabgrenzung eine zentrale Rolle, die für die Sensorik eine grundlegende Information darstellt. Aus Sicherheitsgründen des AuFa ist eine verlässliche und eindeutige Fahrstreifen- und Fahrbahnabgrenzung sehr wichtig. Die Automobilhersteller wünschen sich von den Infrastrukturverantwortlichen der Straße eine bestmögliche Garantie, dass die Bodenmarkierungen und Fahrstreifenabgrenzungen in standardisierter Form jederzeit sichtbar sind. Erste Stellungnahmen von Infrastrukturbetreibern halten das nicht für machbar und finanzierbar, insbesondere wenn dadurch Haftungen entstehen. Dies stellt einen essentiellen Klärungsbedarf dar, der auf die technologische Entwicklung von AuFz, aber auch auf die Zulassung einen wichtigen Einfluss hat.
- Aufbauend auf den Ergebnissen der Abschätzung der mittelfristigen verkehrlichen Auswirkungen zeigt sich, dass eine Garantie einer standardisierten und intakten Straßeninfrastruktur, die über die derzeitigen rechtlichen Verpflichtungen hinausgeht, aus der Sicht der öffentlichen Hand nicht realisierbar erscheint. Deshalb ist die Vorgabe einer rein auf fahrzeuginterne autonome Umfeld-Sensorik basierende automatisierte Fahrzeugsteuerung unbedingt notwendig.
- Automatisierungssysteme, die auf zusätzlichen externen Datenquellen aufbauen, müssen so definiert werden, dass diese nur **ergänzende Informationen** darstellen, weil hier die Datensicherheit nicht zu 100% gewährleistet werden kann. Das gilt für alle Informationen durch externe Datenquellen, wie der Informationsübertragung von der Infrastruktur zum Fahrzeug, von Fahrzeug zu Fahrzeug, von HD-Maps sowie anderer Datenquellen. Insbesondere die unsichere Aktualität und Qualität der Daten stellt ein Problem dar. Das Risiko einer Fehlentscheidung, basierend auf der Verwendung externer Daten, führt auch zu einer möglichen Haftungsverschiebung z.B. in Richtung öffentlicher Hand oder für den Datenbereitsteller.
- Mit Rücksichtnahme auf die im vorhergehenden Spiegeltext definierten Einschränkungen können durch externe Daten gewisse Vorteile für das automatisierte Fahren, insbesondere mit den Automatisierungsklassen 4 und 5 erwirkt werden. Dies gilt auch dann, wenn als Backup die fahrzeuginterne Sensorik alle Anforderungen einer autonomen Steuerung erfüllen können muss.

Die öffentliche Hand ist daher gefordert, klare Richtlinien und Zeithorizonte für die infrastrukturellen Adaptierungen sowie Mindeststandards, wie Qualität, Aktualität, Ausfallsicherung der Datenbereitstellung etc. in internationaler Kooperation auszuarbeiten und rechtlich vorzuschreiben.

## 11.8 Rechtliche Rahmenbedingungen

Der rechtliche Regulierungsbedarf für das AuFa und AuFz ist sehr groß und auch sehr komplex. Dazu sind folgende Themen und Fragestellungen besonders relevant:

- Es sind folgende Rechtsbereiche betroffen, beginnend mit dem **Verfassungs- und Verwaltungsrecht über das Zivilrecht bis zum Strafrecht**. Die zu überarbeitenden Regelungen sind auf verschiedenen Ebenen zu setzen, wie dem Völkerrecht, Europarecht und innerstaatlichem Recht.
- Im Bereich der Automatisierungsklasse 3 stehen Fragen der **Schnittstelle von Mensch und Maschine im Rahmen der Übergabeanforderungen** von automatisierten zum manuellen Lenken und deren rechtliche Bewältigung im Vordergrund. Für die Automatisierungsklasse 4 sind rechtliche Fragen der Schnittstellenproblematik, infrastrukturelle Probleme und Anforderungen von AuFa zu bewältigen. An rechtlicher Relevanz gewinnt die autonome Entscheidungstätigkeit der AuFz. Für die Automatisierungsklasse 5 rückt die autonome Entscheidungstätigkeit der AuFz und damit zentrale Fragen der Rechtsordnung, wie Qualität, Zurechenbarkeit und Verantwortlichkeit der Entscheidungstätigkeit in den Blickpunkt der zu lösenden Probleme. Hier müssen die Fahrsysteme den technischen und rechtlichen Anforderungen des Verkehrsablaufes selbstständig bewerkstelligen können. Es stellt sich vor allem die Frage, welche Entscheidungen kann und darf man auf eine Maschine bzw. Algorithmen übertragen und in welcher Form. Dazu gibt es derzeit noch keinen gesellschaftlichen Konsens, wiewohl die verfassungsrechtliche Rahmenordnung (insbesondere die Grundrechte) den Einsatz autonomer Maschinen im öffentlichen Raum absteckt. Ebenso sind die rechtlichen Anforderungen an die NutzerInnen der Automatisierungsklasse 5, wie z.B. das Alter, zu klären.
- Auch wenn die politischen Entscheidungen und der Gesetzgeber an bestehende völker-, europa- und verfassungsrechtliche Rahmenbedingungen gebunden sind, besteht ein relativ großer rechtspolitischer Gestaltungsspielraum für die Implementierung AuFz und AuFa. Die Ausgestaltung dieses Gestaltungsspielraums sollten im demokratischen Diskurs zeitgerecht ausgehandelt werden.
- Die bisherigen regulatorischen Ansätze zeigen, dass ein einheitliches, strukturiertes und umfassendes **Zulassungsverfahren**, das die Risiken und Chancen AuFz und AuFa angemessen abbildet, erst zu entwickeln ist. Dies gilt insbesondere für **autonome Entscheidungstätigkeiten** der AuFz, bei denen es nicht in erster Linie um die technische Betriebssicherheit geht, sondern um rechtskonforme „automatisierte und autonome Verhaltensweisen“ im Verkehrsablauf von automatisiert gesteuerte Fahrzeugen, manuell gesteuerten Fahrzeugen und sonstigen VerkehrsteilnehmerInnen. Insbesondere sind die verkehrspolitischen Zielsetzungen für die Zulassungsbedingungen zu berücksichtigen. Dies bedeutet nicht nur für die Verkehrszulassung im Speziellen, sondern für die Rechtsordnung im Generellen einen Paradigmenwechsel.
- Zu berücksichtigen sind auch Fragen des Datenschutzes insbesondere in Bezug auf vernetzte Fahrzeuge sowie die Frage der Offenlegung und Prüfung von Entscheidungsalgorithmen im Zuge der rechtlichen Zulassung automatisierter Fahrzeuge.

## 11.9 Verkehrssicherheit und Automatisiertes Fahren

Große Erwartungen werden in die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch AuFa gesetzt. Aus heutiger Sicht sind folgende Aussagen zu treffen:

- Es gibt zwei wesentliche Gründe die für eine Zunahme der Verkehrssicherheit sprechen: Erstens das Ausschalten von Fehleinschätzungen der LenkerInnen im Konfliktfall durch sachgerechte Entscheidungen der Automatik und den dahinter stehenden Algorithmen. Voraussetzung dafür ist das einwandfreie Funktionieren der Sensortechnik und der programmierten Entscheidungslogik. Allerdings zeigen die derzeit stattfindenden Tests, dass das noch einige Zeit brauchen wird, insbesondere weil Algorithmen, auch wenn diese über selbstlernende Methoden generiert werden, noch weit davon entfernt sind, alle entscheidungsrelevanten Informationen aus dem Verkehrsgeschehen und dem Straßenumfeld zu erkennen, zu identifizieren und zu klassifizieren. Zweitens, dass die Entscheidungen der Automatik sich an alle Verkehrsregeln halten müssen, im Gegensatz zur LenkerIn in der Praxis. Ein Großteil der Unfälle ist auf Fehlverhalten der Lenker zurückzuführen, insbesondere auf eine überhöhte Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Sichtweiten und des notwendigen Anhalteweges. Allerdings führt das dazu, dass AuFa gegenüber manuellem Lenken in vielen Fällen als unattraktiv beurteilt werden kann. Entscheidend wird sein, wie mit den Herausforderungen „Sichtweiten und Anhalteweg“ sowie „Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz“ im Rahmen der rechtlichen Zulassung AuFz umgegangen wird. Insbesondere besteht ein Klärungsbedarf, inwieweit es „Lockerungen“ für die Einhaltung der derzeitigen Regeln der StVO im internationalen Kontext geben kann.

Während der Testphase von AuFz der verschiedenen Automatisierungsstufen ist mit einer vorübergehenden Zunahme der spezifischen Unfallwahrscheinlichkeit der AuFz, gemessen in Unfälle/km sowie Verkehrsoffer/km zu rechnen. Langfristig ist aber zu erwarten, dass die spezifische Unfallwahrscheinlichkeit und damit auch die Anzahl der Verkehrsoffer durch AuFa sinken werden.

Automatisierte Mobilitätsdienstleistungen (aMoDi) werden ab der Einführung von der Automatisierungsklasse 4 aber insbesondere ab der Automatisierungsklasse 5 verstärkt angeboten werden. Es sind zwei Hauptgruppen zusammenzufassen:

- (1) **aMoDi im Rahmen des öffentlichen Verkehrs:** Diese dienen als Ergänzung zum herkömmlichen Linienbetrieb eines leistungsfähigen öffentlichen Verkehrs. Sie haben einerseits die Funktion für die sogenannte „erste und letzte Meile“, um für den ÖV eine attraktive Tür-zu-Türverbindung von Quelle zum Ziel sicher zu stellen. Andererseits stellen sie auch als reine Tür-zu-Türverbindung in dünn besiedelten Gebieten und in Zeiten geringer Verkehrsnachfrage eine effiziente Verbindung dar. Die Automatisierung dieser heute mit Lenker existierender Dienste bietet die Chance, durch Entfall der lenkenden Person die Betriebskosten deutlich zu senken. Dem steht gegenüber, dass ein Servicepersonal für Ausfälle und zur Assistenz bereitzustellen ist. Für ländliche großflächige Gebiete kann das erhebliche Mehrkosten ergeben, die zumindest Teile der betrieblichen Kosteneinsparung wieder kompensiert und damit nicht mit den Betriebskosten eines privaten Pkw konkurrieren können. Betriebsorganisatorisch kann der aMoDi privatwirtschaftlich im Verbund mit ÖV-Unternehmen oder im Rahmen der ÖV-Unternehmen betrieben werden. Wesentlich ist, dass ein Fahrpreis- und Fahrplanabstimmung gegeben ist. Zu den Möglichkeiten der aMoDi zählen Formen des automatisierten Anrufsammeltaxis oder nachfragegesteuerte Kleinbusse oder Normalbusse. Eine zu klärende Frage stellt die Beförderung von Kindern unter einer zu definierenden Altersgrenze sowie

von körperlich beeinträchtigten Personen dar, weil an Bord kein Servicepersonal permanent vorhanden ist. aMoDi im Rahmen eines ÖV-Betriebes haben durch die angestrebte Verzahnung mit dem klassischen ÖV-Angebot einen größeren organisatorischen Aufwand und stehen deshalb in einem nicht zu vernachlässigenden Konkurrenzverhältnis zu privaten aMoDi.

- (2) **aMoDi im Rahmen von privatwirtschaftlichen Diensten:** Zu diesen zählen verschiedene Formen von Car-Sharing und Ride-Sharing sowie Taxis mit AuFz und digitaler Vermittlungsplattform. Es ist zu erwarten, dass diese Dienstleistungen eine starke Eigendynamik entwickeln, wie es z.B. der Betrieb von „Uber“ zeigt. Die Abschätzung der Verkehrsnachfrage weist darauf hin, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit eine starke Konkurrenz zum traditionellen öffentlichen und nichtmotorisierten Verkehr entstehen wird. Eine zu klärende zentrale Frage kommt den rechtlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb zu, um eine faire Konkurrenzsituation und Bedienungsqualität sicher zu stellen. Aus umweltpolitischer Sicht sind diese Dienstleistungen nur dann mit den verkehrspolitischen Zielsetzungen vereinbar, wenn sie **keinen fossilen, sondern einen alternativen Antrieb** haben.

