

SAFiP – Systemszenarien Automatisiertes Fahren in der Personenmobilität

Finanziert im Rahmen des Programms „Mobilität der Zukunft“ durch das BMVIT

Institut für Raumplanung, Technische Universität Wien

Institut für Verkehrswissenschaften, Technische Universität Wien

Institut für Höhere Studien

Kuratorium für Verkehrssicherheit

Wiener Lokalbahnen GmbH



Wien, März 2019

Partner



Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
A-1030 Wien, Radetzkystraße 2

Programmverantwortung Mobilität der Zukunft

Abteilung III/I4 - Verkehrs- und Mobilitätstechnologien

Ansprechpartner/in Personenmobilität

DI Walter Wasner
Telefon: +43 1 71162-652120
E-Mail: walter.wasner@bmvit.gv.at
Website: www.bmvit.gv.at

Programmmanagement Mobilität der Zukunft

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
A-1090 Wien, Sensengasse 1

Ansprechpartner/in Personenmobilität:

Dr. Dietrich Leihns
Telefon: +43 57755-5034
E-Mail: dietrich.leihns@ffg.at
Website: www.ffg.at

Fotos

ÖBB/Harald Eisenberger, iStockphoto/Ing. Markus Schieder, INNOFREIGHT Speditions GmbH, AVL/AVL Range Extender]

Für den Inhalt verantwortlich

Technische Universität Wien

Institut für Raumplanung
A-1040 Wien, Karlsplatz 13
Ansprechperson: Univ.Prof. Dr.-Ing. Martin Berger
Telefon: +43 1 58801 280510
E-Mail: martin.kp.berger@tuwien.ac.at

Technische Universität Wien

Institut für Verkehrswissenschaften
A-1040 Wien, Karlsplatz 13
Ansprechperson: Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Günter Emberger
E-Mail: guenter.emberger@tuwien.ac.at

Institut für Höhere Studien (IHS)

A-1080 Wien, Josefstädter Straße 39
Ansprechperson: Mag. Dr. Elisabeth Frankus
E-Mail: frankus@ihs.ac.at

Kuratorium für Verkehrssicherheit

A-1100 Wien, Schleiergasse 18
Ansprechperson: DI Florian Schneider
E-Mail: florian.schneider@kfv.at

Wiener Lokalbahnen GmbH

A-1230, Wien Purkytgasse 1B
Ansprechperson: Mag. Harald Wakolbinger
E-Mail: harald.wakolbinger@wlb.at

Haftung

Die Inhalte dieser Publikation wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die bereitgestellten Inhalte sind ohne Gewähr. Das Ministerium sowie die Autorinnen und Autoren übernehmen keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte dieser Publikation. Namentlich gekennzeichnete Beiträge externer Autorinnen und Autoren wurden nach Genehmigung veröffentlicht und bleiben in deren inhaltlicher Verantwortung.

Autor/innen

TU Wien, Institut für Raumplanung

Dipl.-Ing. Aggelos Soteropoulos
Dipl.-Ing. MA. Andrea Stickler
Dipl.-Ing. Vanessa Sodl
Univ.Prof. Dr.-Ing. Martin Berger
Em. O. Univ. Prof. Dr. Jens Dangschat

TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften

Dipl.-Ing. Dr. Paul Pfaffenbichler
Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Günter Emberger

Institut für Höhere Studien (IHS)

Mag. Dr. Elisabeth Frankus
Assoc. Prof. Dr. Robert Braun

Kuratorium für Verkehrssicherheit

Dipl.-Ing. Florian Schneider
Mag. Susanne Kaiser

Wiener Lokalbahnen GmbH

Mag. Harald Wakolbinger
Mag. Dr. Anna Mayerthaler

Mitglieder des Beirats

Henriette Spyra MA.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und
Technologie

Prof. Klaus J. Beckmann

KJB.Kom – Beckmann Kommunalforschung, Beratung,
Moderation und Kommunikation

Prof. Wilko Manz

TU Kaiserslautern, Institut für Mobilität und Verkehr

Das ExpertInnen-Gremium hatte eine beratende
Funktion und zeichnet nicht verantwortlich für den Text.
Für Inhalt, Schlussfolgerungen und eventuelle Fehler ist
ausschließlich das Projektteam verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract	13
1. Einleitung	17
1.1. Zielsetzung	17
1.2. Projektabgrenzung	18
2. Entwicklung von Szenarien und Zukunftsbildern: Methodik und Prozessverlauf	20
2.1. Ausgangssituation: Big-Picture – (Mega-)Trends und Einflussfaktoren	22
2.2. Schlüsselfaktoren in bestehenden Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren	24
2.3. Szenarioworkshop mit ExpertInnen und StakeholderInnen	25
2.4. Entwurf bzw. Präzisierung von Rohszenarien (Konsistenzanalyse)	27
2.4.1 Bestimmung von Schlüsselfaktoren und szenario-übergreifenden Einflussfaktoren	27
2.4.2 Untersuchung der Merkmale der Schlüsselfaktoren	29
2.4.3 Bilden von Projektionen je Schlüsselfaktor	30
2.4.4 Konsistenzanalyse: Bewertung der Konsistenzen zwischen den Projektionen	31
2.4.5 Ermittlung konsistenter Roh-Szenarien durch die Szenario-Software	36
2.5. Finalisierung der Szenarien: Szenarien-Reflexion durch ExpertInnen und StakeholderInnen	37
3. Szenarien	38
3.1. Szenarien 2030	38
3.1.1 Markt-getriebene AV-Euphorie – 2030	39
3.1.2 Politik-getriebene AV-Steuerung – 2030	42
3.1.3 Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2030	45
3.2. Szenarien 2050	48
3.2.1 Markt-getriebene breite AV-Euphorie – 2050	49
3.2.2 Politik-getriebene AV-Integration – 2050	50
3.2.3 Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2050	52
3.2.4 Community-getriebene breite AV-Euphorie – 2050	53
3.3. Zwischenfazit	55

4. Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungen: System-dynamische Modellierung	56
4.1. MARS-Modell	56
4.2. Qualitative Einflüsse automatisierter Fahrzeuge	57
4.2.1 Individuelle automatisierte Kraftfahrzeuge	57
4.2.2 Automatisierte Fahrzeuge als Teil des öffentlichen Verkehrs	59
4.3. Adaptierung des MARS-Modells	61
4.3.1 Privat-Pkws und Car Sharing	62
4.3.2 Marktanteile hoch automatisierter Fahrzeuge	63
4.3.3 Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege	64
4.3.4 Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit	66
4.3.5 Bewertung der Fahrzeit	67
4.3.6 Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen	69
4.3.7 Automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des ÖV	71
4.4. Überblick über die Modellierungselemente in den Szenarien	74
4.4.1 Fahrzeugflotte	75
4.4.2 Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege	76
4.4.3 Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit	76
4.4.4 Bewertung der Fahrzeit	77
4.4.5 Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen	77
4.4.6 Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs	77
4.5. Verkehrsrelevante Wirkungen der Szenarien	80
4.5.1 Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie	81
4.5.2 Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung	83
4.5.3 Szenario 3: Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung	86
4.5.4 Szenario 4: Community-getriebene breite AV-Euphorie	88
4.5.5 Sensitivitätsanalysen	91
4.6. Exkurs: Vergleich der Modellergebnisse mit anderen Ergebnissen aus der Literatur	95
4.7. Zwischenfazit	97
5. Vertiefung Automatisiertes Fahren und öffentlicher Verkehr	99
5.1. Angebotsformen im öffentlichen Verkehr und Use Cases AV	100
5.2. Organisation, Rollen und Aufgaben	106
5.3. Kosten, Finanzierung und Tarifstruktur	107
5.4. Vertiefende Betrachtung AV für ÖV innerhalb der Szenarien für das Jahr 2030	110
5.5. Zwischenfazit	114

6. Politikerfordernisse	115
6.1. AkteurlInnen-Analyse	115
6.2. Analyse der politischen Rahmendokumente	118
6.3. Politikpapiere zum automatisierten Fahren	120
6.4. Bündelung der politischen Zielsetzungen und Bewertung der Szenarien	124
6.5. Optionen für ausgleichende Maßnahmen	131
6.6. Backcasting	134
6.6.1 Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie	137
6.6.2 Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung	141
6.6.3 Szenario 3: Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung	145
6.6.4 Reflexion der Ergebnisse des Backcasting	149
6.7. Konsensuskonferenzen	150
6.8. Zwischenfazit	155
7. Schlussbetrachtung und Handlungsoptionen	156
7.1. Politische Zielerreichung mit automatisierter Mobilität	157
7.2. Neue Verkehrsmodi mit AF und Verschiebung der Angebotsqualitäten	160
7.3. Herausforderungen in der Phase des Mischverkehrs	161
7.4. Erforderliche Forschungsausrichtung	162
7.5. Konkreter Forschungsbedarf	164
8. Literaturverzeichnis	167
ANHANG	187
A1. Untersuchung und Beschreibung der Merkmale der Schlüsselfaktoren	188
Mobility as a Service	189
Shared Mobility	196
Mobilitätseinstellungen	200
Mobilitäts- und Verkehrspolitik	206
Antriebstechnologien	216
AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz	222
A2. Beschreibung der Projektionen der Schlüsselfaktoren	230
Mobility as a Service	230
Shared Mobility	232

Mobilitätseinstellungen	233
Mobilitäts- und Verkehrspolitik	234
Antriebstechnologien	235
AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz	236
A3. Detaillierte Beschreibung des MARS-Modells	238
Überblick	238
Verkehrserzeugung	241
Simultane Ziel- und Verkehrsmittelwahl	241
Modellierung des intrazonalen Verkehrs	249
A4. Literaturrecherche hinsichtlich der Modellierungselemente	251
Entwicklung der Marktdurchdringung und der Fahrzeugflotte	251
Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“	251
Veränderung der Straßenkapazität	253
Autobahnen	253
Kreuzungsbereich	255
Reisezeiten und Geschwindigkeiten	255
Kosten	256
Remote Parking	258
Komfortgewinn, Veränderung des Value of Time	258
Neu erschlossenes Nutzerpotential durch automatisiertes Fahren	260
Verkehrssicherheit	261
A5. Sensitivitätstests	263
Privat-Pkws und Car Sharing	263
Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege	263
Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit	266
Bewertung der Fahrzeit	268
Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen	270
Automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des ÖV	279
A6. Erwartete Änderungen durch AV in Bereichen des öffentlichen Verkehrs (ExpertInnengespräche)	286

A7. Zielsetzungen der politischen Rahmenpapiere _____ 288

Kurzfassung

Im Forschungsprojekt SAFiP – Systemszenarien automatisiertes Fahren in der Personenmobilität wurden Szenarien für die Personenmobilität in Österreich entwickelt, mit denen das Verkehrssystem unter Antizipation der Möglichkeiten und Entwicklungen im Bereich des automatisierten Verkehrs (AV) im Sinne multipler Zukunftsbilder beschrieben werden. Darauf aufbauend konnten verkehrsrelevante Wirkungsspektren quantifiziert, Erfordernisse für verschiedene Politikfelder (FTI-Politik, Verkehrspolitik, Raumplanung etc.) erarbeitet und konkrete weiterführende Maßnahmen identifiziert werden.

Szenarien

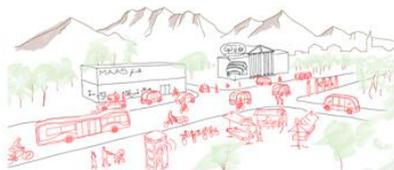
Die systematisch formalisierte Szenario-Technik, die im Rahmen des Projekts SAFiP zur Entwicklung der multiplen Zukunftsbilder des automatisierten Verkehrs in Österreich verwendet wurde, ist eine etablierte, weit verbreitete Methode der strategischen Planung im Bereich Mobilität und Verkehr (vgl. Ahrend et al. 2011, Ehrhart et al. 2012, Phleps et al. 2015). Szenarien sind keine Prognosen, sondern stellen in sich schlüssige und plausible Zukunftsbilder dar („So könnte es sein.“).

Im Rahmen eines kommunikativen und methodisch kontrollierten Szenario-Prozesses konnten in einem intensiven Dialog mit ExpertInnen und StakeholderInnen (z.B. Workshops, Reflexionen) über mehrere Rückkopplungsschleifen vernetzt, die entwickelten, multiplen Zukunftsbilder sukzessiv reflektiert und verdichtet werden. Als wesentliche Schlüsselfaktoren zur Beschreibung der multiplen Zukunftsbilder, die einerseits als besonders wirksam, aber andererseits als weitgehend „unsicher“ gelten, ergeben sich folgende Einflussfaktoren: 1) Mobilitäts- und Verkehrspolitik, 2) AV-Technologie / Künstliche Intelligenz, 3) Mobility as a Service, 4) Shared Mobility, 5) Mobilitätseinstellungen und 6) Antriebstechnologien. Aus der Variation möglicher Ausprägungen der Schlüsselfaktoren (Projektionen) folgen drei Szenarien für das Jahr 2030 (Kapitel 3):

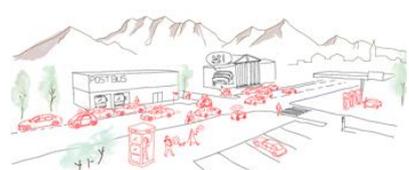
Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie



Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung



Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung



In Fortschreibung der drei Entwicklungspfade des Jahres 2030, aber auch unter Berücksichtigung von völlig neuen Richtungen, ergeben sich auf der Basis der Szenario-Technik konsistente, alternative Zukunftsbilder für das Jahr 2050. Aufgrund der hohen Relevanz des öffentlichen Verkehrs im Kontext der automatisierten Mobilität wurden zudem in den Szenarien dessen potenzielle Angebotsformen inhaltlich detailliert und räumlich differenziert betrachtet (Kapitel 5).

Die entwickelten Szenarien erweitern den gesellschaftlichen und politischen Diskurs zur automatisierten Mobilität, der gegenwärtig durch eine mangelnde Erfahrbarkeit und Sichtbarkeit als etabliertes Verkehrsangebot gekennzeichnet ist. Nicht ein einzelnes Zukunftsbild, das ausschließlich eine zukünftige Fortbewegung mit dem privaten AV gezielt suggeriert („verengte Sichtweise“), sondern multiple Zukunftsbilder mit vielen Modi und Nutzungsformen wie zum Beispiel Shared Mobility, alternative Antriebssysteme, neue Organisationsstrukturen, NutzerInnenpräferenzen etc. stehen für eine ungewisse Zukunft der automatisierten Mobilität. Ein Transformationsprozess im Sinne eines nachhaltigen, emissionsfreien Unterwegsseins steht dabei im Zentrum.