#### **Folgende Ergebnisse zeigen sich:**

- aMoDi stellen eine Chance dar, für Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit, aber auch jenen Personengruppen, die derzeit kein Auto lenken dürfen oder können, wie beispielsweise Kinder, Jugendliche, SeniorInnen, TouristInnen usw., ein Tür-zu-Türservice anzubieten. Allerdings sind die rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären, unter welchen Umständen welche Personengruppe befördert werden darf.
- aMoDi stellen auch eine Chance dar, dass für dünn besiedelte Gebiete eine Mindesterschließungsqualität für Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit sichergestellt wird. Sie sind aus raumordnungspolitischer Sicht aber genauso problematisch, wie der motorisierte Individualverkehr, weil sie die dezentrale Besiedlung fördern, wenn keine strikte entgegenwirkende Raumordnungspolitik betrieben wird.
- Da aMoDi in starker Konkurrenz zum traditionellen öffentlichen Verkehr stehen, wie es die Szenarien-Untersuchung zeigt, ist eine proaktive Stärkung des öffentlichen Verkehrs auf alle Fälle zu empfehlen. Dafür sind Maßnahmen wie die Herstellung der Kostenwahrheit im Verkehr (= Internalisierung der externen Kosten), sogenannte Push-and-Pullmaßnahmen, aber auch die Nutzung aMoDi für eine lückenlose Tür-zu-Tür-Erschließung des ÖV geeignet.
- Der Einsatz von aMoDi führt zu signifikanten Veränderungen im Verkehrssystem. Der Effekt kann verstärkt werden, wenn gleichzeitig restriktive Maßnahmen für den MIV umgesetzt werden. Derzeit existiert für aMoDi ein hoher regulatorischer Gestaltungsspielraum, da für deren Einsatz die gesetzlichen Rahmenbedingungen nicht ausreichend definiert sind. Aus verkehrspolitischer Sicht ist zu empfehlen, den Einsatz von Beginn an auf alternative, nicht fossile Antriebsformen zu beschränken und Vorgaben in Hinblick auf die Mindestanforderung der Mobilitätsversorgungssicherheit festzulegen (Flächenversorgung, Betriebszeiten, Kapazitäten, Fahrzeugqualitäten etc.).

## 11.10 Verkehrspolitische Auswirkungen und Handlungsbedarf für automatisiertes Fahren

Das Projekt AUTO-NOM analysiert die rechtlichen, verkehrsplanerischen, umweltpolitischen und infrastrukturellen Fragen zum Automatisierten Fahren und Fahrzeugen im Systemzusammenhang. Damit sind einer Reihe von bisher kaum diskutierten und publizierten Ergebnissen zu Tage getreten, die für die verkehrspolitische Entscheidungsfindung einen wichtigen Beitrag leisten können.

### Verkehrspolitische Auswirkungen – Zusammenfassung

- Das Automatisierte Fahren eröffnet neue Möglichkeiten zur Erfüllung von Mobilitätswünschen, insbesondere für jene Personengruppen, die derzeit kein Auto lenken können oder dürfen. Für Personen, die ein Auto benützen, eröffnet es die Möglichkeit, während des Autofahrens die Zeit für andere Tätigkeiten als Lenken zu nutzen, was die Wahlfreiheit und Bequemlichkeit des Autofahrens steigert.
- Der Modalsplit, bezogen auf die Wegehäufigkeit, wird für den MIV bis zum Zieljahr 2040 stagnieren. Für Fahrten automatisierter Mobilitätsdienste wird er signifikant zunehmen, zulasten des öffentlichen Verkehrs. Die Fahrleistungen, gemessen in Pkw-km wird deutlich zunehmen. Durch autorestriktive Maßnahmen, wie z.B. der Internalisierung externer Kosten für den MIV läßt sich ein Reduktionseffekt der Pkw-Nutzung erreichen.
- Die Nutzung von automatisierten Mobilitätsdienstleistungen, Car- und Ride-Sharing, wird den Pkw-Bestand nur geringfügig reduzieren. Eine Reduktion wird es vor allem in Stadt- und Ballungsraumzentren geben, die eine Stellplatzmangel oder andere Restriktionen für den MIV in Verbindung mit einem alternativen Angebot des Umweltverbundes haben. Durch autorestriktive Maßnahmen, wie z.B. der Internalisierung externer Kosten für den MIV läßt sich der Reduktionseffekt auf den Pkw-Bestand verstärken. Die treibende Kraft der Automatisierung des Kfz-Verkehrs, die Autoindustrie, ist derzeit noch primär am Verkauf einer großen Anzahl von Kfz interessiert. Deshalb müssen verkehrspolitische Ziele, wie die Reduktion des Pkw-Bestandes zur Lösung der Verkehrsprobleme mit dem ruhenden Verkehr in Ballungsräumen, von der öffentlichen Hand durch geeignete Rahmenbedingungen forciert werden.
- Die gültigen verkehrspolitischen Ziele bezüglich Klima- und Umweltschutz wie auch der Klima- und Energiestrategie 2030 werden durch das AuFa selbst **nicht unterstützt**, weil die THG-Emissionen tendenziell zunehmen, wenn der Antrieb auf dem heutigen Niveau von fossilen Treibstoffen bleibt. Nur eine Zulassungsbindung AuFz an einen fossilfreien Antrieb oder andere Push-Maßnahmen, wie eine Internalisierung der externen Kosten für Autos, kann einen Beitrag zur Klimastrategie liefern.
- Während die Dynamik für die Entwicklung der AuFz im privaten Sektor des MIV und der automatisierten Dienstleistungen auf Grund der ökonomischen Interessen der Autoindustrie sehr stark ist, **besteht für die Entwicklung von aMoDi in Verbindung mit dem öffentlichen Verkehr ein Defizit.**
- Verkehrspolitische Zielsetzungen der Gesellschaft und der öffentlichen Hand, wie ein erwünschter Rückgang des Autoverkehrs mit fossilem Antrieb oder der THG-Emissionen wird allein durch die Automatisierung des Autoverkehrs nicht bewirkt. Solche Zielsetzungen sind proaktiv von der öffentlichen Hand und den verkehrspolitischen Entscheidungsträgern durch geeignete Rahmenbedingungen zu forcieren.

## Handlungsbedarf für eine erfolgreiche Entwicklung des Automatisierten Fahrens

Folgende Problemstellungen und Herausforderungen aus der Sicht der öffentlichen Hand bedürfen einer Diskussion und Lösung, die in einzelnen Themengruppen bearbeitet und vom Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie koordiniert werden sollten:

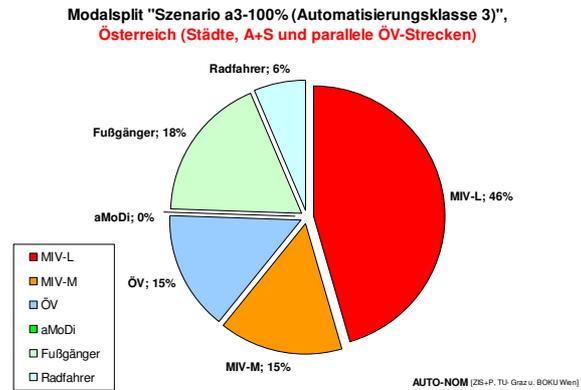
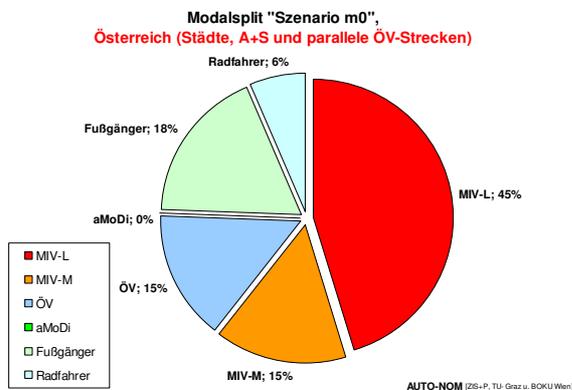
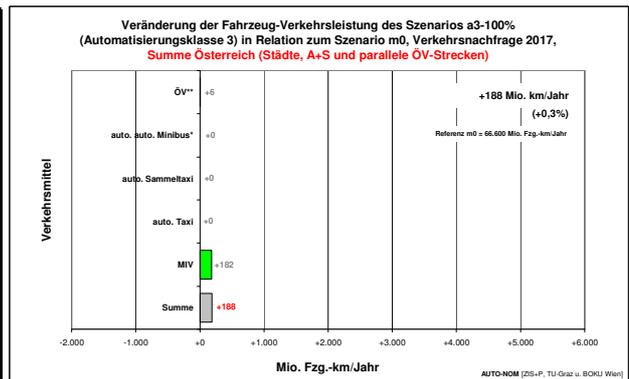
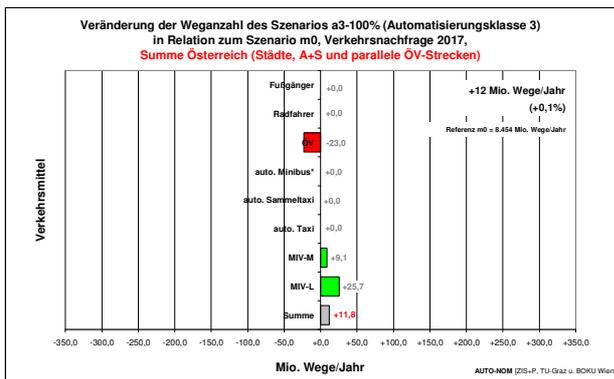
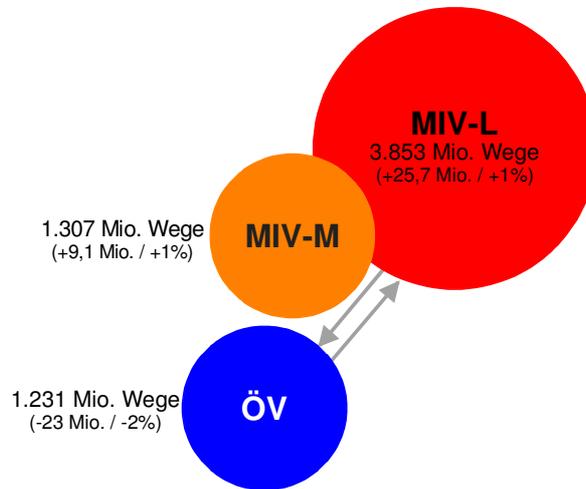
- Breite **Information, Präsentation und kritische Diskussion** der Ergebnisse des Forschungsprojektes AUTO-NOM in der Fach-Community und mit allen relevanten Stakeholdern des AuFa auf nationaler und internationaler Ebene: Damit soll das Bewusstsein für viele derzeit noch nicht oder nur am Rande behandelte Fragestellungen des AuFa verstärkt werden. Diese Ergebnisse sind für die weitere Entwicklung des AuFa sowohl für Vertreter der Fahrzeugindustrie als auch der öffentlichen Hand und der verkehrspolitischen Entscheidungsträger von zentraler Bedeutung.
- Für die **rechtlichen Zulassungsbedingungen des Automatisierten Fahrens** empfiehlt sich die Einrichtung einer interdisziplinären Task-Force aus ExpertInnen der StVO und des relevanten Verkehrsrechts, der Verkehrssicherheit und Straßenverkehrstechnik, der Fahrzeughersteller und der Verkehrsplanung, die alle offenen Fragestellungen identifiziert, notwendige Untersuchungen für fehlende Erkenntnisse des Fahrverhaltens AuFz initiiert, Lösungsvorschläge in Varianten erarbeitet, die Auswirkungen abschätzt und eine faktenorientierte Entscheidungsgrundlage für die Entscheidungsträger ausarbeitet. Diese soll einerseits dazu dienen, die in Österreich zu treffenden rechtlichen Entscheidungen auf eine Faktenbasis zu stellen und andererseits für die auf europäischer Ebene gemeinsam auszuhandelnden Entscheidungen gut vorbereitet zu sein.
- Für die angesprochenen **offenen Fragestellungen, die die Infrastruktur** betreffen, soll eine einschlägige ExpertInnengruppe beauftragt werden, um Lösungsvorschläge in Varianten und Offenlegung der relevanten Auswirkungen zu erarbeiten. Im Anschluss daran sind auf Grund verkehrspolitischer Entscheidungen die betroffenen Richtlinien zu überarbeiten.
- Ein **dringender Forschungsbedarf** besteht für die Analyse des **Verkehrs- und Fahrverhalten** als Folge des AuFa. Hier ist insbesondere die Fragestellung der Automatisierungsstufe 4 und 5 in Verbindung mit den Ausnahmen vom Vertrauensgrundsatz auf Straßen außerorts zu nennen. In der Folge sind alle relevanten Auswirkungen für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung auf Basis des analysierten Verkehrs- und Fahrverhaltens mit geeigneten Methoden abzuschätzen. Dafür sind geeignete sozioempirische Verfahren zur Prognose hypothetischer Rahmenbedingungen für das AuFa zu entwickeln und anzuwenden. Dazu sind vor allem Stated Preference-Verfahren und Simulationsverfahren an Fahrprüfständen geeignet. Die Ergebnisse stelle einen wichtigen Beitrag dar, um die rechtlichen Zulassungsbedingungen und Fragestellungen der Infrastruktur zu beantworten.