Wesentlicher Lerneffekt des Szenarioprozesses ist, dass der AV aufgrund seiner möglichen hohen Qualität und Attraktivität für NutzerInnen in Wechselwirkung zu anderen Modi steht. Bereits hier zeichnet sich ab, dass eine klarere verkehrspolitische Priorisierung der Modi verbunden mit einer gezielten Steuerung notwendig ist, um formulierte Umwelt- und Stadtentwicklungsziele erreichen zu können. Zudem machen die Szenarien deutlich, dass die technologische Entwicklung des AV mit unterschiedlicher Geschwindigkeit (und auch langsamer als von manchen erwartet) voranschreiten wird und dass dadurch eine lange Übergangsphase im Mischverkehr von automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen hoch wahrscheinlich ist. Damit sind viele Unsicherheiten und Risiken (z.B. Verkehrssicherheit, soziale Ungleichheiten durch veränderte Lagegunst, hohe Kosten für Verkehrsinfrastruktur) verbunden, die frühzeitig mitgedacht

werden sollten, um sich politisch Handlungsspielräume für Infrastrukturfinanzierung, Lebensqualität, Bedürfnisse unterschiedlicher NutzerInnengruppen etc. zu sichern und die Vorteile des AV zu nutzen, ohne sich negative Nebeneffekte einhandeln zu müssen.

Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungsspektren mit MARS

Auf Basis der entwickelten Szenarien konnten mit Hilfe des wissenschaftlich fundierten MARS Modells (Metropolitan Activity Relocation Simulator), das sich für die Betrachtung langer Zeithorizonte und komplexer Wechselbeziehungen eignet, die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren (z.B. Verkehrsaufwand¹, Umwelteffekte, Reisezeit, Anzahl der Wege, Modal Split) abgeschätzt werden. Das Modell MARS ist ein kombiniertes Verkehrs- und Flächennutzungsmodell, welches in VENSIM (SD-Modellierungssprache) implementiert ist. Mit MARS kann das Wirkungsgefüge des Verkehrs- und Siedlungssystems inklusive vorhandener Rückkoppelungen abgebildet und die verkehrliche und räumliche Entwicklung eines Gebietes für einen beliebigen Zeitraum (meist 30 Jahre) simuliert werden.

Als Voraussetzung zur Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungsspektren der Szenarien wurden zunächst die verschiedenen AV Modi (privates AV, Sharing AV, Ride Sharing AV, AV im Bereich öffentlicher Verkehr) im Modell MARS implementiert: Prinzipiell hängt die Attraktivität der Nutzung eines Verkehrsmittels (Zu Fuß, Rad, MIV oder ÖV) von den drei Elementen (1) Verfügbarkeit, (2) bewertete (gewichtete) Reisezeiten und (3) bewertete (gewichtete) Kosten ab. Das automatisierte Fahren verändert über verschiedene Ursache-Wirkungsketten die Ausprägungen dieser Elemente und beeinflusst letztlich die individuelle Verkehrsmittelwahl und Intensität der Nutzung. Durch die Implementierung und Parametrisierung dieser Wirkungsketten können die verkehrlichen Wirkungen der jeweiligen Szenarien simuliert und quantifiziert werden.

Aus den Simulationen (Kapitel 4) zeigt sich, dass automatisierte Mobilität ohne geeignete verkehrspolitische Maßnahmen – dazu zählen beispielsweise Mobility Pricing, Parkplatzmanagement etc. – zu einer deutlichen Zunahme des Verkehrsaufwandes Individualverkehrs führen wird. Im Gegenzug ergeben sich modale Verlagerungseffekte mit geringeren Verkehrsaufwänden beim öffentlichen Verkehr, dem Fußverkehr und dem Radverkehr. Damit verbunden sind ein höherer Flächenverbrauch, eine größere Trennwirkung etc. Ohne eine Verknüpfung des AV mit post-fossilen Antriebssystemen sind überdies auch Erhöhungen der Schadstoffemissionen zu erwarten. Im Gegensatz dazu zeigen die Simulationsergebnisse eines verstärkten ÖV-basierten AV positive Effekte für die Unterstützung einer nachhaltigeren Mobilität.

Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total	
Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie – ohne Maßnahmen	Modal Split - Wege	2030	13.9%	7.2%	15.4%	63.4%	100.0%	
		2050	10.2%	4.9%	15.7%	69.2%	100.0%	
	Mrd. Personen-km	2030	2.28	1.60	16.40	87.08	107.36	
		2050	1.65	1.07	17.47	90.37	110.56	
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	66.40	66.40	
		2050	-	-	-	72.66	72.66	
	Mrd. Wege	2030	1.03	0.53	1.14	4.69	7.39	
		2050	0.75	0.36	1.16	5.08	7.34	
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	13.66	
		2050	-	-	-	-	6.19	
	Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie – mit Maßnahmen- kombination (Backcasting)	Modal Split - Wege	2030	17.5%	9.1%	19.8%	53.5%	100.0%
			2050	11.7%	5.6%	18.7%	64.1%	100.0%
Mrd. Personen-km		2030	2.12	1.51	22.43	68.19	94.24	
		2050	1.48	0.97	22.80	75.41	100.66	
Mrd. Kfz-km		2030	-	-	-	52.06	52.06	
		2050	-	-	-	60.93	60.93	
Mrd. Wege		2030	0.95	0.50	1.60	3.60	6.65	
		2050	0.67	0.32	1.58	4.09	6.67	
Mio. t CO2		2030	-	-	-	-	10.71	
		2050	-	-	-	-	5.19	
Szenario 2: Politik- getriebene AV- Steuerung – ohne Maßnahme		Modal Split - Wege	2030	14.2%	7.3%	16.9%	61.5%	100.0%
			2050	11.1%	4.9%	19.4%	64.7%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.25	1.57	18.45	82.47	104.73	
		2050	1.63	0.96	21.43	83.44	107.47	
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	62.74	62.74	
		2050	-	-	-	64.30	64.30	

¹ In der Literatur auch als Verkehrsleistung bezeichnet, entspricht aber den zurückgelegten Kilometern pro Zeiteinheit und damit eher einem Aufwand als einer „Leistung“.

	Mrd. Wege	2030	1.01	0.52	1.20	4.38	7.12
		2050	0.74	0.32	1.29	4.31	6.66
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	11.80
		2050	-	-	-	-	3.09
Szenario 2: Politikgetriebene AV-Steuerung – mit Maßnahme (Backcasting)	Modal Split - Wege	2030	15.6%	8.1%	18.9%	57.4%	100.0%
		2050	11.9%	5.2%	21.3%	61.5%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.39	1.67	20.09	73.42	97.57
		2050	1.69	1.00	22.65	74.93	100.28
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	55.82	55.82
		2050	-	-	-	57.76	57.76
	Mrd. Wege	2030	1.08	0.55	1.30	3.95	6.88
		2050	0.77	0.34	1.37	3.95	6.42
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	10.50
		2050	-	-	-	-	2.77
Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – ohne Maßnahmen	Modal Split - Wege	2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%
		2050	11.3%	5.5%	15.8%	67.4%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45
		2050	1.86	1.22	16.10	97.83	117.01
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	67.44	67.44
		2050	-	-	-	75.88	75.88
	Mrd. Wege	2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63
		2050	0.84	0.41	1.17	4.99	7.41
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	15.05
		2050	-	-	-	-	9.28
Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung - mit Maßnahmenkombination	Modal Split - Wege	2030	17.8%	9.4%	21.5%	51.3%	100.0%
		2050	14.5%	7.0%	24.6%	53.9%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.64	1.88	21.32	65.50	91.34
		2050	2.04	1.34	22.82	64.54	90.73
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	49.80	49.80
		2050	-	-	-	50.14	50.14
	Mrd. Wege	2030	1.19	0.63	1.44	3.43	6.68
		2050	0.92	0.45	1.57	3.43	6.37
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	11.12
		2050	-	-	-	-	6.13
BAU: Business as Usual*	Modal Split - Wege	2015	16,1%	8,6%	14,9%	60,4%	100,0%
		2030	14,7%	7,8%	14,5%	63,0%	100,0%
		2050	13,0%	6,7%	14,0%	66,3%	100,0%
	Mrd. Personen-km	2015	2,42	1,75	15,57	79,74	99,48
		2030	2,49	1,78	15,50	88,68	108,45
		2050	2,26	1,59	14,09	102,57	120,52
	Mrd. Kfz-km	2015	-	-	-	60,85	60,85
		2030	-	-	-	67,44	67,44
		2050	-	-	-	78,05	78,05
	Mrd. Wege	2015	1,09	0,58	1,01	4,10	6,78
		2030	1,12	0,59	1,11	4,80	7,63
		2050	1,02	0,53	1,10	5,22	7,87
	Mio. t CO2	2015	-	-	-	-	15,28
		2030	-	-	-	-	15,05
2050		-	-	-	-	9,54	

*Das im Projekt SAFiP verwendete Business as Usual Szenario entspricht dem Szenario „With Existing Measures“ (WEM) des vom österreichischen Umweltbundesamt geleiteten Projekts „Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“ (vgl. Krutzler et al., 2017). In diesem Szenario gibt es keine über das Level 3 hinausgehende Automatisierung. Die private Nutzung von Pkws bleibt im Vergleich zur gemeinschaftlichen Nutzung dominant.

Generell ist festzuhalten, dass die Forschung im Bereich der Wirkungsprognose zum AV noch am Anfang steht. Es gibt zurzeit weltweit nur wenige evidenzbasierte Erfahrungen im größeren Maßstab, wie sich AV-Systeme im Verkehrs- und Flächennutzungssystem mittel- und langfristig auswirken könnte. Mit dem Projekt SAFiP werden hierzu erste wichtige Mosaiksteine vorgelegt, mit denen beispielsweise die Maßnahmensensitivität der Modelle verbessert wird.

Politikmaßnahmen

Politische Agenden, Instrumente und AkteurlInnen bestimmen die Politikerfordernisse zur automatisierten Mobilität. Wie sich das Mobilitätssystem im Kontext des AV wandelt, hängt wesentlich vom Handeln der verschiedenen AkteurlInnen im Rahmen der jeweiligen institutionellen Bedingungen ab. Es ist daher wichtig das jeweilige normative Umfeld und die Diversität von Stakeholder-Interessen zu berücksichtigen.

Die im Projekt SAFiP durchgeführte Analyse verkehrspolitischer, FTI-politischer, umweltpolitischer und raumplanungspolitischer Rahmendokumente und spezifischer Politiken zum automatisierten Fahren (Kapitel 6) schafft einen differenzierten Überblick über bestehende Zielsetzungen und Handlungsempfehlungen zur automatisierten Mobilität auf unterschiedlichen Politikerebenen. Auch wenn diese teils vage ohne klaren Bezug zu Maßnahmen formuliert und zudem

von Interessenskonflikten geprägt sind, können die Zielsetzungen analytisch in vier Oberziele (Sicherheit, Effizienz, Umwelt und Soziales) und zwölf Unterziele zusammenfasst werden. Ein Indikatorenset mit qualitativen und quantitativen Indikatoren, ergänzt das Zielsystem und dient der Bewertung der entwickelten Szenarien. Aus den unterschiedlichen Stärken und Schwächen der Szenarien zeichnen sich Anknüpfungspunkte ab, wie die Zielerreichung durch kompensatorische Maßnahmen verbessert werden kann. Dazu steht ein Maßnahmenkatalog zur Verfügung, der auch AV-spezifische Maßnahmen umfasst, denn neue Technologien, Daten etc. ermöglichen auch neue Maßnahmensets zur verkehrspolitischen Steuerung. Dass die Zielerreichung der einzelnen Szenarien durch spezifische Maßnahmen verbessert werden kann und dass man also politisch-planerisch steuernd im Sinne der gewünschten Zielerreichung eingreifen kann, konnte durch ein Backcasting, in welchem die Effekte dieser Maßnahmen beispielhaft mittels Modellierung für die einzelnen Szenarien abgeschätzt wurden, deutlich werden.

Handlungsempfehlungen und weiterer Forschungsbedarf

Festzuhalten ist, dass sich mit der automatisierten Mobilität durchwegs neue Chancen ergeben: Eine verbesserte Verkehrssicherheit, erweiterte Mobilitätsoptionen für spezifische NutzerInnengruppen (z.B. Mobilitätseingeschränkte), eine höhere Kapazitätsausnutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur oder eine verbesserte Wirtschaftlichkeit des ÖV, falls die Personalkosten verringert werden können, sind nur einige der positiven Aspekte. Vor allem im ländlichen Raum könnte zudem die Erreichbarkeit durch neue bedarfsorientierte Mobilitätsdienstleistungen verbessert werden. Um diese Vorteile sichern zu können, bedarf es aber einer rechtzeitigen, gut koordinierten und pro-aktiven Steuerung von Politik und planender Verwaltung unter Einbeziehung wichtiger gesellschaftlicher AkteureInnen.

Sind die verbindlichen österreichischen Klima-, Energie- und Umweltziele der Ausgangspunkt, dann zeigen die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren des MARS Modells zu den Szenarien, dass nur dann positive Wirkungen durch die automatisierte Mobilität zu erwarten sind, wenn konsequente verkehrspolitische Steuerungsstrategien ergriffen werden, um unerwünschte Nebeneffekte weitgehend zu vermeiden.

Es gilt die Verkehrsmittelwahl der Bevölkerung im Sinne einer klaren Priorisierung so zu beeinflussen, dass 1) die aktive Mobilität des Zufußgehens, Radfahrens im Sinne der Mobilitäts-Suffizienz an erster Stelle steht, 2) ein attraktiver ÖV (S-Bahn, U-Bahn, Schnellbusse) optimiert durch AV und stark vernetzt mit anderen Modi ein wesentliches Rückgrat des Verkehrsangebots darstellt, 3) bereits in der Relevanz abgestuft die Potenziale des AV Ride Sharing mit den erhöhten Besetzungsgraden genutzt werden und 4) dann erst mit geringerem Stellenwert AV Car Sharing aufgrund des positiven Flächeneffekts (Wegfall von Parkplätzen, Autohäusern etc.) forciert wird. Demgegenüber ist die Steigerung des Verkehrsaufwands, die beim privaten AV zu erwarten ist, so groß, dass dessen Priorität am niedrigsten sein sollte. Eine hohe Flexibilität beispielsweise bei längeren Wegen, fehlendem ÖV-Angebot, Gepäck, Mobilitätseinschränkungen könnte durch AV Ride- und Car Sharing gewährleistet werden. Zu den AV-spezifischen steuernden Maßnahmen zählen vor allem Maßnahmen des Mobility Pricing, wie beispielsweise eine gewichtsbasierte Besteuerung von AV Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb bzw. eine Besteuerung nach Bauart (wenn passive Sicherheit nicht mehr im großem Ausmaß benötigt wird), differenzierte Straßenbenutzungsgebühren je nach Zeit, Störwirkung, Ort, Besetzungsgrad etc. und Abgaben auf Leerfahrten von AV Fahrzeugen, aber auch autofreie Zonen, um die Zu- und Abgangsdistanzen zum Ein- und Ausstiegsort zwischen den Verkehrsmitteln zu egalisieren. Die Wirkung dieser Maßnahmen konnte beispielhaft im Rahmen des im Projekt SAFiP durchgeführten Backcastings (Kapitel 6) aufgezeigt werden.

Zudem ergeben sich durch die Möglichkeit einer langen Zeit des Übergangs im Mischverkehr verschiedene Herausforderungen, wie 1) eine Verschlechterung der Verkehrssicherheit durch geringe Erfahrungen der BürgerInnen mit dem AV oder Konflikte zwischen Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen resp. mit anderen VerkehrsteilnehmerInnen, 2) eine Veränderung der Lagegunst von Standorten, je nachdem, ob und wie gut diese für AV erreichbar sind, und c) hohe finanzielle Ausgaben für die Bereitstellung und Instandhaltung von AV Infrastruktur gepaart mit sinkenden Einnahmen für die öffentliche Hand durch wegfallende Einnahmen wie Parkgebühren.

Mögliche Maßnahmen für die Mischverkehrsphase sind beispielsweise Geschwindigkeitsreduktionen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, eine Steuerung der Siedlungsentwicklung über Bodenpolitik (z.B. Flächenwidmung) und stadregionale Kooperationen, um Lagegunst-Effekte auszugleichen oder der Einsatz neuer Finanzierungsinstrumente, die sich sehr stark am Verursacherprinzip orientieren.

Überdies wurde durch die Szenarien deutlich, dass das Zusammenwirken unterschiedlicher technologischer, kultureller, ökonomischer und institutioneller Faktoren besonders wichtig ist. Die Komplexität bei der automatisierten Mobilität erfordert ein inkrementelles Vorgehen des Ausprobierens in Experimentierräumen, wie sie in Österreich mit den urbanen Mobilitätslaboren sowie speziell auch den Testumgebungen (Innovationslabore) für automatisiertes Fahren zu Verfügung stehen. Durch transdisziplinäre Lernprozesse können die Ziele der österreichischen Strategie zur automatisierten Mobilität unterstützt und der Wirtschaftsstandort gestärkt werden.

Abstract

In the research project "SAFiP – System Scenarios for Automated Driving in Personal Mobility" scenarios for personal mobility in Austria were developed that describe the transport system in terms of multiple future pictures while anticipating the possibilities and developments in the field of automated transport. On this basis, transport-relevant impact spectra were quantified, requirements for various policy areas (RTI policy, transport policy, spatial planning, etc.) were developed and concrete further measures were identified.

Scenarios

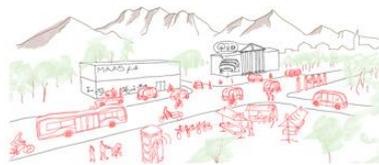
The systematically formalised scenario technique used in the SAFiP project to develop the multiple visions of the future of automated transport in Austria is an established, widespread method of strategic planning in the field of mobility and transport (Ahrend et al. 2011, Ehrhart et al. 2012, Phleps et al. 2015). Scenarios are not forecasts, but represent coherent and plausible visions of the future ("This is how it could be.").

Within the framework of a communicative and methodically controlled scenario process, an intensive dialogue with experts and stakeholders (e.g. workshops, reflections) interlinked with several feedback loops enabled the successive reflection and consolidation of the developed multiple visions of the future. The following influencing factors result as essential key factors for the description of the multiple visions of the future. These key factors are considered on the one hand to be particularly effective, but on the other hand to be largely "insecure": 1) mobility and transport policy, 2) AV technology / artificial intelligence, 3) mobility as a service, 4) shared mobility, 5) mobility attitudes and 6) drive technologies. Three scenarios for the year 2030 follow from the variation of possible characteristics of the key factors (projections) (Chapter 3):

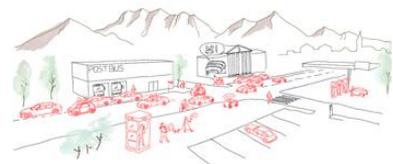
Scenario 1: Market-driven AV euphoria



Scenario 2: Policy-driven AV governance



Scenario 3: Individualized mobility and slow AV development



The three development paths of the year 2030 are continued, but also completely new directions are taken into account, and the scenario technique is used to produce consistent, alternative visions of the future for the year 2050. Due to the high relevance of public transport in the context of automated mobility, within the scenarios its potential forms of services were examined in detail and spatially differentiated (Chapter 5).

The scenarios developed expand the social and political discourse on automated mobility, which is currently characterized by a lack of experience and visibility as an established transport service. It is not a single image of the future that suggests exclusively a future transport with private automated vehicles ("narrowed view"), but multiple images of the future with many modes and forms of use such as shared mobility, alternative drive systems, new organisational structures, user preferences etc. that stand for an uncertain future of automated mobility. The focus is on a transformation process in the sense of a sustainable, emission-free mobility.

An essential learning effect of the scenario process is that the automated transport interacts with other modes due to its possible high quality and attractiveness for users. It is already apparent here that a clearer transport policy prioritisation of the modes combined with targeted governance is necessary in order to achieve formulated environmental and urban development goals. In addition, the scenarios make clear that the technological development of the automated transport will progress at different speeds (and also more slowly than expected by many) and that a long transition phase in the mixed traffic of automated and non-automated vehicles is therefore highly probable. This entails many uncertainties and risks (e.g. road safety, social inequalities due to changes in location, high costs for transport infrastructure) which should be considered at an early stage in order to secure political room for manoeuvre for infrastructure financing, quality of life, needs of different user groups, etc. and to take advantage of the automated transport without obtaining negative side effects.

Assessment of the transport-relevant impact spectra with MARS

On the basis of the scenarios developed, the scientifically based MARS model (Metropolitan Activity Relocation Simulator), which is suitable for observing long time horizons and complex interrelationships, was used to estimate the transport-relevant impact spectra (e.g. traffic volume, environmental effects, travel time, number of trips, modal split). The MARS model is a combined transport and land use model implemented in VENSIM (SD modelling language). With MARS it is possible to model the impact structure of the transport and settlement system including existing feedback and to simulate the transport and spatial development of an area for any period of time (usually 30 years).

As a prerequisite for the assessment of the transport-relevant impact spectra of the scenarios, firstly the different automated vehicle (AV) modes (private AV, sharing AV, ride sharing AV, AV in public transport) were implemented in the model MARS: In principle, the attractiveness of using a means of transport (walking, cycling, individual transport or public transport) depends on the three elements (1) availability, (2) evaluated (weighted) travel times and (3) evaluated (weighted) costs. Automated driving changes the characteristics of these elements via various cause-effect chains and ultimately influences the individual choice of means of transport and the intensity of use. By implementing and parameterizing these cause-effect chains, the transport effects of the respective scenarios can be simulated and quantified.

The simulations (Chapter 4) show that automated mobility without suitable transport policy measures - such as mobility pricing, parking space management, etc. - will lead to a significant increase in the volume of individual traffic. On the other hand, there will be modal shift effects with lower traffic volumes for public transport, walking and cycling. This is associated with a higher land consumption, a greater separating effect, etc. In addition, without a link between automated vehicles and post-fossil propulsion systems, increases in pollutant emissions can also be expected. In contrast, the simulation results of an increased use of AVs in public transport show positive effects for the support of a more sustainable mobility.

Scenario	Indicator	Year	Walking	Cycling	Public Transport	Passenger Car	Total
Scenario 1: Market-driven AV euphoria – without measures	modal split - trips	2030	13.9%	7.2%	15.4%	63.4%	100.0%
		2050	10.2%	4.9%	15.7%	69.2%	100.0%
	billion person-km	2030	2.28	1.60	16.40	87.08	107.36
		2050	1.65	1.07	17.47	90.37	110.56
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	66.40	66.40
		2050	-	-	-	72.66	72.66
	Billion trips	2030	1.03	0.53	1.14	4.69	7.39
		2050	0.75	0.36	1.16	5.08	7.34
	million t CO2	2030	-	-	-	-	13.66
		2050	-	-	-	-	6.19
Scenario 1: Market-driven AV euphoria – with combination of measures (Backcasting)	modal split - trips	2030	17.5%	9.1%	19.8%	53.5%	100.0%
		2050	11.7%	5.6%	18.7%	64.1%	100.0%
	billion person-km	2030	2.12	1.51	22.43	68.19	94.24
		2050	1.48	0.97	22.80	75.41	100.66
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	52.06	52.06
		2050	-	-	-	60.93	60.93
	Billion trips	2030	0.95	0.50	1.60	3.60	6.65
		2050	0.67	0.32	1.58	4.09	6.67
	million t CO2	2030	-	-	-	-	10.71
		2050	-	-	-	-	5.19
Scenario 2: Policy-driven AV governance – without measure	modal split - trips	2030	14.2%	7.3%	16.9%	61.5%	100.0%
		2050	11.1%	4.9%	19.4%	64.7%	100.0%
	billion person-km	2030	2.25	1.57	18.45	82.47	104.73
		2050	1.63	0.96	21.43	83.44	107.47
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	62.74	62.74
		2050	-	-	-	64.30	64.30
	Billion trips	2030	1.01	0.52	1.20	4.38	7.12
		2050	0.74	0.32	1.29	4.31	6.66
	million t CO2	2030	-	-	-	-	11.80
		2050	-	-	-	-	3.09
Scenario 2: Policy-driven AV governance – with measure	modal split - trips	2030	15.6%	8.1%	18.9%	57.4%	100.0%
		2050	11.9%	5.2%	21.3%	61.5%	100.0%
	billion person-km	2030	2.39	1.67	20.09	73.42	97.57
		2050	1.69	1.00	22.65	74.93	100.28
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	55.82	55.82
		2050	-	-	-	57.76	57.76
	Billion trips	2030	1.08	0.55	1.30	3.95	6.88
		2050	0.77	0.34	1.37	3.95	6.42
	million t CO2	2030	-	-	-	-	10.50
		2050	-	-	-	-	2.77

Scenario 3: Individualized mobility and slow AV development – without measures	modal split - trips	2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%
		2050	11.3%	5.5%	15.8%	67.4%	100.0%
	billion person-km	2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45
		2050	1.86	1.22	16.10	97.83	117.01
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	67.44	67.44
		2050	-	-	-	75.88	75.88
	Billion trips	2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63
		2050	0.84	0.41	1.17	4.99	7.41
	million t CO2	2030	-	-	-	-	15.05
		2050	-	-	-	-	9.28
Scenario 3: Individualized mobility and slow AV development – with combination of measures	modal split - trips	2030	17.8%	9.4%	21.5%	51.3%	100.0%
		2050	14.5%	7.0%	24.6%	53.9%	100.0%
	billion person-km	2030	2.64	1.88	21.32	65.50	91.34
		2050	2.04	1.34	22.82	64.54	90.73
	billion vehicle-km	2030	-	-	-	49.80	49.80
		2050	-	-	-	50.14	50.14
	Billion trips	2030	1.19	0.63	1.44	3.43	6.68
		2050	0.92	0.45	1.57	3.43	6.37
	million t CO2	2030	-	-	-	-	11.12
		2050	-	-	-	-	6.13
BAU: Business as Usual*	modal split - trips	2015	16.1%	8.6%	14.9%	60.4%	100.0%
		2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%
		2050	13.0%	6.7%	14.0%	66.3%	100.0%
	billion person-km	2015	2.42	1.75	15.57	79.74	99.48
		2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45
		2050	2.26	1.59	14.09	102.57	120.52
	billion vehicle-km	2015	-	-	-	60.85	60.85
		2030	-	-	-	67.44	67.44
		2050	-	-	-	78.05	78.05
	Billion trips	2015	1.09	0.58	1.01	4.10	6.78
		2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63
		2050	1.02	0.53	1.10	5.22	7.87
	million t CO2	2015	-	-	-	-	15.28
2030		-	-	-	-	15.05	
2050		-	-	-	-	9.54	

*The Business as Usual scenario used in the SAFiP project corresponds to the "With Existing Measures" (WEM) scenario of the "Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050" project led by the Austrian Federal Environment Agency (see Krutzler et al., 2017). In this scenario there is no automation beyond level 3. The private use of cars remains dominant in comparison to shared use.

In general, it should be noted that research in the field of impact prognosis on AV is still in its infancy. There is currently very little evidence-based experience worldwide on a larger scale of how AV systems could affect transport and land use systems in the medium and long term. With the SAFiP project, the first important mosaic stones will be presented for this purpose, which will, for example, improve the sensitivity of the models to measures.

Policy measures

Political agendas, instruments and actors determine the policy requirements for automated mobility. How the mobility system changes in the context of the AV depends essentially on the actions of the various actors within the framework of the respective institutional conditions. It is therefore important to consider the respective normative environment and the diversity of stakeholder interests.

The SAFiP project's analysis of transport policy, RTI policy, environmental policy and spatial planning policy framework documents and specific policies on automated driving (Chapter 6) provides a differentiated overview of existing objectives and recommendations for action on automated mobility at different policy levels. Even if these are partly vaguely formulated without clear reference to measures and are also marked by conflicts of interest, the objectives can be analytically summarised in four overall objectives (safety, efficiency, environment and social issues) and twelve sub-objectives. A set of indicators with qualitative and quantitative indicators complements the target system and serves to evaluate the scenarios developed. The different strengths and weaknesses of the scenarios provide starting points for how the achievement of objectives can be improved by compensatory measures. A catalogue of measures is available, which also includes AV-specific measures, because new technologies, data etc. also enable new sets of measures for transport policy control. The fact that the achievement of the objectives of the individual scenarios can be improved by specific measures and that it is therefore possible to intervene politically and with planning in order to achieve the desired objectives was made clear by a backcasting, in which the effects of these measures were exemplary modelled and estimated for the individual scenarios.

Recommendations for action and need for further research

It should be noted that automated mobility is creating new opportunities: Improved road safety, extended mobility options for specific user groups (e.g. mobility impaired people), higher capacity utilisation of the existing transport infrastructure or improved economic efficiency of public transport, if personnel costs can be reduced, are just some of the positive aspects. In rural areas in particular, accessibility could also be improved through new demand-oriented mobility services. In order to secure these benefits, however, timely, well-coordinated and pro-active governance through policy and planning administration involving key societal actors is needed.

If the binding Austrian climate, energy and environmental targets are the starting point, then the transport-relevant impact spectra of the MARS model for the scenarios show that positive effects can only be expected from automated mobility if consistent transport policy governance strategies are adopted to largely avoid undesirable new effects.

The choice of means of transport by the population must be influenced in the sense of a clear prioritisation in such a way that 1) the active mobility of walking, cycling in the sense of mobility sufficiency is the first priority, 2) an attractive public transport system (suburban railway, subway, express buses) optimised by AV and strongly connected with other modes represents an essential backbone of the transport offer, 3) already graded in relevance the potentials of AV ride sharing with the increased occupancy rates should be used and 4) only then with lower significance AV car sharing due to the positive area effect (omission of parking spaces, car dealerships etc.) should be forced. On the other hand, the increase in traffic expected from private AV is so great that its priority should be the lowest. A high degree of flexibility, for example in the case of longer journeys, in lack of public transport, with luggage and mobility restrictions could be guaranteed by AV ride and car sharing. AV-specific controlling measures include all Mobility Pricing measures, such as weight-based taxation of AV vehicles with conventional drives or taxation according to type of vehicle (if passive safety is no longer required on a large scale), differentiated road taxes depending on time, disturbing effect, location, occupancy rate etc. and charges on empty rides of automated vehicles, but also car-free zones in order to equalise the entry and exit distances to and from the entry and exit points between the means of transport. The effect of these measures could be demonstrated exemplarily in the context of the Backcasting carried out in the SAFiP project (Chapter 6).