Wenn man den Überblick über die technische Entwicklung, die wissenschaftlichen Untersuchungen, die mediale Berichterstattung sowie die gesellschaftlichen Meinungen für das Automatisierte Fahren betrachtet, zeigt sich, dass eine Vielzahl an offenen Fragen und Problemen erst im Ansatz diskutiert werden und eine häufig unbeachtete „Black Box“ darstellen. Diese Untersuchung versucht die offenen Fragestellungen aus verkehrlicher und rechtlicher Sicht zusammen zu betrachten und jene Punkte zu identifizieren, die einen signifikanten Einfluß auf die verkehrliche Entwicklung in Österreich haben können. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, dass das Automatisierte Fahren einen angemessenen Beitrag zur Lösung unserer Verkehrsprobleme bringt.

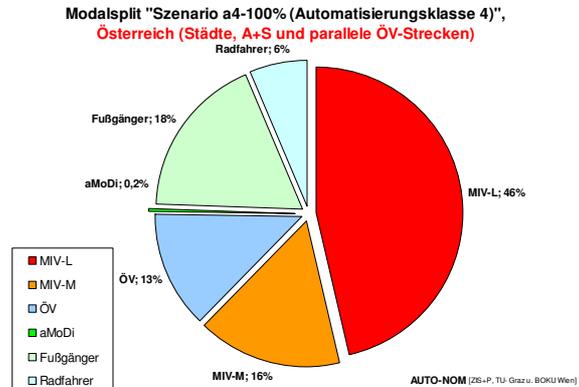
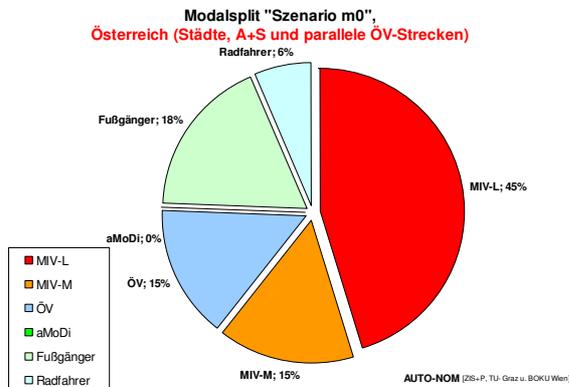
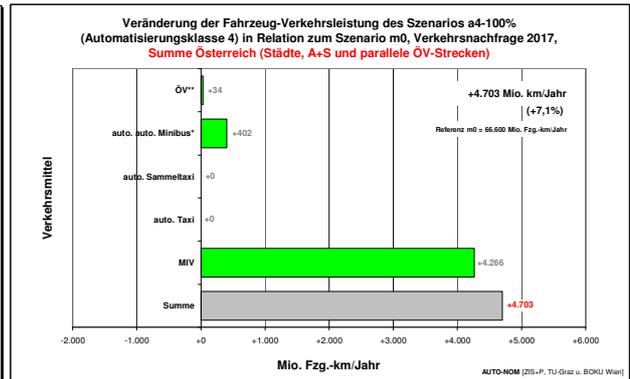
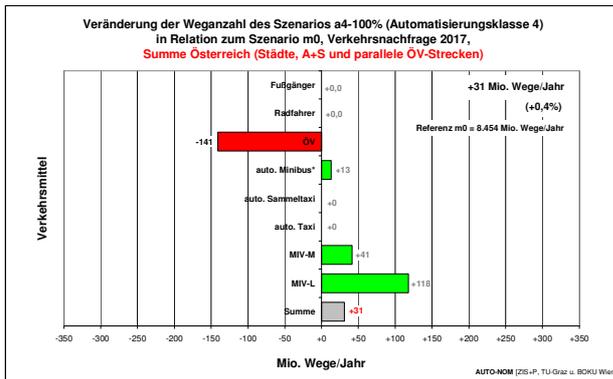
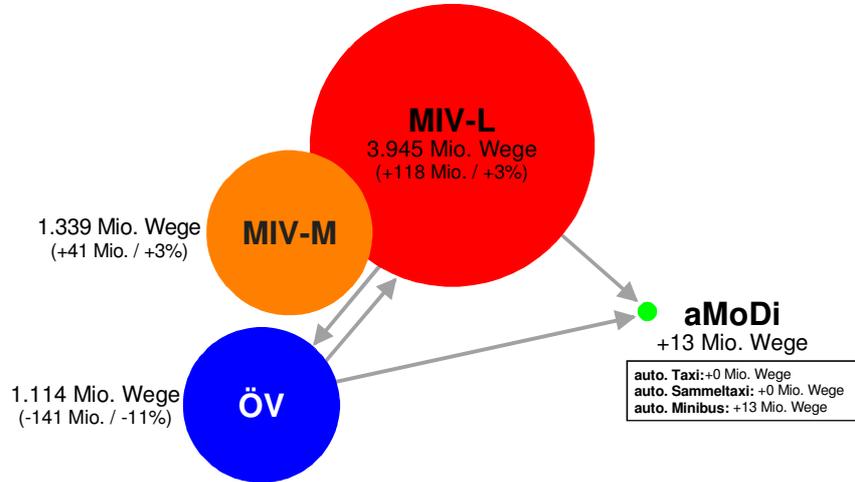
## **12 Anhang**

## **12.1 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für Österreich**

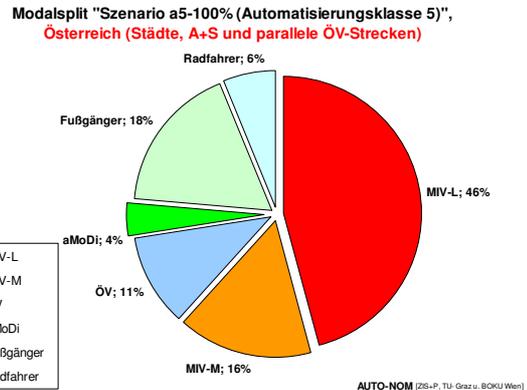
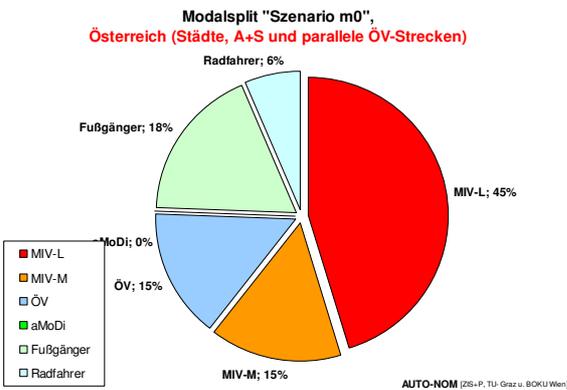
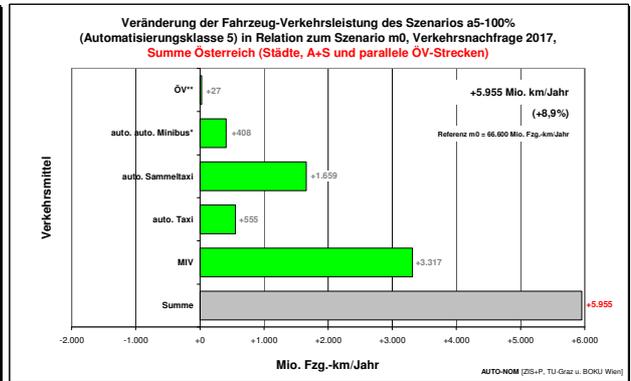
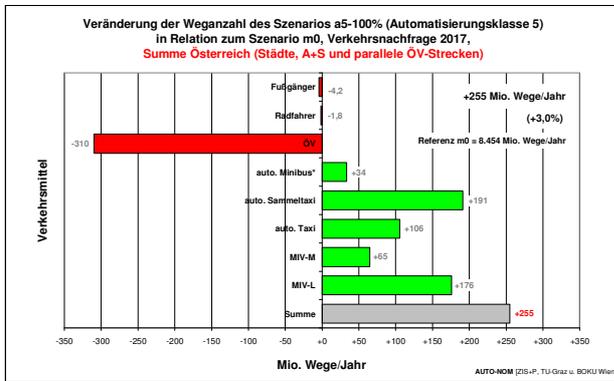
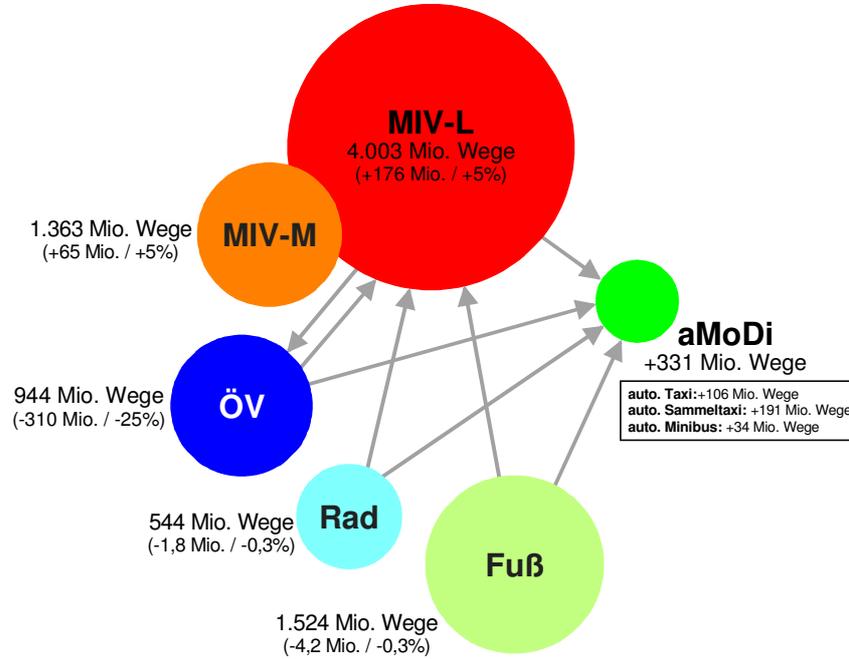
## 12.1.1 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 3 für Österreich (Szenario a3-100%)