In addition, the possibility of a long transition period in mixed traffic poses various challenges, such as 1) a deterioration in road safety due to citizens' limited experience with AVs or conflicts between vehicles at different levels of automation or with other road users, 2) a change in the accessibility of locations, depending on whether and how easily they can be reached by AVs, and c) high financial expenditures for the provision and maintenance of AV infrastructure coupled with declining revenues for the public sector due to lost revenues such as parking fees.

Possible measures for the mixed traffic phase are, for example, speed reductions to improve traffic safety, control of settlement development via land policy (e.g. land use planning) and urban-regional cooperation in order to compensate for the accessibility effects of locations, or the use of new financing instruments which are very strongly oriented towards the polluter-pays principle.

Moreover, the scenarios made clear that the interaction of different technological, cultural, economic and institutional factors is particularly important. The complexity of automated mobility requires an incremental approach of trial and error in experimental spaces such as the urban mobility laboratories available in Austria. Transdisciplinary learning processes can support the goals of the Austrian strategy for automated mobility and strengthen the business location.

1. Einleitung

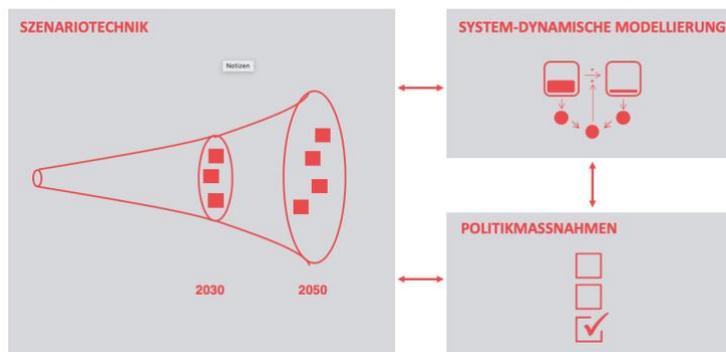
1.1. Zielsetzung

Die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung wird zu einer deutlichen Veränderung des Verkehrssystems, der Mobilität und der Siedlungsstrukturen in Österreich führen. Das gilt gerade für das teil- und vor allem das voll-automatisierte Fahren. In welcher Form und in welchem Ausmaß dies geschehen wird, ist jedoch noch völlig unklar. Zahlreiche Treiber und Entwicklungen, wie beispielsweise der Klimawandel, technologische und demografische Entwicklungen oder die Urbanisierung wirken hier parallel, durchdringen sich aber auch wechselseitig und erhöhen so die Komplexität. Gleichzeitig benötigen jedoch die Wirtschaft, öffentliche Verwaltungen und Politik einen möglichst konkreten Handlungsrahmen für den Einsatz zunehmend automatisierter Angebote für die Personen- und Gütermobilität. Dieser Handlungsrahmen ist insbesondere dann wichtig, wenn der Automatisierte Verkehr (AV) die Ziele nachhaltiger Raum- und Verkehrsentwicklung unterstützen soll.

Es liegen zwar bereits Studien zur zukünftigen Entwicklung der (nationalen) Verkehrssysteme resp. zur Auswirkung des AV vor. Diese bleiben jedoch meist sehr oberflächlich und es werden die Möglichkeiten der Szenario-Methoden und der Zukunftsforschung nur bedingt ausgenutzt. Für Österreich sind solche Szenarien bisher noch nicht entwickelt worden.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts „System szenarien Automatisiertes Fahren in der Personenmobilität“ (SAFiP) dargelegt. Darin wurden Szenarien für die Personenmobilität in Österreich entwickelt, mit denen das Verkehrssystem unter Antizipation der Möglichkeiten und Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens (AF) im Sinne multipler Zukunftsbilder beschrieben werden. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der Bedeutung des voll-automatisierten Fahrens für den öffentlichen Verkehr, die in den Szenarien explizit berücksichtigt wird. Mit der Entwicklung der Szenarien wurden multiple Zukunftsbilder mit vielen Modi und Nutzungsformen erstellt, die den gesellschaftlichen und politischen Diskurs zur automatisierten Mobilität erweitern. Auf Basis dieser Szenarien werden verkehrsrelevante Wirkungsspektren abgeschätzt und quantifiziert, um die Chancen und Risiken dieser multiplen Zukunftsbilder zu identifizieren. Abschließend erfolgt die Ableitung der Erfordernisse und Notwendigkeiten für verschiedene Politikfelder (FTI-Politik, Verkehrspolitik, Raumplanung etc.) und konkreten weiterführenden Maßnahmen.

Abbildung 1: Methodisches Grobkonzept des SAFiP-Projektes (Quelle: eigene Darstellung)



Im Zuge des Projektes wurde ein multimethodischer Ansatz verwendet (Abbildung 1): Für die Entwicklung der multiplen Zukunftsbilder des automatisierten Fahrens in Österreich wurde eine systematisch formalisierte Szenario-Technik verwendet, die als etablierte, weit verbreitete Methode der strategischen Planung im Bereich Mobilität und Verkehr fungiert (vgl. Ahrend et al. 2011; Ehrhart et al. 2012; Phleps et al. 2015). Im Rahmen eines kommunikativen und methodisch kontrollierten Szenario-Prozesses konnten in einem intensiven Dialog mit ExpertInnen und StakeholderInnen (z.B. Workshops, Reflexionen) über mehrere Rückkopplungsschleifen vernetzt, die unterschiedlichen multiplen Zukunftsbilder, wie die Zukünfte des automatisierten Fahrens (AF) langfristig aussehen könnten, sukzessiv reflektiert und verdichtet werden. Auf Basis der entwickelten Szenarien wurden mit dem wissenschaftlich fundierten MARS-Modell (Metropolitan Activity Relocation Simulator), das sich für die Betrachtung langer Zeithorizonte und komplexer Wechselbeziehungen eignet, die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren (z.B. Fahrzeugbestand, Verkehrsaufkommen, Verkehrsaufwand, Umwelteffekte, Reisezeit, Anzahl der Wege, Modal Split) abgeschätzt. Schließlich wurden ein Maßnahmenkatalog für verschiedene Politikfelder auf der Grundlage der abgeschätzten Wirkungsspektren sowie ein Indikatoren-Set zur Bewertung der Szenarien hinsichtlich der aus Politikdokumenten abgeleiteten Ziele erstellt.

1.2. Projekt abgrenzung

Im Rahmen des SAFiP-Projektes wurden folgende Abgrenzungen vorgenommen:

Modal

Mit dem SAFiP-Projekt wird ausschließlich der Personenverkehr betrachtet; der Güterverkehr wird hier explizit nicht berücksichtigt. Als automatisiert werden hier grundsätzlich Fahrzeuge unterschiedlicher Größen verstanden, die einen hohen Anteil der Fahrleistungen eigenständig übernehmen bis hin zu fahrerlos betrieben werden können. In der Übersicht 1 werden die unterschiedlichen Automatisierungslevels dargestellt (vgl. SAE International 2018: 17).

Übersicht 1: Überblick über Automatisierungslevels (Quelle: eigene Darstellung, nach SAE International 2018: 17)

SAE-Levels	Name	Beschreibung	Quer- und Längsführung	Umgebungsbeobachtung	Rückfall-ebene	operational design domain
Level 0 FahrerIn führt alle Fahraufgaben aus						
	No Driving Automation (keine Automation)	Die/Der FahrerIn fährt eigenständig, auch wenn unterstützende Systeme vorhanden sind.	FahrerIn	FahrerIn	keine	n/a
Level 1						
	Driver Assistance (Assistenzsysteme)	Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und Querführung (nicht gleichzeitig).	FahrerIn	FahrerIn	FahrerIn	Limitiert
Level 2						
	Partial Driving Automation (Teilautomatisierung)	Ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und gleichzeitiger Querführung, FahrerIn muss System dauerhaft überwachen.	System	FahrerIn	FahrerIn	Limitiert
Level 3 System führt alle Fahraufgaben aus						
	Conditional Driving Automation (Bedingte Automatisierung)	Autonomes Fahren mit der Erwartung, dass die/der FahrerIn auf Anforderung zum Eingreifen reagieren muss.	System	System	Rückfallbereite/r NutzerIn (wird zur/zum FahrerIn auf der Rückfall-ebene)	Limitiert
Level 4						
	High Driving Automation (Hochautomatisierung)	Automatisierte Führung des Fahrzeugs mit der Erwartung, dass die/der FahrerIn auf Anforderung zum Eingreifen reagiert. Ohne menschliche Reaktion steuert das Fahrzeug weiterhin autonom. FahrerIn muss System nicht dauerhaft überwachen.	System	System	System	Limitiert
Level 5						
	Full Driving Automation (Vollautomatisierung)	Vollständig autonomes Fahren, bei dem die dynamische Fahraufgabe unter jeder Fahrbahn und Umgebungsbedingung wie von einer/einem menschlichen FahrerIn durchgeführt wird.	System	System	System	unlimitiert

Als Anwendungsfälle des automatisierten Fahrens innerhalb des Personenverkehrs werden a) automatisierte Fahrzeuge im Privatbesitz, b) automatisierte Einzeltaxis (Car Sharing), c) automatisierte Sammeltaxis (Ride Sharing), d) automatisierte Linien- und Bedarfsbusse sowie e) automatisierte Shuttles (öffentlicher Verkehr) berücksichtigt. Zudem werden ebenso die Use Cases/ Wirkungen aus dem Aktionsplan „Automatisiertes Fahren“ (vgl. bmvit 2016a) bzw. aus dem Aktionspaket „Automatisierte Mobilität“ (vgl. bmvit 2018a) betrachtet. Innerhalb des SAFiP-Projektes werden auch Modi des Umweltverbundes aus öffentlichem Personenverkehr, Fuß- und Radverkehr berücksichtigt.

Zeitlich

Die Entwicklung der Szenarien und Zukunftsbilder sowie deren Modellierung erfolgt für die Jahre 2030 und 2050. Diese beiden Zeithorizonte wurden ausgewählt, da im Jahr 2030 automatisierte Fahrzeuge vermutlich eher noch im Mischverkehr

mit herkömmlichen Fahrzeugen auftreten, während im Jahr 2050 die Marktdurchdringung von vollautomatisierten Fahrzeugen (SAE-Level 5) bereits weit fortgeschritten sein wird. Beide Zeiträume bieten somit ein gutes Spektrum, um mögliche Szenarien und Zukunftsbilder zu beschreiben.

Räumlich

Im Fokus des Projekts liegt die Betrachtung von ganz Österreich. Daher wurden sowohl die Szenarien und Zukunftsbilder als auch die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren für ganz Österreich entwickelt bzw. abgeschätzt. Zudem werden beispielhaft räumliche Fallstudien anhand unterschiedlicher Verkehrsraumtypen, beispielsweise ÖV-Achse und Stadtrand, vorgenommen.

Sozial

Im Rahmen des Projekts erfolgt nur eine geringe soziale Differenzierung. Unterschiedliche soziale Lagen und soziale Milieus konnten aufgrund der Modell-Konzeptionen nicht berücksichtigt werden.

2. Entwicklung von Szenarien und Zukunftsbildern: Methodik und Prozessverlauf

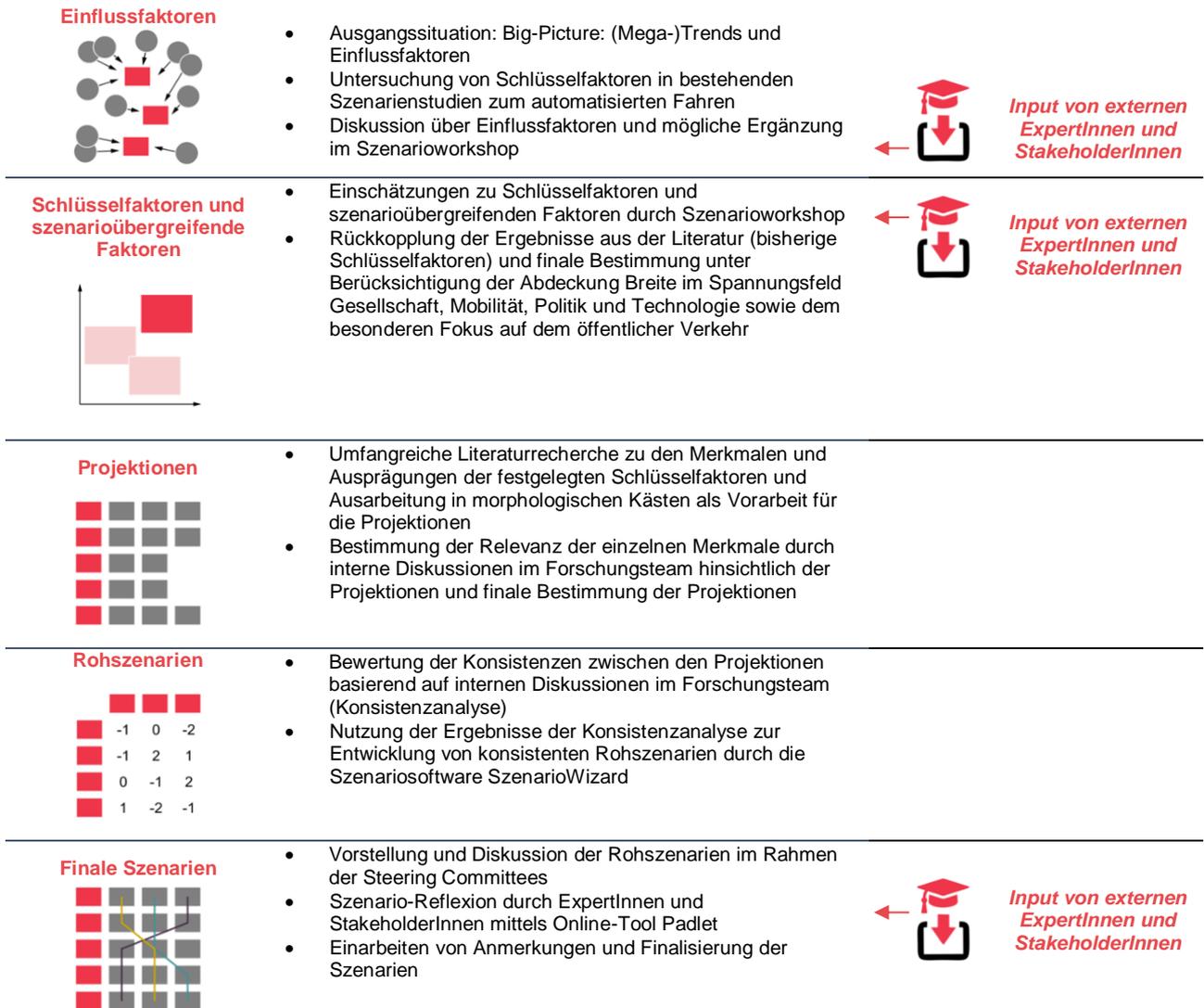
Szenarien werden als zentrale und am weitesten verbreitete Methode der Zukunftsforschung eingestuft (vgl. Ahrend et al. 2011: 36). Sie sind Darstellungen möglicher Zukünfte, einschließlich ihrer Entwicklungswege, die in Abhängigkeit bestimmter Rahmenbedingungen variieren (vgl. Sieber et al. 2015: 133). Mit der Darstellung von Entwicklungen, die aus der Gegenwart in die Zukunft gedacht werden (Forecasting), werden komplexe zukünftige Situationen als Idealtypus beschrieben, die jedoch in dieser Form nicht notwendigerweise eintreten müssen (vgl. Gausemeier et al. 1995: 90). Szenarien sind daher keine Prognosen, d.h. sie beschreiben keine sicher eintretende Zukunft, sondern stellen in sich schlüssige und plausible Zukunftsbilder bzw. alternative Möglichkeiten („So könnte es sein.“) dar. Es ist weitgehend ungewiss, ob und welche dieser Möglichkeiten sicher eintreten wird. In der Zukunft werden daher Elemente aus allen entwickelten Szenarien (s. Kap. 3) in unterschiedlichem Ausmaß vereinen. Zudem können auch neue, noch nicht absehbare Entwicklungen, Trends und Innovationen hinzukommen (vgl. Ahrend 2011: 11).

Die Szenarien und Zukunftsbilder für die Personenmobilität in Österreich wurden unter der Berücksichtigung der in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten Möglichkeiten des automatisierten Fahrens (AF) mittels einer systematisch formalisierten Szenario-Technik entwickelt. Im ersten Schritt werden hierbei klassischerweise Schlüsselfaktoren anhand der Bestimmung von Einflussfaktoren identifiziert, die anschließend variiert und miteinander kombiniert werden. Um zu sinnvollen Kombinationen zu gelangen, wird in der Regel eine Konsistenzanalyse (Konsistenz zwischen Ausprägungen der Schlüsselfaktoren) durchgeführt. Schließlich wird ein Szenario-Trichter aufgespannt und darin verschiedene Szenarien generiert (vgl. Kosow et al. 2008: 38 ff.).

Solche umfassenden Szenario-Techniken wurden bereits in zahlreichen Studien im Bereich Mobilität und Verkehr durchgeführt (vgl. z.B. Ahrend et al. 2011, Ehrhart et al. 2012, Phleps et al. 2015). Bisher wurde aber ein solch umfassender Szenario-Prozess unseres Wissens bis zu Beginn des SAFiP-Projektes noch nie in Studien zur Entwicklung von Szenarien über die Auswirkungen des automatisierten Verkehrs angewandt. Mit der Übersicht 2 wird ein grober Überblick über den Prozessverlauf der durchgeführten Szenario-Entwicklung gegeben. Dieser umfasste sowohl die wissenschaftliche Recherche und Analyse von Einflussfaktoren, als auch den Einsatz partizipativer Elemente bei der Erarbeitung und Diskussion der Szenarien gemeinsam mit externen österreichischen ExpertInnen und StakeholderInnen.

Ein Fokus innerhalb der Szenarien-Entwicklung lag zudem auf der visuellen Gestaltung der Szenarien, die als essentiell angesehen wird, um die Szenarien „lebendiger“, nachvollziehbarer und daher besser kommunizierbar zu machen.

Übersicht 2: Überblick über die einzelnen Schritte der Szenarioentwicklung (Quelle: eigene Darstellung)



2.1. Ausgangssituation: Big-Picture – (Mega-)Trends und Einflussfaktoren

Die künftige Entwicklung des automatisierten Fahrens kann nicht isoliert betrachtet werden; vielmehr ist sie in zahlreiche übergeordnete Trends und Treiber sowie andere technologische und soziale Transformationsprozesse eingebettet, welche auf die zukünftige Entwicklung des Verkehrssystems in unterschiedlicher Weise wirken werden. Zu Beginn des Prozesses der Szenario-Entwicklung wurden daher die Trends- und Einflussfaktoren recherchiert, die im Zusammenhang mit der Entwicklung automatisierten Fahrens genannt werden. Die umfangreiche Analyse von zahlreichen Studien zu zukünftigen übergeordneten (Mega-)Trends und Treibern im Verkehrssektor und im Mobilitätsbereich (Berger 2017, Dangschat 2019, EBP 2017, EXCEPT 2017, Heß & Polst 2017, InnoZ 2012, JPI Urban Europe 2014, Landeshauptstadt München 2017, SINUS 2016, WBGU 2011, WBGU 2016, Whalen 2017, Z_Punkt 2016, Z_Punkt 2017, Zukunftsinstitut 2016) zeigen, dass zukünftige übergeordnete Trends und Treiber grob in sieben größere Bereiche bzw. Themenfelder eingeteilt werden können – mit der Abbildung 2 wird ein Überblick über diese Themenfelder gegeben.

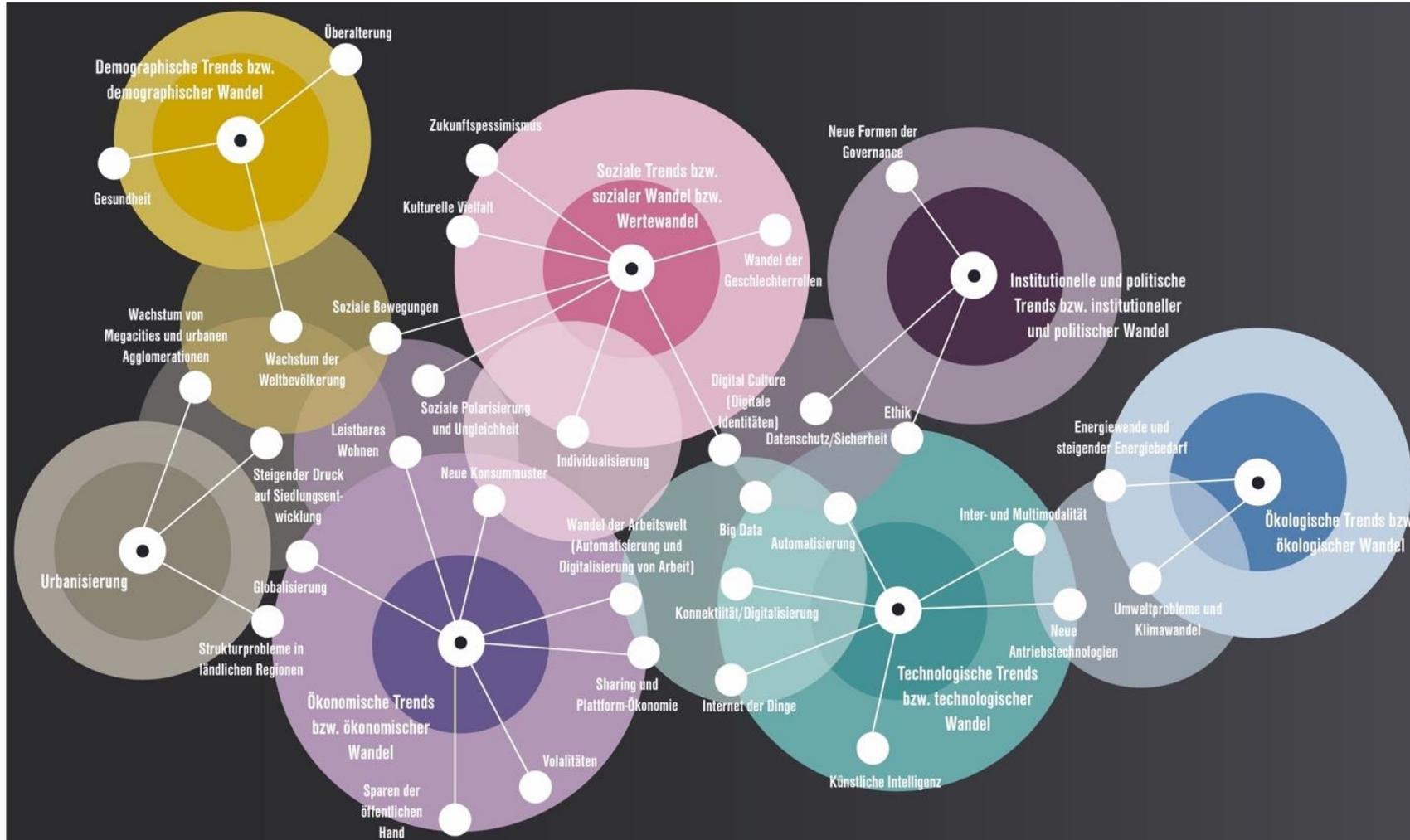
Abbildung 2: Bereiche von (Mega-)trends und Einflussfaktoren (Quelle: eigene Darstellung)



Die genannten Einflussfaktoren und Trends wirken nicht nur parallel, sondern stehen zueinander in Beziehung, verstärken sich und vergrößern damit die Komplexität künftiger Entwicklungen im Verkehrs- und Mobilitätsbereich (vgl. Grunwald 2015; Heinrichs 2015; Jürjado & O'Reilly 2016; Kollosche & Schwedes 2016: 14; Beckmann 2019, Dangschat 2019). Mit der Abbildung 3 wird ein schematischer Überblick über die Beziehung zwischen den einzelnen Einflussfaktoren und Trends in den sieben Bereichen gegeben. Diese genannten Trends bewirken auch das aktuelle und künftige Handeln von Politik und planender Verwaltung auf verschiedenen Ebenen sowie die Einstellungen und Verhaltensweisen unterschiedlicher sozialer Gruppen. Politik orientiert sich beispielweise (vor allem durch die Beschlüsse von Paris im Jahr 2016 und Kattowice im Jahr 2018) stärker auf Klima- und Umweltschonung oder unterstützt die Sharing Economy. Im Mobilitätsbereich ist die politische Strategie zunehmend auf eine autoarme Multi- und Intermodalität ausgerichtet. Auch die Stadt- und Regionalentwicklung wird zunehmend an Kriterien der Lebensqualität und der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum ausgerichtet. Schließlich werden Verkehrs-, Mobilitäts- und Siedlungsentwicklung zunehmend im Zusammenhang gesehen.

Das automatisierte Fahren wird sich also im Rahmen der genannten übergeordneten Trends und Treiber sowie der in Österreich beobachtbaren Tendenzen im Verkehrs- und Mobilitätsbereich entwickeln. Aus der Fülle an möglichen Einflussfaktoren mussten daher in einem weiteren Schritt sowohl szenario-übergreifende Einflussfaktoren als auch szenario-spezifische Schlüsselfaktoren bestimmt werden. Szenario-übergreifende Einflussfaktoren sind relevante, als weitgehend sicher eintretende Einflussfaktoren, die szenario-übergreifend in gleicher Weise wirksam sind. In Szenario-Studien sind dies häufig demographische Trends. Szenario-spezifische Schlüsselfaktoren sind hingegen besonders wirksame und als weitgehend „unsicher“ eingestufte Einflussfaktoren. Anhand dieser Schlüsselfaktoren werden in der Regel die Szenarien aufgespannt; diese Einflussfaktoren, sind also szenario-spezifisch unterschiedlich wirksam.

Abbildung 3: Überblick über die Beziehungen zwischen den (Mega-)Trends und Einflussfaktoren (Quelle: eigene Darstellung)



2.2. Schlüsselfaktoren in bestehenden Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren

Zur Bestimmung von Schlüsselfaktoren (die relevante, sicher eintreffende Prozesse beschreiben) und szenario-übergreifenden Einflussfaktoren (deren Werte den Charakter der Szenarien bestimmen, weil sie zwischen den Szenarien gezielt variiert werden) wurde zunächst eine umfassende Literaturrecherche der Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren durchgeführt. Innerhalb dieser Studien wurden meist in einem umfangreichen Prozess Einflussfaktoren hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Unsicherheit durch ExpertInnen bewertet. Übersicht 3 gibt einen Überblick über die analysierten Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren und die darin verwendeten Schlüsselfaktoren.

Übersicht 3: Überblick über durchgeführte Studien zu zukünftigen Verkehrssystemen speziell mit automatisierten Fahrzeugen sowie den verwendeten Schlüsselfaktoren (chronologisch)

AutorInnen, Land	Schlüsselfaktoren der Szenarien
Townsend 2014, USA	Durchdringungsrate mit voll-automatisierten Fahrzeugen
Beiker 2015	Automatisierung (teil/bedingt/hoch/voll), Gebietsbegrenzung (keine/regional/lokal), Nutzung (individuell/privat/öffentlich), Eigentümerschaft (individuell/privat/zentral/kommerziell)
Phleps et al. 2015, Deutschland	Autonomes Fahren (rechtliche Rahmen sind angelegt bzw. mangelnde Regulierung) als Einflussfaktor bzw. Trendbruchereignis
Tillema et al. 2015, Niederlande	Grad der Fahrzeugautomatisierung (Level 3, 4 bzw. 5); Ausmaß des Sharings von Fahrzeugen (hoch bzw. niedrig)
VDV 2015, Deutschland	Autonomes Fahren als Individualverkehr oder voll integrierten Teil des öffentlichen Verkehrssystems
Gertz & Dörnemann 2016, Deutschland	Rahmenbedingungen für autonome Dienste (fördernde bzw. hemmende Rahmenbedingungen); Mobilitätsverhalten der EinwohnerInnen (kollektiv bzw. individuell)
Gruel & Stanford 2016	Verkehrsverhalten (keine Veränderung bzw. höherer Anreiz, das Auto zu nutzen); Eigentum von Fahrzeugen (keine Veränderung bzw. Sharing aller Fahrzeuge)
Trommer et al. 2016, Deutschland, China USA	Technologieentwicklung (evolutionär bzw. progressiv); bzw. Zulassung von fahrerlosem Fahren
Milakis et al. 2017, Niederlande	politische Regulation im Hinblick auf automatisiertes Fahren (restriktiv bzw. unterstützend); technologische Entwicklung (hoch bzw. niedrig)
Tillema et al. 2017, Niederlande	„Evolution of the private car“ und „Sharing in bloom“
Perret et al. 2017, Schweiz	Storyline basierend auf erfüllten Voraussetzungen hinsichtlich rechtlichen, technologischen, infrastrukturellen und gesellschaftlichen Aspekten
CARTRE 2018	Ausmaß der Nutzung von geteilten Mobilitätsangeboten (hoch bzw. niedrig) und Kontrollüberzeugung (privat, Politik-getrieben)
Mitteregger et al. 2019	Politisch-planerische Haltung: Markt-getrieben, Politik-getrieben, Community-getrieben

Ein Blick auf die in den bisherigen Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren verwendeten Schlüsselfaktoren zeigt, dass bisher zusammenfassend folgende Schlüsselfaktoren zur Bildung von Szenarien verwendet wurden:

- Geschwindigkeit der Automatisierungstechnologie für Fahrzeuge: schnell langsam bzw. niedrig, hoch
- Art der Entwicklung bzw. der Automatisierungstechnologie: evolutionär, revolutionär oder transformativ
- Verkehrsangebot AF: AF als Individualverkehr bzw. AF als integrierter Teil des ÖV
- Ausmaß des Sharings von Fahrzeugen: hoch bzw. niedrig
- Politische Rahmenbedingungen hinsichtlich Automatisierungstechnologie: unterstützend, fördernd bzw. restriktiv, hemmend
- Politisch-planerisch Haltung: Markt-getrieben, Politik-getrieben, Community-getrieben

Die bisher verwendeten Schlüsselfaktoren können somit grob den Bereichen Technologie, Verkehrsangebot, Mobilitätsverhalten sowie Verkehrs- und Mobilitätspolitik zugeordnet werden.