## 12.1.2 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 4 für Österreich (Szenario a4-100%)

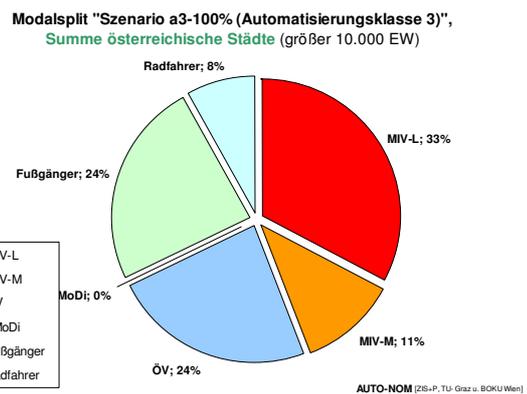
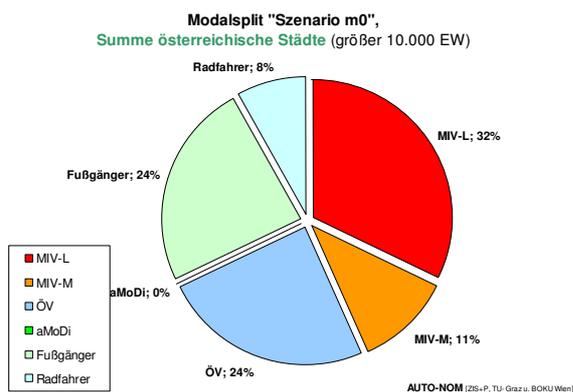
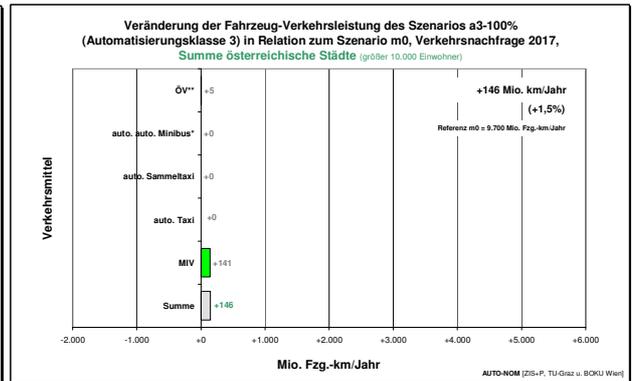
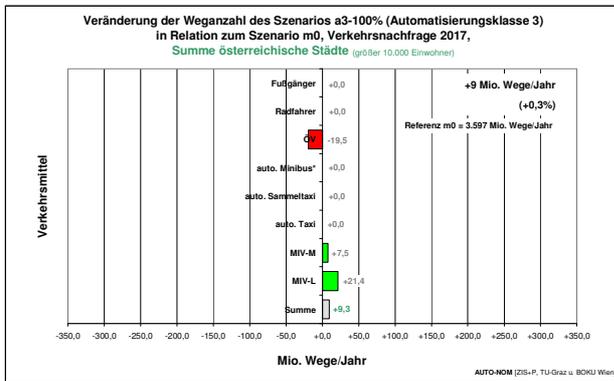
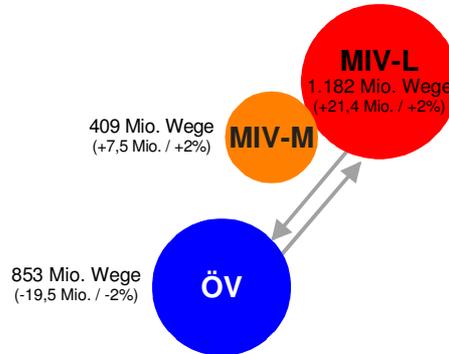


### 12.1.3 Verkehrliche Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklasse 5 für Österreich (Szenario a5-100%)

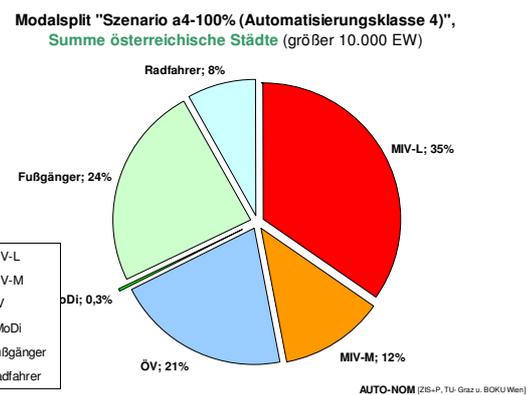
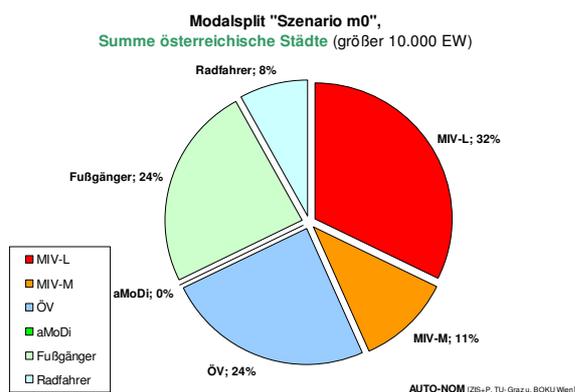
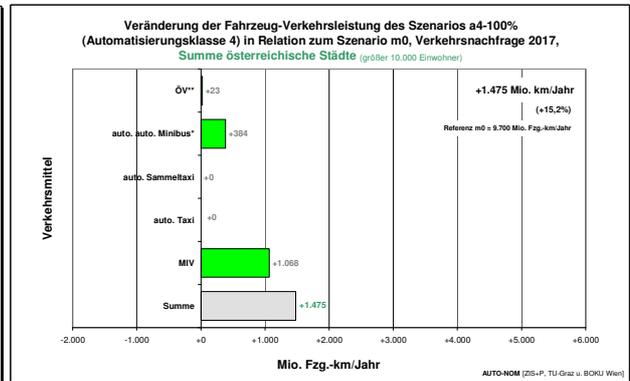
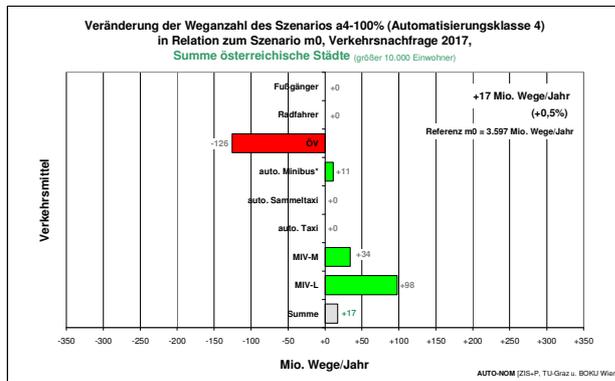
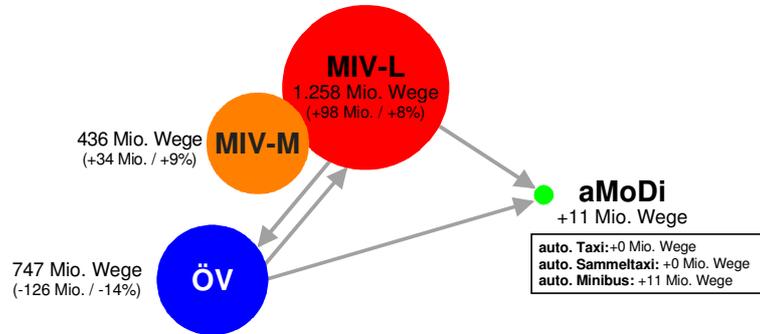


**12.2 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen**

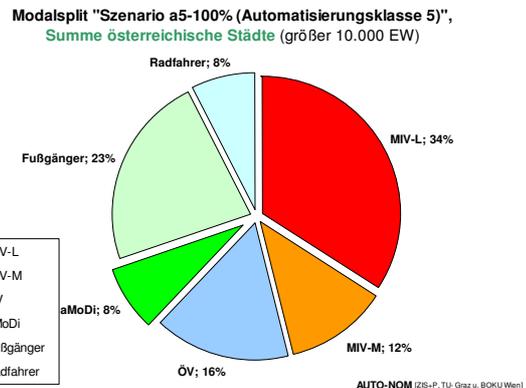
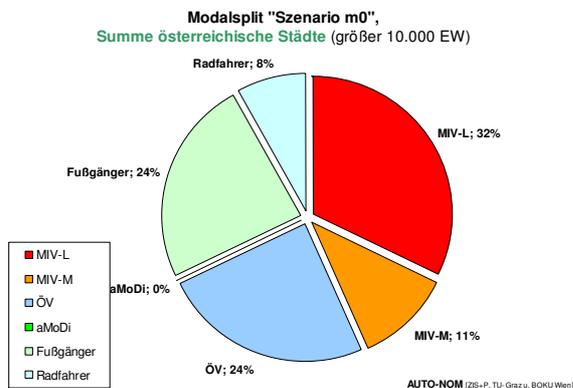
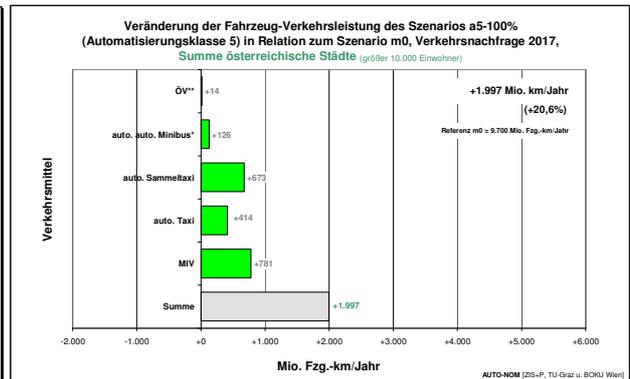
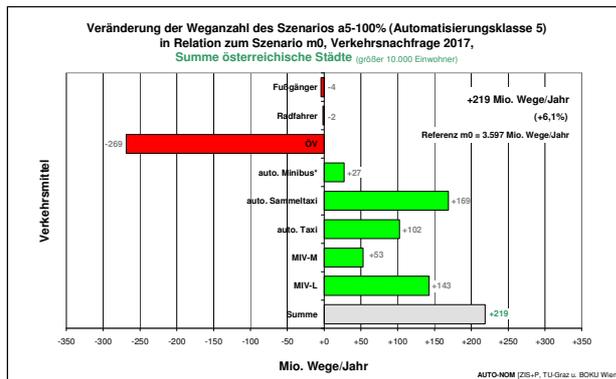
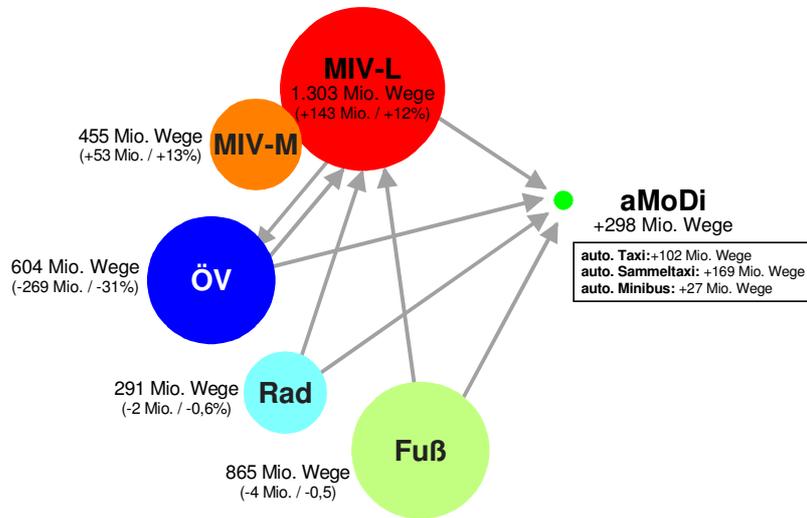
## 12.2.1 Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 3 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a3-100%)



## 12.2.2 Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 4 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a4-100%)