2.3. Szenarioworkshop mit ExpertInnen und StakeholderInnen

Im Rahmen des Szenario-Workshops² ging es zunächst darum, die insbesondere aus der Literaturrecherche ermittelten Einflussfaktoren vor allem auch im Hinblick auf ihre Relevanz für Österreich zu diskutieren. Hierfür wurden die Teilnehmenden in vier Gruppen zu den Themen Gesellschaft, Politik, Technologie und Ökonomie aufgeteilt. In diesen Gruppen wurden jeweils die Schlüsselfaktoren aus den bekannten Szenario-Studien zum AV sowie etwaige aus der erweiterten Literaturrecherche (Big Picture) ermittelten Einflussfaktoren diskutiert. Hierzu wurde die Vielzahl der ermittelten Einflussfaktoren durch die Zusammenführung weitgehend ähnlicher Parameter gebündelt und verdichtet. Folgende Einflussfaktoren wurden im Rahmen der jeweiligen Gruppen im Rahmen des Szenario-Workshops diskutiert:



1) Politik:

- Förderpolitik hinsichtlich Automatisierungstechnologie
- Politisch-planerische Haltung (hinsichtlich des Einsatzes der Automatisierungstechnologie)
- Umwelt- und Klimapolitik
- Ethik + Recht
- Datenschutz



2) Gesellschaft:

- Demographischer Wandel
- Wanderungen und Migration
- Soziale Polarisierung und Ungleichheit
- Individualisierung und Wertewandel



3) Ökonomie

- Sharing Economy
- Mobility as a Service
- Ausgestaltung Verkehrsmarkt
- Wandel der Arbeitswelt



4) Technologie

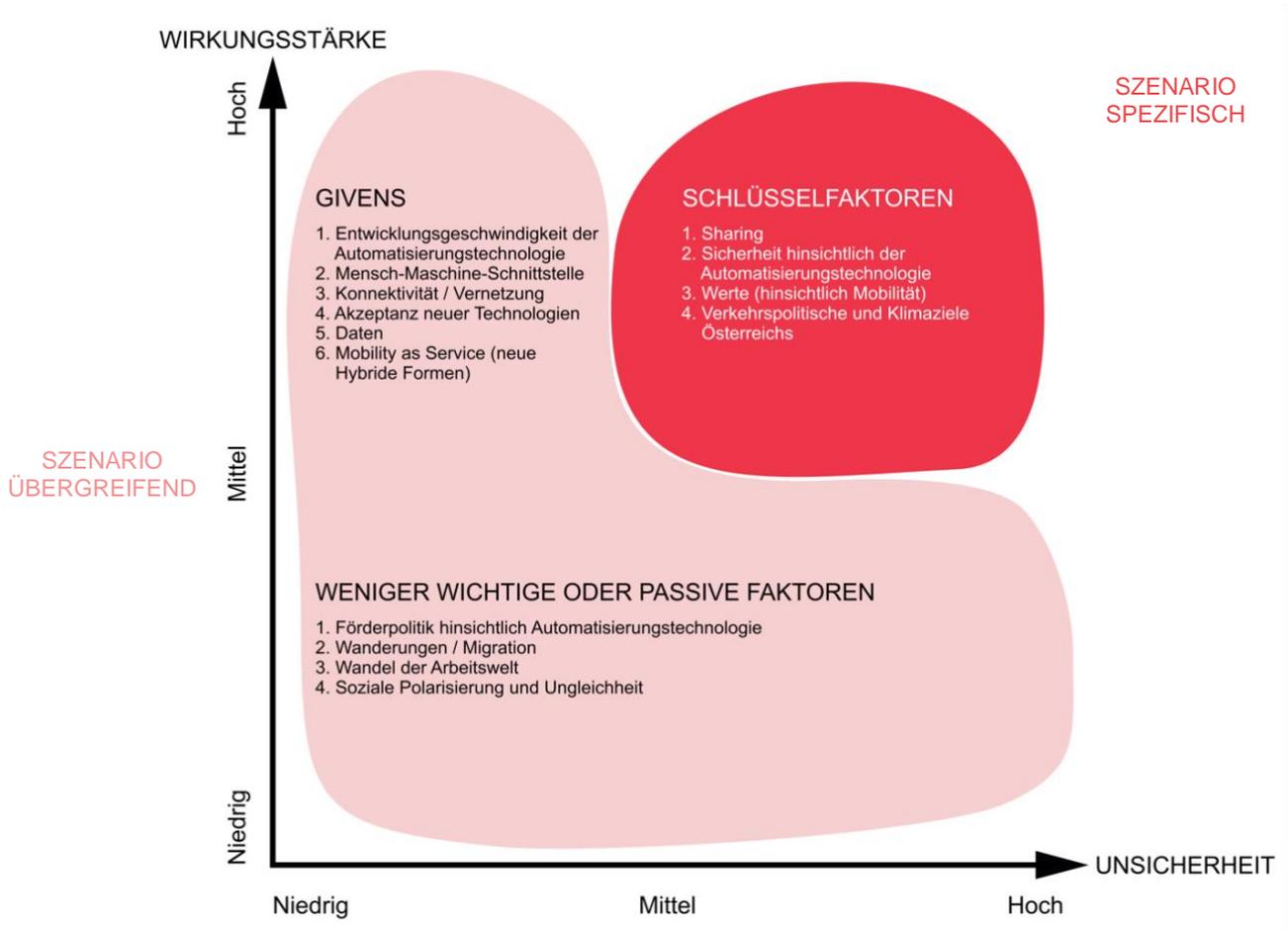
- Geschwindigkeit der Automatisierungstechnologie für Fahrzeuge (d.h. Sensorik, Deep Learning, Künstliche Intelligenz)
- Internet der Dinge / Konnektivität
- Digitalisierung und digitale Infrastruktur
- Antriebssysteme/-technologien
- Mensch-Maschine-Schnittstelle

Über die Vorgaben hinaus bestand für die ExpertInnen und StakeholderInnen die Möglichkeit, aus Ihrer Sicht noch fehlende Einflussfaktoren zu ergänzen.

Anschließend diskutierten die Teilnehmenden mittels Fish-Bowl-Methode über die Wirkungsstärke und Unsicherheit der künftigen Entwicklung der Einflussfaktoren. Basierend auf dieser Diskussion wurden von den ExpertInnen und StakeholderInnen die Schlüsselfaktoren identifiziert, also diejenigen Einflussfaktoren, welche eine hohe Wirkungsstärke aufweisen aber gleichzeitig unsicher sind. Die Ergebnisse dieser Diskussion des Szenario-Workshops, d.h. die von den ExpertInnen und StakeholderInnen identifizierten Schlüsselfaktoren, wurden in der weiteren Szenarien-Entwicklung berücksichtigt.

² Es nahmen insgesamt 15 externe ExpertInnen und StakeholderInnen aus dem öffentlichen Bereich (z.B. bmvit, Stadt Wien, ÖBB, ASFinAG) und aus dem privatwirtschaftlichen Bereich (z.B. car2go, Industriellenvereinigung) sowie Personen aus dem Projektconsortium an diesem Workshop aktiv teil.

Abbildung 4: Überblick über die Ergebnisse zur Diskussion hinsichtlich der Einflussfaktoren durch die StakeholderInnen und ExpertInnen (Quelle: eigene Darstellung)



Nachdem sich die ExpertInnen und StakeholderInnen auf „Sharing“ und „Sicherheit der Automatisierungstechnologie“ als die wichtigsten Schlüsselfaktoren geeinigt hatten, erfolgte gemeinsam eine beispielhafte Szenarien-Entwicklung. Im ersten Schritt wurden die jeweiligen Extrema für die beiden Einflussfaktoren definiert. Durch die Kreuzung dieser in einer zweidimensionalen Matrix kristallisierten sich vier Szenarien heraus, welche im Anschluss von den Teilnehmenden in Kleingruppen konkretisiert wurden.

2.4. Entwurf bzw. Präzisierung von Rohszenarien (Konsistenzanalyse)

Anhand der Ergebnisse der Literaturrecherche sowie des Szenario-Workshops erfolgte in einem nächsten Schritt der Entwurf bzw. die Präzisierung von Rohszenarien. Dies umfasste die folgenden Schritte:

Abbildung 5: Durchgeführte Schritte zum Entwurf bzw. zur Präzisierung von Rohszenarien (Quelle: eigene Darstellung)



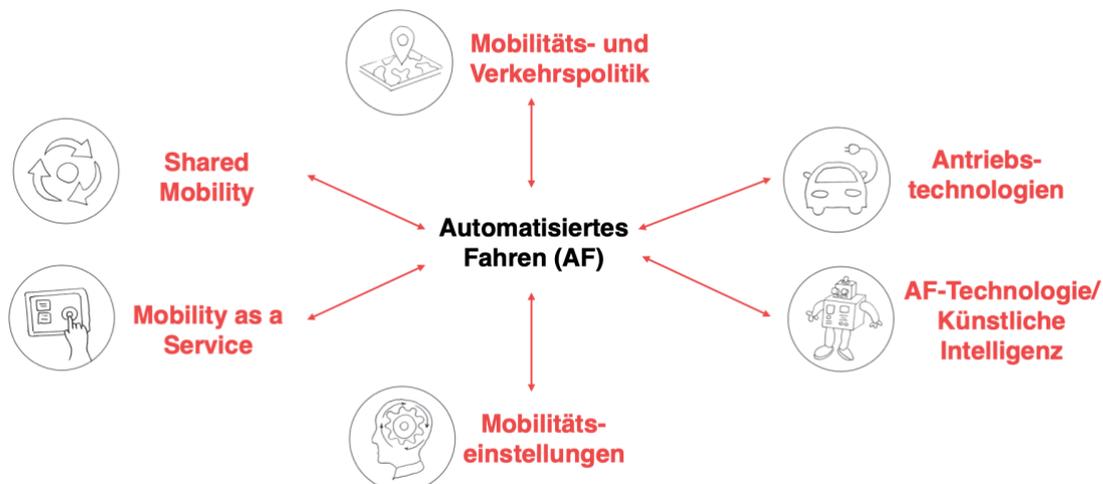
2.4.1 Bestimmung von Schlüsselfaktoren und szenario-übergreifenden Einflussfaktoren

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Literaturrecherche sowie der Einschätzungen über die Wirksamkeit und Unsicherheit der Einflussfaktoren im Rahmen des Szenario-Workshops erfolgte mittels zahlreicher interner Diskussionen sowie mit den PartnerInnen die Bestimmung der szenario-übergreifenden Faktoren sowie der Schlüsselfaktoren.

Schlüsselfaktoren

Die Schlüsselfaktoren wurden aufbauend auf den Ergebnissen des Szenarien-Workshops und der Literaturrecherche innerhalb mehrerer interner Diskussionen mit allen PartnerInnen abgeleitet und endgültig bestimmt. Neben der Berücksichtigung der Ergebnisse des Szenario-Workshops und der Literaturrecherche war es in diesem Zusammenhang wichtig, die Breite im Spannungsfeld Gesellschaft – Mobilität – Politik – Technologie abzubilden. Diese Breite war besonders deshalb so wichtig, weil die meisten Szenario-Studien zum automatisierten Fahren nur auf zwei Schlüsselfaktoren basieren. Auf der anderen Seite war es jedoch wichtig, die Zahl der Schlüsselfaktoren „sinnvoll“ zu begrenzen, um eine zu hohe Komplexität und schwierige Nachvollziehbarkeit zu vermeiden. Schließlich lag ein besonderer Fokus auf dem öffentlichen Verkehr, der in bisherigen Szenario-Studien zum automatisierten Fahren meist fehlt. Insgesamt wurden auf diese Weise sechs Schlüsselfaktoren für die weitere Szenario-Entwicklung bestimmt (s. Abbildung 6).

Abbildung 6: Überblick über abgeleitete Schlüsselfaktoren (Quelle: eigene Darstellung)



Um die Auswahl der Schlüsselfaktoren plausibel zu machen, wurden die ausgewählten jeweils begründet (s. Abbildung 7).

Abbildung 7: Überblick über die abgeleiteten Schlüsselfaktoren und die Begründung für deren Bestimmung (Quelle: eigene Darstellung)



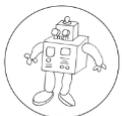
Mobilitäts- und Verkehrspolitik

- * Schlüsselfaktor in bestehenden Szenario-Studien zum automatisierten Fahren
- * Einstufung als Schlüsselfaktor im Szenario-Workshop



Shared Mobility

- * Schlüsselfaktor in bestehenden Szenario-Studien zum automatisierten Fahren
- * Einstufung als Schlüsselfaktor im Szenario-Workshop
- * Abdeckung der Breite an Anwendungsfällen automatisierten Verkehrs (modal), Aktionsplan/-paket Automatisiertes Fahren



AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz

- * Schlüsselfaktor in bestehenden Szenario-Studien zum automatisierten Fahren
- * Einstufung als Schlüsselfaktor im Szenario-Workshop



Mobility as a Service

- * Ermöglicht starke Berücksichtigung des öffentlichen Verkehrs
- * Abdeckung der Breite an Anwendungsfällen automatisierten Verkehrs (modal), Aktionsplan/-paket Automatisiertes Fahren



Mobilitätseinstellungen

- * Schlüsselfaktor in bestehenden Szenario-Studien zum automatisierten Fahren
- * Einstufung als Schlüsselfaktor im Szenario-Workshop
- * Berücksichtigung der Mobilitätsnachfrage



Antriebstechnologien

- * Besondere Relevanz für Zielsetzungen im Bereich der Dekarbonisierung des Verkehrs in Österreich

Szenario-übergreifende Einflussfaktoren

Die szenario-übergreifenden Einflussfaktoren wurden auf gleiche Weise unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Szenario-Workshops abgeleitet. Szenario-übergreifende Einflussfaktoren sind jene, die als relevant erachtet und als weitestgehend sicher eintreffend eingestuft werden. Diese meist übergreifenden Einflussfaktoren sind daher für alle Szenarien gleich wirksam, d.h. sie werden im Gegensatz zu den Schlüsselfaktoren in weiterer Folge zwischen den Szenarien nicht variiert, obwohl es natürlich auch hier kleinere Unsicherheiten und unterschiedliche mögliche Entwicklungen geben wird (vgl. Blanck et al. 2017: 123). Letztlich wurden als solche Faktoren, wie auch in anderen Szenario-Studien üblich, die Bevölkerungsentwicklung (Demographie und Wanderungen), die Wirtschaftsentwicklung, die Beschäftigtenentwicklung sowie räumliche Entwicklungen abgeleitet (s. Übersicht 4). Diese finden sich dann ebenso als Eingangsgrößen in der Modellierung (siehe Kapitel 4.1).

Übersicht 4: Überblick über szenario-übergreifende Einflussfaktoren

Szenarioübergreifende Einflussfaktoren
Bevölkerungsentwicklung, (Demographie und Wanderungen), Urbanisierungsgrad
Wirtschaftsentwicklung, Beschäftigtenentwicklung und Veränderung Arbeitswelt (z.B. Teilzeitarbeitsplätze, Arbeitszeitverkürzung, Arbeitszeitflexibilität – Industrie 4.0)
Räumliche Entwicklungen

2.4.2 Untersuchung der Merkmale der Schlüsselfaktoren

Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Schlüsselfaktoren präzisiert, um darauf aufbauend mögliche Projektionen zu bilden. Mittels Literaturrecherchen zu den Schlüsselfaktoren wurden unterschiedliche Merkmale der Schlüsselfaktoren sowie deren Ausprägungen herausgearbeitet. Hierzu wurde für jeden Schlüsselfaktor ein morphologischer Kasten erstellt, der jeweils zeilenweise die Ausprägungen für bestimmte Merkmale der Schlüsselfaktoren aufzeigt. Die Ausprägungen sind hierbei nicht immer trennscharf, dienen dennoch als Hilfe für die Erstellung von Projektionen. Die Übersicht 5 zeigt den ausgearbeiteten morphologischen Kasten am Beispiel des Schlüsselfaktors „Mobility as a Service“. Die detaillierte Ausarbeitung zu den einzelnen Schlüsselfaktoren, mithilfe derer auch die einzelnen Merkmale und ihre Ausprägungen abgeleitet wurden, findet sich im Anhang A1.

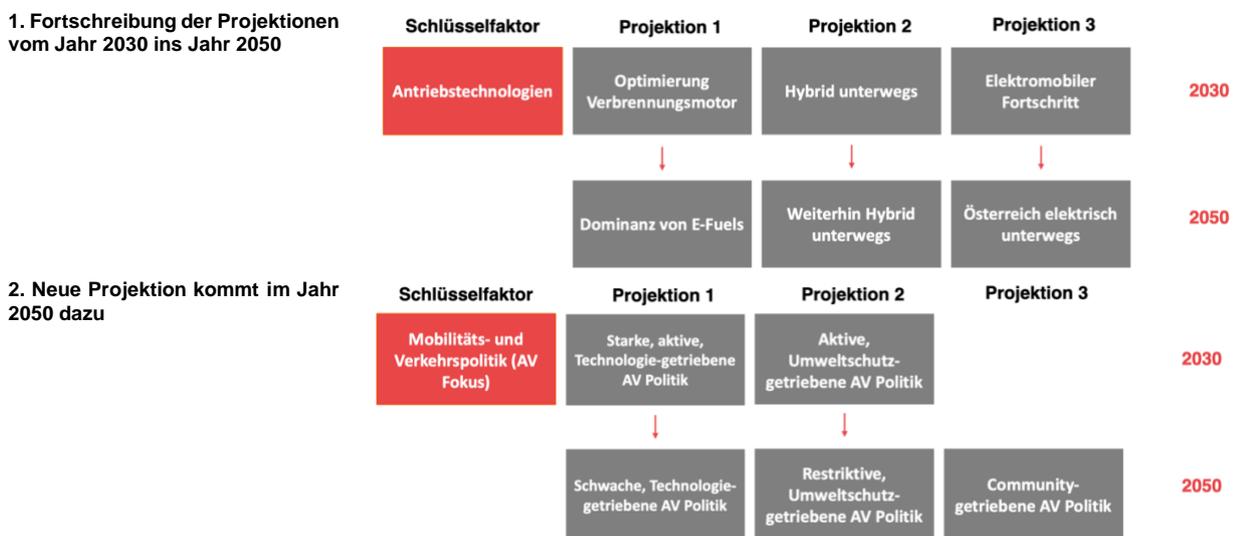
Übersicht 5: Morphologischer Kasten für den Schlüsselfaktor „Mobility as a Service“ (Quelle: eigene Darstellung)

Merkmalsart	Ausprägung							
Angebotsart	privat kontrolliertes Angebot			öffentlich kontrolliertes Angebot			Public-Private-Partnership (PPP)	
Integration und Rollen: Mobilitätsdienstleistern, Datenlieferanten, Hardware-Hersteller, IT, Startups	private Unternehmen sind sowohl Integratoren der Mobilitätsangebote als auch operative Schnittstelle zu den Endnutzenden; ÖV nur ein Mobilitätsanbieter			öffentliche Unternehmen sind sowohl Integratoren der Mobilitätsangebote als auch operative Schnittstelle zu den Endnutzenden; ÖV ist wesentlicher Mobilitätsanbieter, optimierte Integration anderer Mobilitätsanbieter			PPP: Mischform bei Integratoren der Mobilitätsangebote und operativer Schnittstelle zwischen privat und öffentlich	
Rolle des ÖV	Integrator und Angebotserweiterung ÖV (Flexible Betriebsformen)				Marktteilnehmer; Angebotsstabilisierung ÖV			
Mobilitätsdienstintegration	integriertes Plattformmodell (eigene Marke und Kundenschnittstelle; Kundenkontakt über neuen Dienst mit eigener Marke), z.B. WienMobil App				Roaming-Modell (Mandantenfähigkeit; Nutzung von Partner-Diensten über gewohnte App; Ticketkauf in anderen Regionen oder Nutzung von Ride Sharing-Bikes wird im Hintergrund zwischen den Unternehmen verrechnet)			
Tarif	Mobilitätspakete / Flat-rate			Pay-as-you-go (z.B. auch zeit- und ortsabhängig)			Pay-as-you-want	
Zielgruppe	„community“ (vertraut), z.B. Dorfgemeinschaft, Baugruppe...				übergreifend (offen, unbekannt), städtische Anonymität			
Organisation	geschlossenes System				offenes System (integrativ)			
Modi I (modale Integration)	ÖV	ÖV_AV	Car Sharing	Ride Sharing	Ride Hailing	Individueller Pkw (subscription service)		Taxi
Modi II	wenige			mittel			viele	
Modi III	öffentlicher Verkehr				Individualverkehr			
Angebotsraum	lokal		regional		national		international	
Personalisierung	stark (Emotionen, Einstellungen)				mittel		keine	
Blockchain (Kryptowährung)	stark fortgeschritten (hohe Transaktionssicherheit, hohe Bandbreite bei Transaktionen, kombiniert mit Reputationssystem, smart contracts)				wenig fortgeschritten (geringe Transaktionssicherheit, geringe Bandbreite bei Transaktionen)			
Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)	sehr starke Antizipierung (vorausahnd, Emotionen erfassend, virtualisierend...)				schwache Antizipierung (statisch, keine Emotionen erfassend...)			
Funktionale Integration	breit, tiefe funktionale Integration (Intermodales Routing, Buchung & Reservierung, Zugang & Ticketing, Reiseassistenz & Navigation, Billing)				rudimentäre funktionale Integration einzelner Angebote (Intermodales Routing, Buchung & Reservierung, Zugang & Ticketing, Reiseassistenz & Navigation, Billing)			
Soziale Exklusion / Inklusion (über Image und Zugang, d.h. Zusammenhang mit Technologie und Modi)	stärker exklusiv (insgesamt)			stärker inklusiv (insgesamt)		neutral		sozial und räumlich selektiv

2.4.3 Bilden von Projektionen je Schlüsselfaktor

Mit Hilfe der aus der Literatur recherchierten Merkmale der Schlüsselfaktoren wurden die Projektionen für jeden Schlüsselfaktor zur Bildung von Szenarien für die Jahre 2030 und 2050 entwickelt. Die Projektionen sollen die wesentlichen Möglichkeiten der künftigen Entwicklung eines Faktors erfassen, nicht jedoch die extremsten Ausprägungen (mögliche und plausible Projektionen) (vgl. Ahrend et al., 2011: 19). Dies erfolgte auf Basis der in mehreren internen Meetings diskutierten, relevantesten Merkmalen der Schlüsselfaktoren. Für jeden Schlüsselfaktor wurden zwei bis vier Projektionen entwickelt. Eine größere Zahl an Projektionen wurde explizit ausgeschlossen, um eine zu hohe Komplexität und schlechte Nachvollziehbarkeit der Projektionen zu vermeiden. Projektionen für die Schlüsselfaktoren wurden jeweils für die Jahre 2030 und 2050 entwickelt. Dabei wurden zwei Logiken angewendet: 1) Lediglich Fortschreibung der Projektionen vom Jahr 2030 zum Jahr 2050 und 2) für das Jahr 2050 kommt eine neue Projektion hinzu. Die Abbildung 8 zeigt jeweils ein Beispiel für die beiden Logiken.

Abbildung 8: Überblick über Logiken bei der Entwicklung der Projektionen für die Jahre 2030 und 2050 (Quelle: eigene Darstellung)



In der Übersicht 6 werden beispielhaft die entwickelten Projektionen und damit zusammenhängenden Merkmale für den Schlüsselfaktor „Antriebstechnologien“ für das Jahr 2030 dargestellt. Die entwickelten Projektionen für die anderen Schlüsselfaktoren (jeweils für die Jahre 2030 und 2050) finden sich im Anhang A2.

Übersicht 6: Entwickelte Projektionen für den Schlüsselfaktor „Antriebstechnologien“ (Quelle: eigene Darstellung)

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3
	Optimierung bei Verbrennungsmotoren	Hybrid unterwegs	elektromobiler Fortschritt
Kurzbeschreibung	Stetige Optimierung bei Verbrennungsmotoren Status-Quo-Entwicklung bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (nur geringe Zunahmen)	Hohe Zunahme bei Hybridantrieben (Übergangslösungen)	Deutliche Zunahme bei Elektro-Fahrzeug-Zulassungen
Kraftstoffe	Otto, Diesel	Otto, Diesel/ Strom	Strom
Reichweiten und Energieaufnahme-dauer (E-Fahrzeuge)	Nur geringe Reichweiten und weiterhin hohe Energieaufnahmedauer (kaum technologische Fortschritte und geringe Sicherheit)	nur mittlere Reichweiten und weiterhin mittlere Aufnahmedauer (mittlere technologische Fortschritte), evtl. Tauschmodelle für Batterien zur Verringerung der Aufnahmedauer	Zunahme an Reichweiten und Abnahme bei Aufnahmedauer (hohe technologische Fortschritte und hohe Sicherheit), gleichzeitig mögliche Kombination von Tauschmodell
Netzdichte (E-Fahrzeuge)	geringe Netzdichte	mittlere Netzdichte	hohe Netzdichte
Batteriepreise (E-Fahrzeuge)	hohe Batteriepreise	hohe Batteriepreise	geringe Batteriepreise

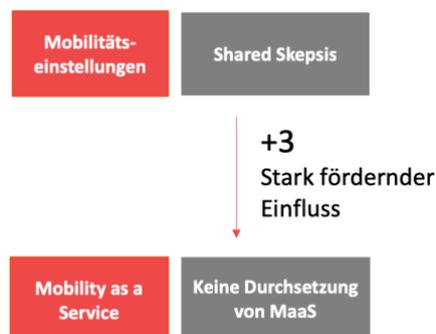
2.4.4 Konsistenzanalyse: Bewertung der Konsistenzen zwischen den Projektionen

Im Rahmen der Konsistenzanalyse wurde der Zusammenhang zwischen den Projektionen der einzelnen Schlüsselfaktoren bewertet. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der Frage, welche Projektionen eines Schlüsselfaktors mit welchen Projektionen der anderen Schlüsselfaktoren in Konflikt stehen oder konsistent zu diesem sind (vgl. Ahrend et al. 2011: 20). Dieses Verfahren wird auch als Cross-Impact-Analyse bezeichnet (vgl. Jehle 2018: 10). In diesem Zusammenhang wird untersucht, ob die Projektion X einen hemmenden, fördernden oder keinen Einfluss auf die Projektion Y hat. Es wird also die jeweilige richtungsbezogene Wirkungsintensität zwischen den Projektionen beurteilt (vgl. Klonne 2008: 48). Im Detail wurde die Bewertung folgendermaßen vorgenommen:

- 3: Projektion X hat einen **stark hemmenden Einfluss** auf Projektion Y
- 2: Projektion X hat einen **moderat hemmenden Einfluss** auf Projektion Y
- 1: Projektion X hat einen **schwach hemmenden Einfluss** auf Projektion Y
- 0: Projektion X hat **keinen signifikanten Einfluss** auf Projektion Y
- +1: Projektion X hat einen **schwach fördernden Einfluss** auf Projektion Y
- +2: Projektion X hat einen **moderat fördernden Einfluss** auf Projektion Y
- +3: Projektion X hat einen **stark fördernden Einfluss** auf Projektion Y

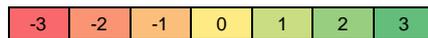
Mit der Abbildung 9 wird die Bewertung der Konsistenzen am Beispiel von Projektionen der Schlüsselfaktoren „Mobilitätseinstellungen“ und „Mobility as a Service“ veranschaulicht. In den Übersichten 7 und 8 werden die Bewertungen der Konsistenzen der Projektionen für das Jahr 2030 (Übersicht 7) und 2050 (Übersicht 8) dargestellt.