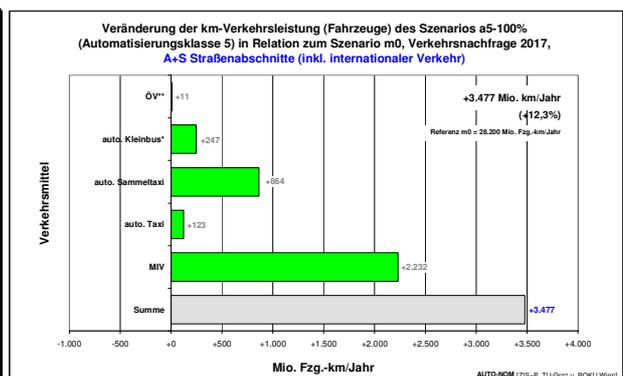
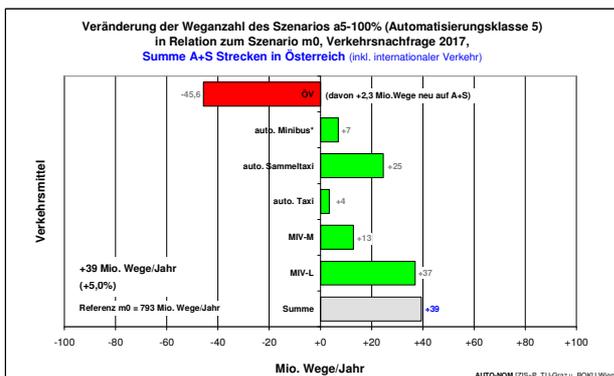
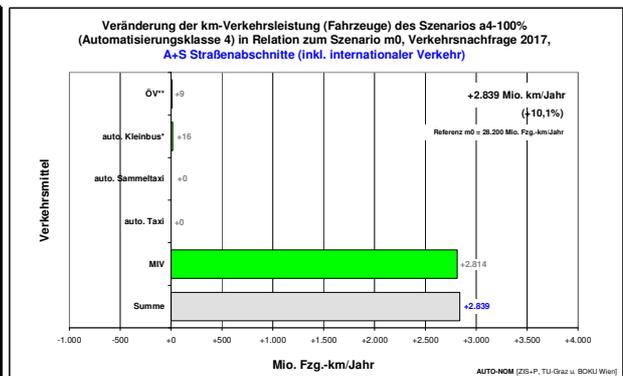
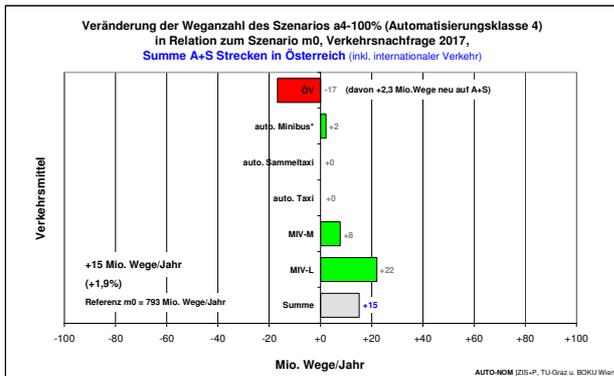
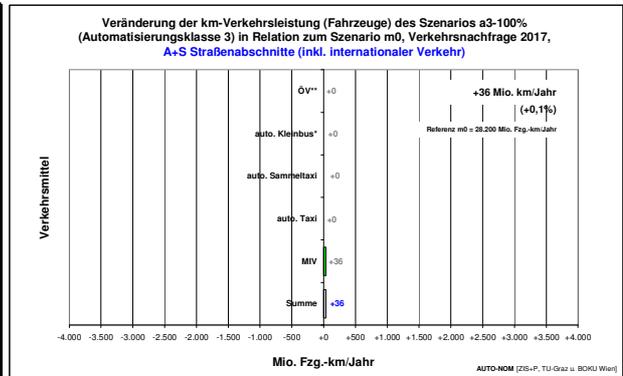
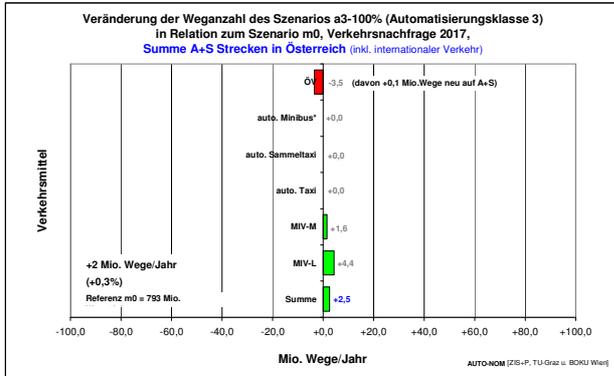


### 12.2.3 Verkehrliche Auswirkungen der Automatisierungsklasse 5 für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW (Szenario a5-100%)



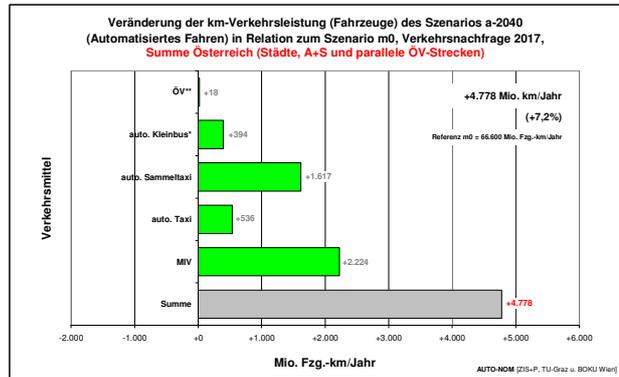
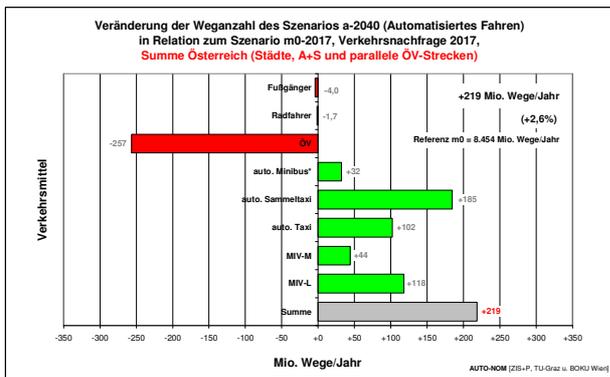
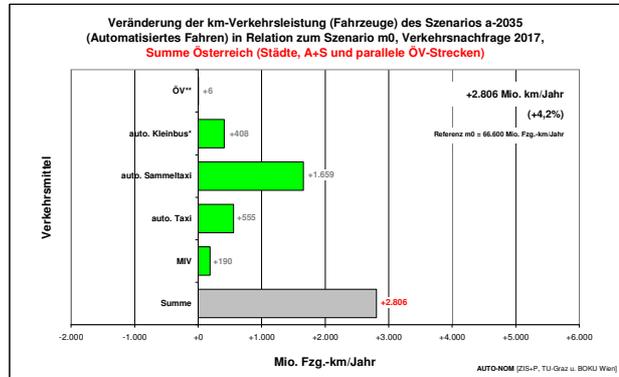
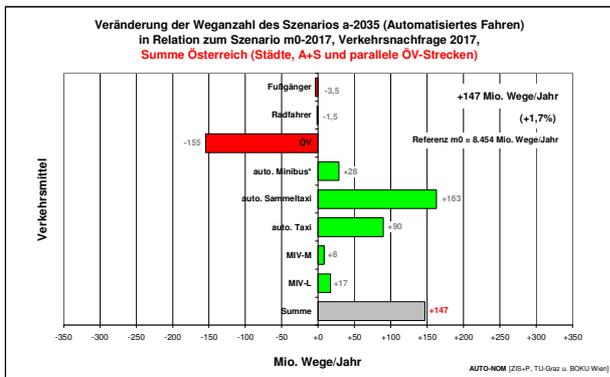
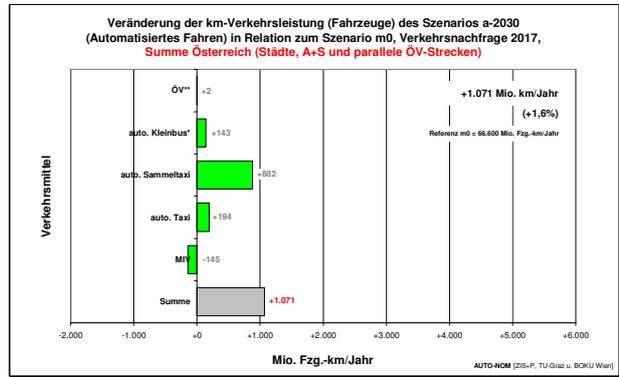
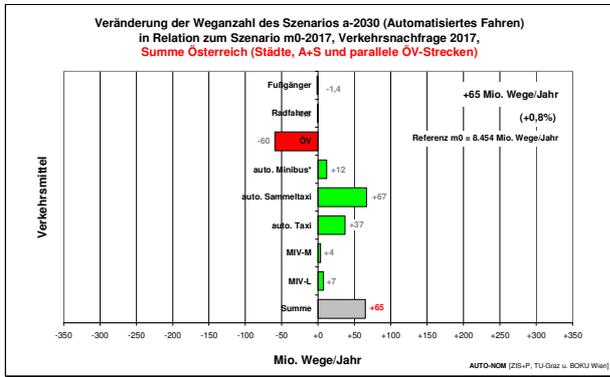
### **12.3 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (100%-Szenarien) für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)**

## 12.3.1 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens auf A+S Strecken (inkl. internationalem Verkehr) für die Szenarien a3-100%, a4-100% und a5-100%

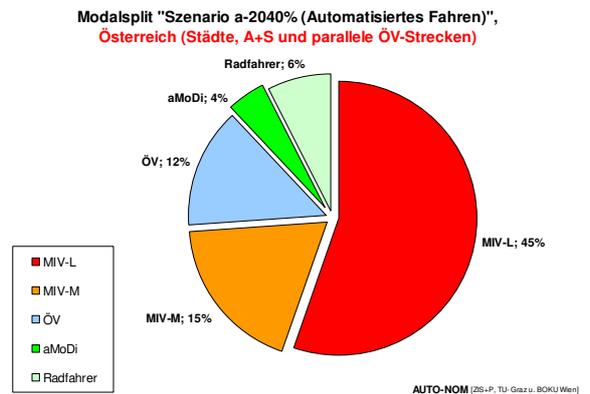
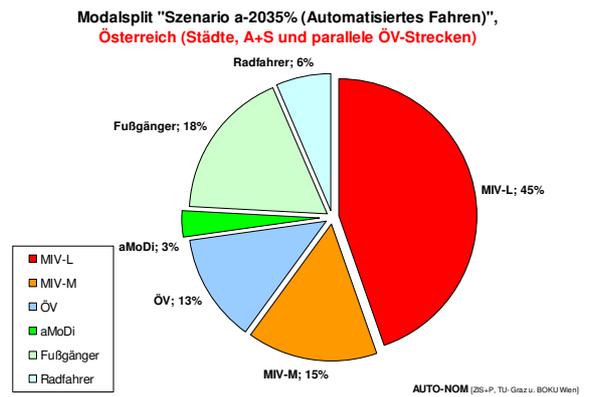
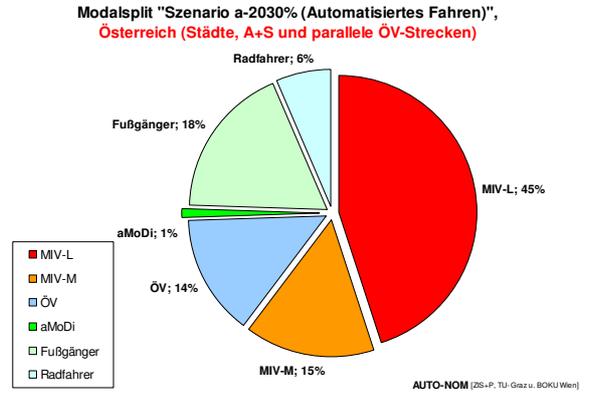
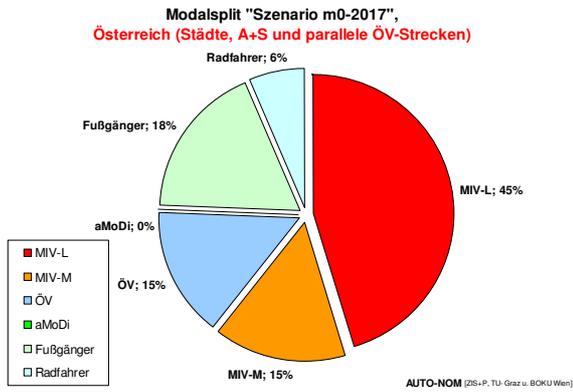


## **12.4 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für Österreich**

## 12.4.1 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens in Österreich für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040

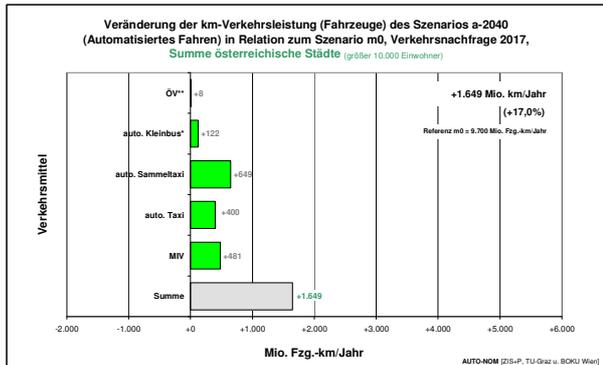
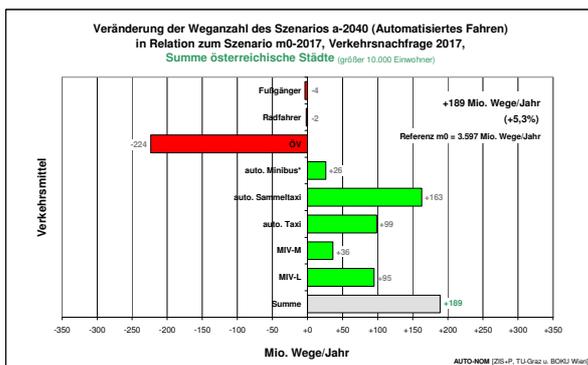
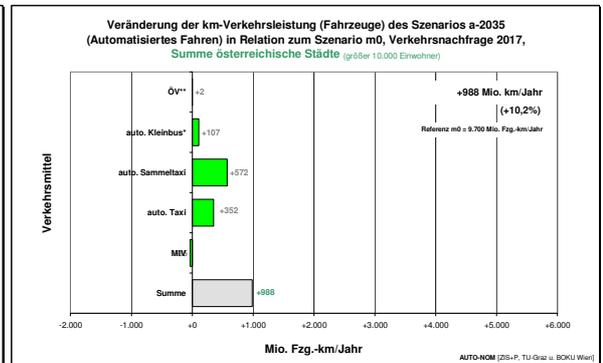
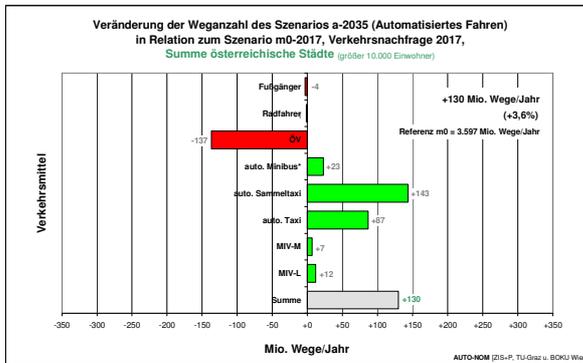
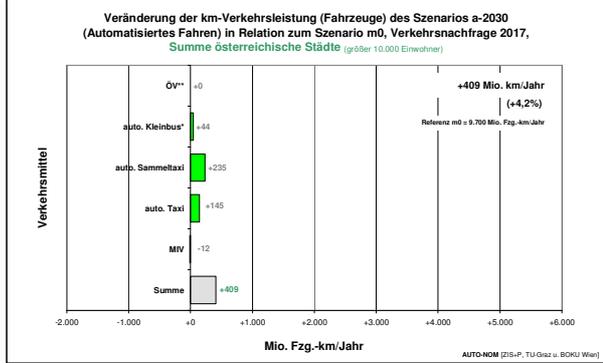
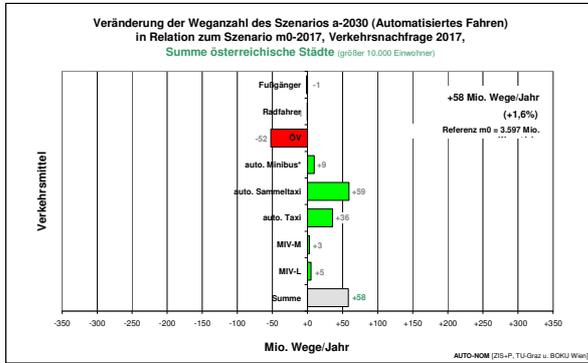


## 12.4.2 Modalsplit des Automatisierten Fahrens in Österreich für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040

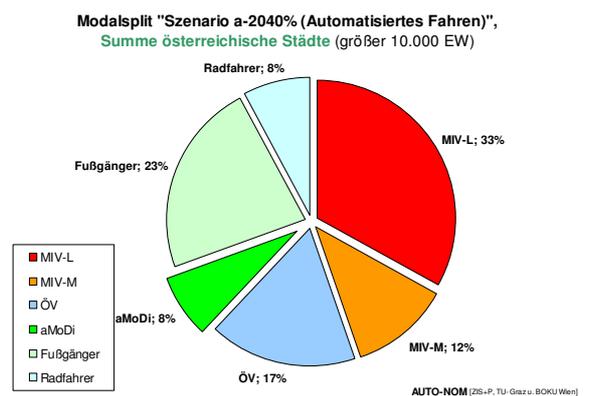
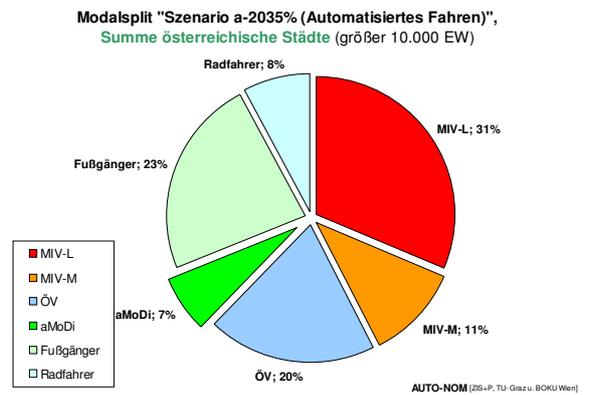
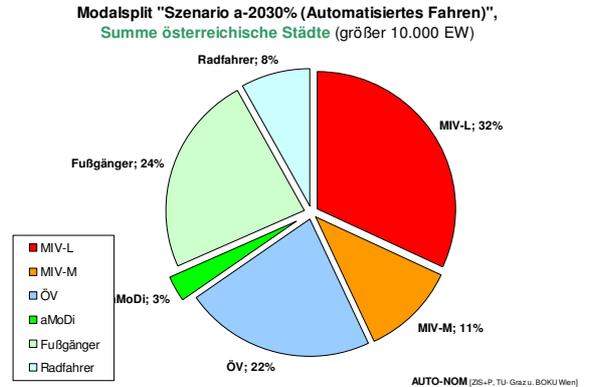
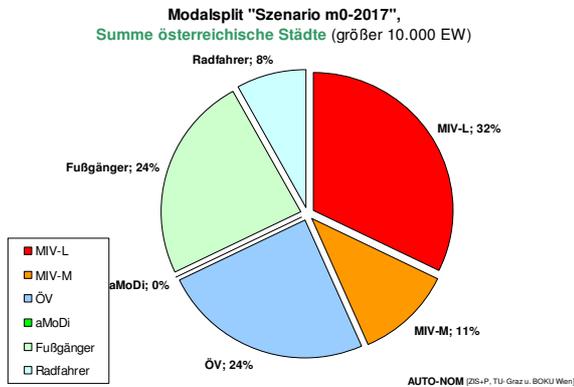


**12.5 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EinwohnerInnen**

## 12.5.1 Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040

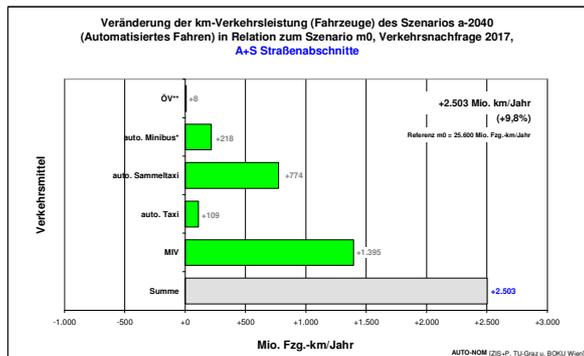
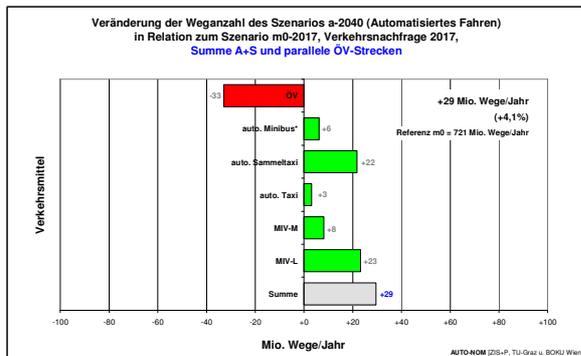
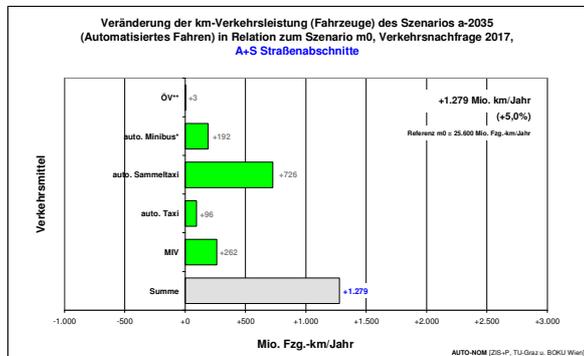
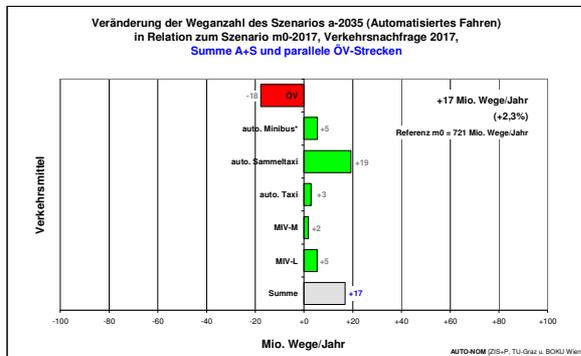
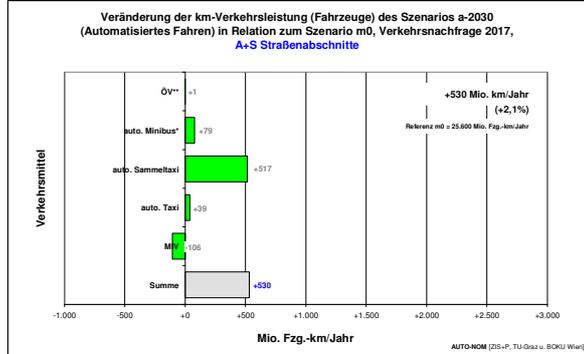
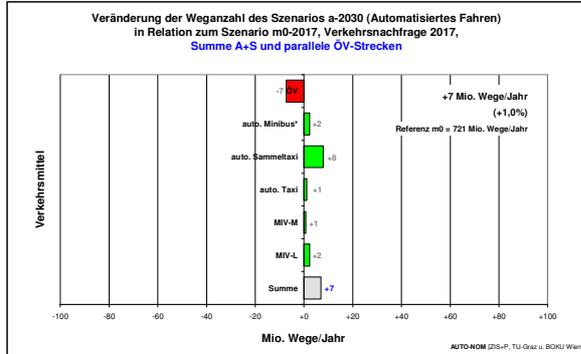


## 12.5.2 Modalsplit des Automatisierten Fahrens für österreichische Städte mit mehr als 10.000 EW für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040



**12.6 Grafiken zu den verkehrlichen Auswirkungen des Automatisierten Fahrens der Automatisierungsklassen 3, 4 und 5 (Real-Szenarien) für Autobahnen und Schnellstraßen (A+S)**

## 12.6.1 Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistung des Automatisierten Fahrens auf A+S Strecken (inkl. internationalem Verkehr) für die Real-Szenarien a3-2030, a4-2035 und a5-2040



## 13 Literatur- und Quellenverzeichnis

Alessandrini, Adriano; Campagna, Andrea; Site, Paolo; Filippi, Francesco; Persia, Luca (2015): Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. In: Transportation Research Procedia. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146515000034>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

Amlacher S., Andréewitch (2017): Rechtliche Fragen des autonomen Fahrens - Verkehrsrecht (Teil I), jusIT 2017.

Anderson, James M.; Kalra, Nidhi; Stanley, Karlyn D.; Sorensen, Paul; Samaras, Constantine; Oluwatola, Oluwatobi A. (2014): Autonomous vehicle technology. A guide for policymakers. Santa Monica CA: Rand Corporation.

Aria, Erfan; Olstam, Johan; Schwietering, Christoph (2016): Investigation of Automated Vehicle Effects on Driver's Behavior and Traffic Performance. In: Transportation Research Procedia, S. 761–770. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516305968>, zuletzt geprüft am 14.04.2017.

Asendorpf, Dirk (2015): Wir fahren Auto-Auto. Autonomes Fahren. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/2015/36/autonomes-fahren-probleme>, zuletzt geprüft am 04.03.2017.

Axhausen, Kay; Ehreke, Ilka; Glemser, Axel; Hess, Stephane; Jödden, Christian; Nagel, Kai et al. (2016): Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung. Schlussbericht: FE-Projekt-Nr. 96.996/2011.

Barter, Paul (2013): "Cars are parked 95% of the time". Let's check! Online verfügbar unter <http://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>, zuletzt aktualisiert am 07.04.2017.

Berger W.J. (2017): Verkehrssicherheitsauditoren- und Road Safety Inspektoren, Grundseminar, FSV, Wien 2017.

Bonnefon, Jean-Francoise; Shariff, Azim; Rahwan, Iyad (2016): The social dilemma of autonomous vehicles. In: Science (New York, N.Y.). Online verfügbar unter <http://science.sciencemag.org/content/352/6293/1573/tab-pdf>, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

Bösch, Patrick; Becker, Felix; Becker, Henrik; Axhausen, Kay (2017): Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services. ETH Zürich. Zürich.

Brown, Austin; Gonder, Jeffrey; Repac, Brittany (2014): An Analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicle. In: Gereon Meyer und Sven Beiker (Hg.): Road Vehicle Automation. Cham: Springer International Publishing, S. 137–153.

Brownell, Chris; Kornhauser, Alain (2014): A Driverless Alternative. Fleet Size and Cost Requirements for a Statewide Autonomous Taxi Network in New Jersey. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Online verfügbar unter [http://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F14/Brownell\\_TRB\\_Paper\\_FINAL.pdf](http://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F14/Brownell_TRB_Paper_FINAL.pdf), zuletzt geprüft am 06.02.2017.

Burns, Lawrence; Jordan, William; Scarborough, Bonnie (2013): Transforming personal mobility. The Earth Institute, Columbia University. New York. Online verfügbar unter <http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

Busch, Fritz; Krause, Sabine; Motamedidehkordi, Nassim; Hoffmann, Silja; Hartmann, Martin; Vortisch, Peter (2017): Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Frnstraßeninfrastruktur. Hg. v. Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., Verband der Automobilindustrie VDA. FAT-Schriftreihe 296.

Chapin, Tim; Stevens, Lindsay; Crute, Jeremy; Crandall, Jordan; Rokyta, Anne; Washington, Alexandria (2016): Envisioning Florida's Future: Transportation and Land Use in an Automated Vehicle Automated Vehicle World. Hg. v. Florida Department of Transportation. Florida State University Department of Urban & Regional Planning. Online verfügbar unter <http://www.automatedfl.com/wp-content/uploads/2015/06/Envisioning-Floridas-Future-Final-Report-BDV30-TWO-934-10.pdf>, zuletzt geprüft am 14.02.2017.

Chen, Donna; Kockelman, Kara; Hanna, Josiah (2015): Operations of a shared, autonomous, electric vehicle fleet: Implications of vehicle and charging infrastructure decisions. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2016. Online verfügbar unter [http://www.cae.utexas.edu/prof/kockelman/public\\_html/TRB16SAEVs100mi.pdf](http://www.cae.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB16SAEVs100mi.pdf), zuletzt geprüft am 15.03.2017.

Childress, Suzanne; Nichols, Brice; Charlton, Billy; Coe, Stefan (2014): Using an activity-based model explore impacts automated vehicles. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2015.

Cools, Mario; Rongy, Caroline; Limbourg, Sabine (2016): Can Autonomous Vehicles Reduce Car Mobility? Evidence from a Stated Adaptation Experiment in Belgium. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2017.

Dandl, Florian; Bracher, Benedikt; Bogenberger, Klaus (2017): Mikrosimulation elektrischer Robotertaxis in München. In: FGSV und VDV (Hg.): HEUREKA '17 - Optimierung in Verkehr und Transport. Stuttgart.

Davidson, Peter; Spinoulas, Anabelle (2015): Autonomous Vehicles. What Could This Mean For The Future Of Transport? In: AITPM 2015 National Conference. Online verfügbar unter <http://transposition.com.au/research/AutonomousVehicles.pdf>, zuletzt geprüft am 03.02.2017.

Eisenberger I., Gruber, Huber, Lachmayer (2017): Automatisiertes Fahren – Komplexe regulatorische Herausforderungen, ZVR 2016, 383, Wien 2017

Eisenberger I., Lachmayer, Eisenberger G. (Hrsg, 2017): Autonomes Fahren und Recht, Manz, Wien 2017

Eisenberger I., Lachmayer, San Nicolo (2018): Verfahren zur Durchführung von Testfahrten automatisierter Fahrzeuge, ZTR.

EPOMM (2017): Die Rolle von Mobilität als Dienstleistung für Mobilitätsmanagement.

Eriksson A., N. A. Stanton (2017): Takeover Time in Highly Automated Vehicles: Noncritical Transitions to and From Manual Control, Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Jänner 2017.

Fagnant, Daniel; Kockelman, Kara (2014): The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. In: Transportation Research Part C: Emerging

- Technologies, Washington D.C., 2014. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X13002581>.
- Fellendorf, Martin; Haberl Michael; Kerschbaumer, Andreas; Medicus, Eva; Neuhold, Robert; Rudigier Martin (2017): Bewertung des Verkehrsgeschehens durch automatisiertes Fahren auf Autobahnen und schnellstraßen, FFG, bmvit, Wien, 2017.
- Frauenhofer IAO, Horvath & Partners: "The Value of Time", Nutzerbezogene Service-Potentiale durch autonomes Fahren, Stuttgart April 2016.
- Friedrich, Markus; Hartl, Maximilian (2016): MEGAFON. Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des oeffentlichen Nahverkehrs. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Stuttgarter Straßenbahnen AG und Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart GmbH. Online verfügbar unter [http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/news/Downloads/MEGAFON\\_Abschlussbericht\\_V028\\_20161212.pdf](http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/news/Downloads/MEGAFON_Abschlussbericht_V028_20161212.pdf), zuletzt geprüft am 15.04.2017.
- Gertz, Carsten; Gertz, Elke (2012): Vom Verkehr- zum Mobilitätsverbund. Die Vernetzung von inter- und multimodalen Mobilitätsdienstleistungen als Chance für den ÖV. Hintergrundpapier zur Entwicklung von Mobilitätsverbänden. Hg. v. VDV-Verwaltungsrat "Verband- und Aufgabenträgerorganisation". Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.vdv.de/vdv-hintergrundpapier-mobilitaetsverbund.pdf>.
- Gonder, Jeffrey; Earleywine, Matthew; Sparks, Witt (2012): Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback. In: SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems. Online verfügbar unter <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53864.pdf>, zuletzt geprüft am 17.04.2017.
- Gonder, Jeffrey; Rajagopalan, Sai; Wood, Eric (2014): Connectivity-Enhanced Route Selection and Adaptive Control for the Chevrolet Volt: Preprint. In: World Congress on Intelligent Transport Systems, Detroit, Michigan, 2014. Online verfügbar unter <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60960.pdf>, zuletzt geprüft am 18.04.2017.
- Gucwa, Michael (2014): Mobility and Energy Impacts of Automated Cars. In: Automated Vehicles Symposium 2014, San Francisco. Online verfügbar unter <https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/c2a3ac12-b178-4f9c-a654-78576a33e081/UploadedImages/documents/pdfs/7-16-14%20AVS%20presentations/Michael%20Gucwa.pdf>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.
- Harper, Corey; Hendrickson, Chris; Mangones, Sonia; Samaras, Constantine (2016): Bounding the Potential Increases in Vehicles Miles Travelled for the Non-Driving and Elderly Populations and People with Travel-Restrictive Medical Conditions in an Automated Vehicle Environment. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Washington, D.C.
- Hazan, Joel; Lang, Nikolaus; Ulrich, Peter; Chua, Jeffrey; Doubara, Xanthi; Steffens, Thomas (2016): Will Autonomous Vehicles Derail Trains? Hg. v. The Boston Consulting Group. Online verfügbar unter <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/transportation-travel-tourism-automotive-will-autonomous-vehicles-derail-trains/>, zuletzt geprüft am 04.04.2017.
- Haider T., R. Klementsitz (2017): Wirkungspotentiale für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge im ländlichen Raum, bmvit, FFG, Wien 2017.
- Häder M. (2002-2014): Delphi-Befragungen Ein Arbeitsbuch, Springer VS, Berlin 2014.

Howard, Daniel; Dai, Danielle (2013): Public Perceptions of Self Driving Cars: The Case of Berkeley, California. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2014. Online verfügbar unter <https://www.ocf.berkeley.edu/~djhoward/reports/Report%20-%20Public%20Perceptions%20of%20Self%20Driving%20Cars.pdf>, zuletzt geprüft am 16.02.2017.

IHS (2014): Emerging Technologies: Autonomous Cars – Not If, But When. Engelwood, Colorado.

Johnson, Brian (2015): Disruptive Mobility: AV Deployment Risks and Possibilities. Hg. v. Barclays. Online verfügbar unter [http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Brian\\_Johnson\\_DisruptiveMobility.072015.pdf](http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Brian_Johnson_DisruptiveMobility.072015.pdf), zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Johnston, C., J. Walker (2017), Peak Car Ownership: The Market Opportunity for Electric Automated Mobility Services, Rocky Mountain Institute, online verfügbar: [https://www.rmi.org/wp-content/uploads/2017/03/Mobility\\_PeakCarOwnership\\_Report2017.pdf](https://www.rmi.org/wp-content/uploads/2017/03/Mobility_PeakCarOwnership_Report2017.pdf), , zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Katrakazasa C., Quddusa M., Chen W., Deka L. (2015): Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions, Transportation Research Part C: Emerging Technologies Volume 60, November 2015.

Lachmayer K. (2017): Von Testfahrten zum regulären Einsatz automatisierter Fahrzeuge, ZVR 2017, 515., Wien.

Kim, Kyung-Hwan; Yook, Dong-Hyung; Ko, Yong-Seok; Kim, Dong-Han (2015): An analysis of expected effects of the autonomous vehicles on transport and land use in Korea. Marron Institute of Urban Management. New York. Online verfügbar unter [http://marroninstitute.nyu.edu/uploads/content/Kim,YookDevelopment\\_of\\_Autonomous\\_Driving\\_SystemMarron.pdf](http://marroninstitute.nyu.edu/uploads/content/Kim,YookDevelopment_of_Autonomous_Driving_SystemMarron.pdf), zuletzt geprüft am 04.12.2016.

Kloostera, Bradley; Roorda, Matthew (2016): Fully Autonomous Vehicles: Analyzing Transportation Network Performance and Operating Scenarios in the Greater Toronto Area, Canada. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2017.

Kockelman, Kara; Avery, Paul; Bansal, Prateek; Boyles, Stephen; Bujanovic, Pavle; Choudhary, Tejas et al. (2016): Implications of Connected and Automated Vehicles on the Safety and Operations of Roadway Networks: A Final Report. Hg. v. Texas Department of Transportation. Center for Transportation Research at the University of Texas at Austin. Online verfügbar unter <http://library.ctr.utexas.edu/ctr-publications/0-6849-1.pdf>, zuletzt geprüft am 12.12.2016.

Labi, Samuel; Saeed, Tariq Usman; Volovski, Matthew; Alqadhi, Saeed (2015): An exploratory discussion of the impacts of Driverless Vehicle Operation on the Man-Made Environment. Lyles School of Civil Engineering, Purdue University. Online verfügbar unter <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2015/Malaysia/MECH/MECH-01.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

Lavasani, Mohammad; Asgari, Hamidreza; Jin, Xia; Pinjari, Abdul (2016): Investigating Willingness to Pay for Autonomous Vehicles and Likelihood of Residential Relocation. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2017.

Levin, Michael; Li, Tianxin; Boyles, Stephen; Kockelman, Kara (2015): A general framework for modeling shared autonomous vehicles. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2016. Online verfügbar unter

[http://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public\\_html/TRB16SAVFramework.pdf](http://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB16SAVFramework.pdf), zuletzt geprüft am 07.02.2017.

Litman, Todd (2017): Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implication for Transport Planning. Online verfügbar unter <http://www.vtpi.org/avip.pdf>, zuletzt geprüft am 07.05.2017.

Liu, Jun; Kockelman, Kara; Boesch, Patrick; Ciari, Francesco (2016): Tracking a System of Shared Autonomous Vehicles Across the Austin, Texas, Network Using Agent-Based Simulation. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2017.

Menon, Nikhil (2015): Consumer Perception and Anticipated Adoption of Autonomous Vehicle Technology: Results from Multi-Population Surveys. University of South Florida. Department of Civil and Environmental Engineering. Online verfügbar unter <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7188&context=etd>, zuletzt geprüft am 03.02.2017.

Meyer, Jonas; Bösch, Patrick; Becker, Henrik; Axhausen, Kay (2016): Erreichbarkeitswirkung autonomer Fahrzeuge. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich. Zürich. Online verfügbar unter <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/2016/ab1220.pdf>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Mosquet, Xavier; Dauner, Thomas; Lang, Nikolaus; Russmann, Michael; Mei-Pochtler, Antonella; Agrawal, Rakshit; Schmiegl, Florian (2015): Revolution in the Driver's Seat: The Road to Autonomous Vehicles. Hg. v. The Boston Consulting Group. Online verfügbar unter [https://www.bcgperspectives.com/Images/BCG-Revolution-in-the-Drivers-Seat-Apr-2015\\_tcm80-186097.pdf](https://www.bcgperspectives.com/Images/BCG-Revolution-in-the-Drivers-Seat-Apr-2015_tcm80-186097.pdf), zuletzt geprüft am 30.12.2016.

Muller U. et al. (2016): End to End Learning for Self-Driving Cars, arXiv:1604.07316v1, arXiv.org, Cornell University Library, Ithaca, April 2016.

Patole S., M. Torlak, D. Wan D., M. Ali (2017): Automotive radars, IEEE Signal Processing Magazine, New York, März 2017.

Pinjari, Abdul Rawoof; Augustin, Bertho; Menon, Nikhil (2013): Highway Capacity Impacts of Autonomous Vehicle: An Assessment. Centre for Urban Transportation Research, University of South Florida. Tampa.

Pürstl G. (2015), Straßenverkehrsordnung (2015), § 20 Anm 35, Manz Verlag Wien, 2015.

Rausch, Regina (2017): Mikro ÖV: Wieviel Flexibilität ist erlaubt? Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Gesamtverkehrsangelegenheiten, 2017. Online verfügbar unter [http://www.fvv.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-verkehrsplanung/Diverse/Lehre/RingVO\\_OeffentlicherVerkehr/2017-01-11\\_rausch.pdf](http://www.fvv.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-verkehrsplanung/Diverse/Lehre/RingVO_OeffentlicherVerkehr/2017-01-11_rausch.pdf).

Ropohl G.: Das Risiko im Prinzip Verantwortung. In: Ethik und Sozialwissenschaften. 5 (1994), S. 109–120, zitiert nach Micha H. Werner: Diskursethik als Maximenethik: Von der Prinzipienbegründung zur Handlungsorientierung. Königshausen & Neumann, Würzburg 2003, S. 30.

Russ, Martin (2017): MaaS - Approaching an Integrated Policy Perspective. Mobility as a Service. Fluidtime Symposium 2017. AustriaTech. Wien, 2017. Online verfügbar unter <https://www.fluidtime.com/wp-content/uploads/2017/12/Fluidtime-Symposium-2017-presentation-Martin-Russ.pdf>.

Sacher F. et al. (2008), "Handbuch des Verkehrsunfalls, Teil 2", Fucik, Hartl, Schlosser, Wielke (Hrsg.), Manz-Verlag, Wien 2008.

SAE International (2016): Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, (Standard J3016 v 30.9.2016).

Salman Y.D., K.R. Ku-Mahamud, E. Kamioka (2017): Distance Measurement for Self-Driving Cars using Stereo Camera, Proceedings of the 6th International Conference of Computing & Informatics (pp 235-242). Sintok: School of Computing, 2017.

Sammer G. et al. ÉGALITÉplus (2011): Ein gleichberechtigter Alltag im Verkehrsgeschehen – Quantifizierung von mobilitätsbeeinträchtigten Personengruppen, FFG, bmvit, Wien 2011.

Sammer G., G. Röschel (1999): Altern in der Steiermark: Lust oder Last - Verkehr und Mobilität, ZIS+P im Auftrag des Landes Steiermark, Graz 1999.

Sammer G. et al. (2012): Abschätzung des Marktpotentials und zukünftigen Marktanteils von Elektroautos“, 2012.

Sammer G., Gruber C. Röschel G. (2003): OPTI-INFO - Optimierung von Verkehrs- und Reiseinformationssystemen zur Veränderung des Verkehrsverhaltens, Wien 2003.

Schäfer, Andreas; Heywood, John; Jacoby, Henry; Waitz, Ian (2009): Transportation in a climate-constrained world. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts. Online verfügbar unter [https://mitpress.mit.edu/sites/default/files/titles/content/9780262512343\\_sch\\_0001.pdf](https://mitpress.mit.edu/sites/default/files/titles/content/9780262512343_sch_0001.pdf), zuletzt geprüft am 21.04.2017.

Schito, Paolo; Braghin, Francesco (2012): Numerical and Experimental Investigation on Vehicles in Platoon. In: SAE Int. J. Commer. Veh. 5 (1), S. 63–71. Online verfügbar unter <https://saemobilus.sae.org/content/2012-01-0175>, zuletzt geprüft am 25.04.2017.

Schoettle, Brandon.

Schlesiger, Christian (2014): Mobilität in Großstädten. Carsharing verschärft Parkplatznot. In: *Wirtschaftswoche*, 14.08.2014. Online verfügbar unter <http://www.wiwo.de/politik/deutschland/mobilitaet-in-grossstaedten-carsharing-verschaerft-parkplatznot/10218492-3.html>.

Schoettle, Brandon; Sivak, Michael (2015): Potential Impact of Self-Driving Vehicles on Household Vehicle Demand and Usage. Hg. v. Transport Research Institute, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. Online verfügbar unter <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/110789/103157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zuletzt geprüft am 14.04.2017.

Sivak, Michael (2015): Potential Impact of Self-Driving Vehicles on Household Vehicle Demand and Usage. Hg. v. Transport Research Institute, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. Online verfügbar unter <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/110789/103157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zuletzt geprüft am 14.04.2017.

Stephens, T. S.; Gonder, Jeff; Chen, Yuche; Lin, Z.; Liu, C.; Gohlke, D. (2016): Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Online verfügbar unter <http://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67216.pdf>, zuletzt geprüft am 04.04.2017.

Thomas, John; Hwang, Ho-Ling; West, Brian; Huff, Shean (2013): Predicting Light-Duty Vehicle Fuel Economy as a Function of Highway Speed. In: SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems. Online verfügbar unter <https://saemobilus.sae.org/content/2013-01-1113>.

TNS Infratest und IVT Zürich, Projekt (2011): Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung (Schlussbericht: FE-Projekt-Nr. 96.996/2011), Zürich 2011.

Tomlinson, Chris (2016): Car-sharing expected to rise dramatically. Rather than share a ride, like Uber, automakers to offer more hourly rentals. In: *Houston Chronicle*, 2016. Online verfügbar unter <http://www.houstonchronicle.com/business/outside-the-boardroom/article/Car-sharing-expected-to-rise-dramatically-7511140.php>, zuletzt geprüft am 18.01.2017.

Truong, Long; Gruyter, Chris; Currie, Graham (2016): Estimating the Trip Generation Impacts of Autonomous Vehicles on Car Travel in Victoria, Australia. In: Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., 2017.

VCÖ (2015): Gesellschaft im Wandel verändert die Mobilität. VCÖ. Wien (Schriftreihe Mobilität mit Zukunft). Online verfügbar unter <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCÖe-Factsheets/2015-12%20Gesellschaft%20im%20Wandel/VC%C3%96-Factsheet%20-%20Gesellschaft%20im%20Wandel%20ver%C3%A4ndert%20die%20Mobilit%C3%A4t.pdf>.

Vogelpohl T., M. Vollrath, M.Kühn. (2017): Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung, Unfallforschung der Versicherer, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Forschungsbericht 47, Berlin 2017.

Waymo Safty Report, On the Road to Fully Self-Driving (2017): Online verfügbar unter <https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/waymo-safety-report-2017-10.pdf>, zuletzt geprüft am 05.01.2017, Waymo.

West, Darrell (2016): Moving forward: Self-driving vehicles in China, Europe, Japan, Korea and the United States. Centre for Technology Innovation at Brookings. Washington, D.C. Online verfügbar unter <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/09/driverless-cars-3-ed.pdf>, zuletzt geprüft am 04.04.2017.

Umweltbundesamt (2017): Emissionskennziffern für Verkehrsmittel, Stand 2017 [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/verkehr/1\\_verkehrsmittel/EKZ\\_Fzkm\\_Verkehrsmittel\\_01.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/verkehr/1_verkehrsmittel/EKZ_Fzkm_Verkehrsmittel_01.pdf), zuletzt geprüft am 09.04.2018.

Umweltbundesamt (2017): Klimaschutzbericht 2017. [http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub\\_id=2215](http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=2215), zuletzt geprüft am 12.04.2018.

Umweltbundesamt (2017): Update: Ökobilanz alternativer Antriebe, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/DP152.pdf>, zuletzt geprüft am 21.04.2018.

Wolf-Eberl, Susanne; Koch, Helmut; Estermann, Gerold; Fördös, Alexander (2011): Ohne eigenes Automobil - Ein Handbuch für Planung, Errichtung und Betrieb von Mikro-ÖVSystemen im ländlichen Raum. Hg. v. Klima- und Energiefonds. Klima- und Energiefonds, bmvit. Wien (Blue Globe Manual, Mobilität 10/2011). Online verfügbar unter [https://e5-salzburg.at/downloads/downloads-wissen-service/hf4/handbuch-mikro\\_oev-bmvit-2011.pdf](https://e5-salzburg.at/downloads/downloads-wissen-service/hf4/handbuch-mikro_oev-bmvit-2011.pdf).

Zhu, Hui; Yang, Zhigang (2011): Simulation of the Aerodynamic Interaction of Two Generic Sedans Moving very Closely. Electric Information and Control Engineering (ICEICE), 2011 International

Conference on (pp. 2595-2600). IEEE. Online verfügbar unter <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5777136>, zuletzt geprüft am 27.04.2017.

## **Richtlinien**

- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2016): Oberbaubemessung (RVS 03.08.63), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2016): Temporäre Verkehrszeichen (RVS 08.31.02), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2015): Leitpflocke (RVS 08.23.08), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2015): Verkehrszeichen (RVS 08.23.01), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2014): Pannenbuchten an Richtungsfahrbahnen (RVS 03.07.12), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2014): Anforderungen und Aufstellung - Verkehrszeichen und Ankündigungen (RVS 05.02.11), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2014): Beschilderung und Wegweisung im untergeordneten Straßennetz (RVS 05.02.12), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2013): Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen (RVS 05.02.13), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2013): Wegweiserbrücken (RVS 13.03.51), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2013): Standard in der betrieblichen Erhaltung von Landstraßen (RVS 12.01.12), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2012): Schnittgrößen in Fahrbahnplatten von Strassenbrücken (RVS 15.02.32), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2011): Anforderungen und Aufstellung - Leiteinrichtungen (RVS 05.02.31), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2011): Straßenbrücken (RVS 13.03.11), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2010): Entwurfsgrundlagen für Garagen (RVS 03.07.32), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2010): Ziel- und Aufgabenbeschreibung (RVS 06.01.41), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2010): Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen (RVS 02.01.22), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2009): Ausbildung und Anwendung von Bodenmarkierungen (RVS 05.03.11), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2009): Auswahl von Bodenmarkierungen (RVS 05.03.12), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2009): Zustandsbeschreibung und mögliche Schadensursachen von Asphalt- und Betonstraßen (RVS 13.01.11), Wien.
- FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2005): Querschnittselemente Freilandstraßen; verkehrs- und Lichtraum (RVS 03.03.31), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2004): Vertikale Leiteinrichtungen- Ausbildung und Anforderungen Schneestangen (RVS 05.02.41), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2004): Vertikale Leiteinrichtungen - Anordnung und Aufstellung Schneestangen (RVS 05.02.42), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2003): Qualitätskriterien für die Planung von Brücken (RVS 15.01.11), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2001): Querschnittsgestaltung von Innerortsstraßen (RVS 03.04.12), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (2001): Verkehrslichtsignalanlagen - Verkehrsleiteinrichtungen (RVS 05.04.21), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (1998): Verkehrslichtsignalanlagen - Einsatzkriterien (RVS 05.04.33), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (1984): Rahmenrichtlinie für Verkehrserschließung (RVS 03.01.12), Wien.

FSV, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene Verkehr (1980): Vertikale Leiteinrichtungen (RVS 05.02.22), Wien.

## **Normen**

A.S.I, Austrian Standards International (2015): Richtlinien zur Spezifikation von Bodenmarkierungen und Bodenmarkierungsmaterial (ONR 22441), Wien.

A.S.I, Austrian Standards International (2009): Straßenmarkierungsmaterialien - Anforderungen an Markierungen auf Straßen (ÖNORM EN 1436), Wien.

A.S.I, Austrian Standards International (2008): Ortsfeste, vertikale Straßenverkehrszeichen - Teil 1: Verkehrszeichen (ÖNORM EN 12899), Wien.

A.S.I, Austrian Standards International (2003): Retroreflektierende Materialien für ortsfeste Verkehrszeichen - Lichttechnische Mindestanforderungen an mikroprismatische Materialien vom Typ 3 für Straßenverkehrszeichen (ÖNORM V 2050), Wien.