Abbildung 9: Beispiel für die Bewertung der Konsistenzen zwischen den Projektionen der Schlüsselfaktoren (Quelle: eigene Darstellung)



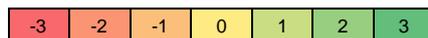
Übersicht 7: Bewertung der Konsistenzen zwischen den Projektionen der Schlüsselfaktoren für das Jahr 2030 (Quelle: eigene Darstellung)

	A				B				C				D		E			F								
	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	1)	2)	3)	1)	2)	3)						
A. MaaS																										
1) Dominanz von lokalen MaaS-Angeboten privater Unternehmen					1	1	1	-1					-1	3	1	-2		2	-2	0	1	0	1	0	0	
2) Stadt-regionales, öffentliches MaaS					2	2	2	-3					-3	1	3	-2		-2	2	-1	1	2	0	1	-1	
3) Lokale Community-basierte MaaS Angebote als PPP-Modell					2	2	3	-2					-2	1	-1	2		0	0	0	0	0	0	0	0	
4) keine Durchsetzung von MaaS					-3	-2	-2	3					3	1	-2	3		1	-2	2	0	-1	-1	0	1	
B. Shared Mobility																										
1) Shared Economy	1	2	2	-3									-2	1	1	-3		0	1	0	0	1	1	2	0	
2) Car Sharing	2	3	2	-2									-1	2	1	-2		1	1	0	0	1	0	1	0	
3) Ride Sharing	1	2	3	-2									-2	1	1	-3		1	2	0	1	1	0	0	0	
4) No Sharing	1	-3	-2	3									3	0	-1	3		0	-1	0	0	-1	0	0	0	
C. Mobilitätseinstellungen																										
1) Ablehnung / Skepsis	-1	-2	-2	2	-3	-2	-2	3							1	-1		2	1	1			-2	-1	2	
2) Euphorie (evolutionärer Wandel)	3	1	2	-1	1	2	1	-1							3	-2		1	1	1			3	2	-1	
3) Räumliche Ambivalenz	1	3	1	1	2	1	2	-1							-2	2		0	2	3			2	2	1	
4) Polarisierung von Personen	1	-2	-1	3	-3	-2	-2	3							1	-1		1	1	1			1	1	1	
D. Verkehrs- und Mobilitätspolitik																										
1) Starke, aktive, Technologie-getriebene AV-Politik	2	0	0	1	0	0	0	0					-2	3	1	1				1	1	0	2	2	0	
2) Aktive Umweltschutz-getriebene AV-Politik	-1	2	1	-1	2	1	1	-1					-3	2	3	-1				-2	1	3	1	3	1	
E. Antriebssysteme																										
1) Optimierung bei Verbrennungsmotoren	2	-1	0	1	-1	1	-1	1					0	0	0	2		1	-1					1	0	1
2) Hybrid unterwegs	1	2	0	0	1	0	0	0					0	0	1	1		0	2					1	1	1
3) Elektromobiler Fortschritt	0	2	0	-1	2	2	0	-1					-1	1	2	0		0	3					0	2	0
F. AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz																										
1) Disruptives Level 5	1	1	1	0	2	2	1	-1					-2	2	2	1		2	1			1	1	0		
2) Schnelles Level 4	0	1	0	0	2	1	2	-1					-2	2	3	1		2	3			0	1	1		
3) Evolutionäres Level 3	1	0	0	1	-1	0	0	1					1	2	-1	1		0	1			1	0	0		



Übersicht 8: Bewertung der Konsistenzen zwischen den Projektionen der Schlüsselfaktoren für das Jahr 2050 (Quelle: eigene Darstellung)

	A				B				C				D			E			F	
	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	1)	2)	3)	1)	2)
A. MaaS																				
1) Privates, individuelles MaaS					1	1	1	-1	-1	3	1	-2	2	-2	-1	0	1	0	2	0
2) Europäisches, umfangreiches, öffentliches MaaS					2	2	2	-3	-3	1	3	-2	-2	2	2	-1	1	2	0	-1
3) Community-basierter Maas Fortschritt					2	2	3	-2	-2	1	-1	2	0	0	1	0	0	0	0	0
4) MaaS nur auf geringfügigem Niveau					-3	-2	-2	3	3	1	-2	3	1	-2	1	2	0	-1	-2	1
B. Shared Mobility																				
1) High Level Shared Economy	1	2	2	-3					-2	1	1	-3	0	1	2	0	0	1	3	0
2) Car Sharing Fortschritt	2	3	2	-2					-1	2	1	-2	1	1	1	0	0	1	1	0
3) Ride Sharing Fortschritt	1	2	3	-2					-2	1	1	-3	1	2	1	0	1	1	1	0
4) Low Sharing	1	-3	-2	3					3	0	-1	3	0	-1	-2	0	0	-1	0	1
C. Mobilitätseinstellungen																				
1) Breite Ablehnung/ Skepsis	-1	-2	-2	2	-3	-2	-2	3					1	-1	-2	2	1	1	-2	2
2) Breite Euphorie	3	1	2	-1	1	2	1	-1					3	-2	1	1	1	1	3	0
3) Fortschreitende räumliche Ambivalenz	1	3	1	1	2	1	2	-1					-2	2	3	0	2	3	2	1
4) Starke Polarisierung der Gesellschaft	1	-2	-1	3	-3	-2	-2	3					1	-1	-3	1	1	1	1	1
D. Verkehrs- und Mobilitätspolitik																				
1) Technologie-getriebene AV-Politik	2	0	0	1	0	0	0	0	-2	3	1	1				1	1	0	2	0
2) Umweltschutz getriebene AV-Politik (ökologische Nachhaltigkeit)	-1	2	1	-1	2	1	1	-1	-3	2	3	-1				-2	1	3	1	1
3) Community-getriebene AV-Politik	-2	1	2	1	2	0	1	1	-2	1	2	-2				1	1	3	1	1
E. Antriebssysteme																				
1) Dominanz von E-Fuels	2	-1	0	1	-1	1	-1	1	0	0	0	2	1	-1	1				1	1
2) Weiterhin Hybrid unterwegs	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1				1	1
3) Österreich elektrisch unterwegs	0	2	0	-1	2	2	0	-1	-1	1	2	0	0	3	2				0	0
F. AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz																				
1) Optimiertes Level 5	2	1	1	0	3	3	2	-1	-3	3	3	1	2	1	1	1	1	1		
2) Langsames Level 4	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	1	0	2	2	1	0	0		

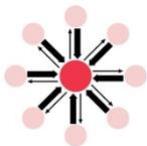


Einfluss der Projektionen

Die bewerteten Konsistenzen der Projektionen, d.h. die Cross-Impact-Matrizen, ermöglichen Aussagen zur „Aktivität“ bzw. „Passivität“ der einzelnen Projektionen im System, also zu ihrer Rollenverteilung (vgl. Klonne 2008: 48). Hierbei können grundsätzlich aktive und reaktive Projektionen sowie kritische und puffernde Projektionen unterschieden werden. Die Grundlage der Beurteilung bilden dabei die jeweiligen Zeilensummen (Aktivsumme) bzw. Spaltensummen (Passivsumme) der Projektionen (vgl. Klonne 2008: 49).



Aktive Projektionen üben einen großen Einfluss auf andere Projektionen aus, während sie selber nur schwach von anderen Variablen beeinflusst werden.



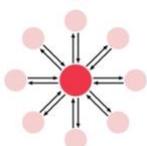
Reaktive Projektionen weisen eine große Abhängigkeit von anderen Projektionen auf, während sie selber nur verhältnismäßig geringen Einfluss ausüben.

Die Ermittlung von aktiven und reaktiven Projektionen erfolgt durch den Quotienten aus der Aktiv- und der Passivsumme (Q-Wert). Ein hoher Quotient deutet auf eine eher aktive Projektion, ein niedriger Quotient auf eine eher reaktive Projektion hin.

Die Bestimmung von aktiven und reaktiven Projektionen ermöglicht jedoch noch keine Aussagen darüber, welche Bedeutung eine Projektion für das Gesamtsystem hat bzw. wie stark sich Veränderungen einer Projektion auf das Gesamtsystem auswirken. Dies erfolgt erst durch die Bestimmung kritischer und puffernder Projektionen, mit denen zusätzlich die absolute Anzahl an ein- bzw. ausgehenden Wirkungen berücksichtigt werden (vgl. Klonne 2008: 50).



Kritische Projektionen sind einerseits aktiv, andererseits aber auch stark von anderen Projektionen beeinflusst und weisen einen hohen Vernetzungsgrad innerhalb des Systems auf.



Puffernde Projektionen sind kaum von anderen Projektionen beeinflusst und beeinflussen auch selber andere Projektionen nur schwach. Sie weisen einen niedrigen Vernetzungsgrad auf.

Die Ermittlung kritischer und puffernder Projektionen erfolgt aus dem Produkt der Aktiv- und Passivsumme (P-Wert). Mit der Übersicht 9 wird einen Überblick über die eher aktiven und reaktiven Projektionen sowie über die kritischen und puffernden Projektionen für das Jahr 2030 gegeben.

Übersicht 9: Aktive und reaktive sowie kritische und puffernde Projektionen für das Jahr 2030

Aktive Projektionen	Reaktive Projektionen
Keine Durchsetzung von MaaS Euphorie Optimierung bei Verbrennungsmotoren Disruptives Level 5 Schnelles Level 4	Shared Economy No Sharing Starke, aktive, technologie-getriebene AV-Politik
Kritische Projektionen	Puffernde Projektionen
Stadt-regionales, öffentliches MaaS Ablehnung/Skepsis Polarisierung der Gesellschaft Aktive Umweltschutz-getriebene AV-Politik	Optimierung bei Verbrennungsmotoren Hybrid unterwegs Evolutionäres Level 3

Für das Jahr 2050 ergeben sich aufgrund der häufigen Fortschreibungen der Projektionen von 2030 nach 2050 (siehe Kapitel 2.6.3) ähnliche Ergebnisse für die Ermittlung kritischer und puffernder Projektionen (siehe Übersicht 10).

Übersicht 10: Aktive und reaktive sowie kritische und puffernde Projektionen für das Jahr 2050

Aktive Projektionen	Reaktive Projektionen
Keine Durchsetzung von MaaS Europäisches umfangreiches, öffentliches MaaS Breite Euphorie Dominanz von E-Fuels Optimiertes Level 5	High Level Shared Economy Technologie-getriebene- AV-Politik Community-getriebene AV-Politik
Kritische Projektionen	Puffernde Projektionen
Europäisches umfangreiches, öffentliches MaaS Breite Ablehnung/ Skepsis Umweltschutz getriebene AV-Politik (ökologische Nachhaltigkeit)	Dominanz von E-Fuels Weiterhin Hybrid unterwegs Langsames Level 4

2.4.5 Ermittlung konsistenter Roh-Szenarien durch die Szenario-Software

Da je nach Anzahl der Schlüsselfaktoren und deren Projektionen eine Vielzahl an Kombinationen möglich ist, wurde zur Ermittlung konsistenter Rohszenarien die Szenario-Software SzenarioWizard verwendet. Mit dieser können auf Basis der in Kapitel 2.5.4. bewerteten Konsistenzen Wirkungsbilanzen der Kombinationen von Projektionen ermittelt und auf diese Weise konsistente Rohszenarien (also jene, die eine hohe Wirkungsbilanz aufweisen) berechnet werden.

Insgesamt wurden durch die Szenario-Software sowohl für das Jahr 2030 als auch für das Jahr 2050 jeweils sechs konsistente Szenarien ermittelt (siehe Übersicht 11). Aus diesen Szenarien wurden jeweils die Szenarien mit den höchsten Wirkungsbilanzen (Wirkungstotalen), d.h. die "konsistentesten" Szenarien ausgewählt (in Übersicht 11 roter Hintergrund). Zudem wurde jedoch auch berücksichtigt, dass mit den Szenarien eine gewisse Breite abgedeckt wird, d.h. die Szenarien sollten auch möglichst unterschiedliche Projektionen aufweisen, um die Möglichkeitsräume besser abzubilden.

Übersicht 11: Überblick über die durch die Szenario-Software ermittelten konsistenten Szenarien für die Jahre 2030 und 2050 und ausgewählte Szenarien (roter Hintergrund)

2030	
Szenario 1 – Wirkungstotale: 37 <ul style="list-style-type: none"> Keine Durchsetzung von MaaS No Sharing Polarisierung der Gesellschaft Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik Optimierung bei Verbrennungsmotoren Disruptives Level 5 	Szenario 2 – Wirkungstotale: 41 <ul style="list-style-type: none"> Dominanz von lokalen MaaS-Angeboten privater Unternehmen Shared Economy Euphorie Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik Hybrid unterwegs Disruptives Level 5
Szenario 3 – Wirkungstotale: 43 <ul style="list-style-type: none"> Dominanz von lokalen MaaS-Angeboten privater Unternehmen Car Sharing Euphorie Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik Hybrid unterwegs Disruptives Level 5 	Szenario 4 – Wirkungstotale: 36 <ul style="list-style-type: none"> Keine Durchsetzung von MaaS No Sharing Polarisierung der Gesellschaft Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik Optimierung bei Verbrennungsmotoren Schnelles Level 4
Szenario 5 – Wirkungstotale: 63 <ul style="list-style-type: none"> Stadt-regionales öffentliches MaaS Shared Economy Räumliche Ambivalenz Aktive Umweltschutz-getriebene AV-Politik Elektromobiler Fortschritt Schnelles Level 4 	Szenario 6 – Wirkungstotale: 38 <ul style="list-style-type: none"> Keine Durchsetzung von MaaS No Sharing Polarisierung der Gesellschaft Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik Optimierung bei Verbrennungsmotoren Evolutionäres Level 3
2050	
Szenario 1 – Wirkungstotale: 27 <ul style="list-style-type: none"> Privates individuelles MaaS High Level Shared Economy Breite Euphorie Technologie-getriebene AV-Politik Weiterhin Hybrid unterwegs Optimiertes Level 5 	Szenario 2 – Wirkungstotale: 48 <ul style="list-style-type: none"> Privates individuelles MaaS Car Sharing Fortschritt Breite Euphorie Technologie-getriebene AV-Politik Weiterhin Hybrid unterwegs Optimiertes Level 5
Szenario 3 – Wirkungstotale: 44 <ul style="list-style-type: none"> Community-basierter MaaS Fortschritt High Level Shared Economy Breite Euphorie Community-getriebene AV-Politik Österreich elektrisch unterwegs Optimiertes Level 5 	Szenario 4 – Wirkungstotale: 61 <ul style="list-style-type: none"> Europäisches umfangreiches öffentliches MaaS High Level Shared Economy Fortschreitende räumliche Ambivalenz Umweltschutz getriebene AV-Politik (ökologische Nachhaltigkeit) Österreich elektrisch unterwegs Optimiertes Level 5
Szenario 5 – Wirkungstotale: 58 <ul style="list-style-type: none"> Europäisches umfangreiches öffentliches MaaS High Level Shared Economy Fortschreitende räumliche Ambivalenz Community-getriebene AV-Politik Österreich elektrisch unterwegs Optimiertes Level 5 	Szenario 6 – Wirkungstotale: 39 <ul style="list-style-type: none"> Keine Durchsetzung von MaaS Low Sharing Polarisierung der Gesellschaft Technologie-getriebene AV-Politik Dominanz von E-Fuels Langsames Level 4

2.5. Finalisierung der Szenarien: Szenarien-Reflexion durch ExpertInnen und StakeholderInnen

Die erarbeiteten Roh-Szenarien wurden zunächst dem projektbegleitenden Steering Committee vorgestellt und intensiv diskutiert. Die Anmerkungen zu den Szenarien wurden dann eingearbeitet. Anschließend wurden erneut externe ExpertInnen und StakeholderInnen in die Szenarien-Entwicklung eingebunden. Über das Online-Tool Padlet wurden die erarbeiteten Rohszenarien reflektiert. Dazu wurden die Szenarien mittels kleiner Darstellungen visualisiert. Zudem gab es zu den jeweiligen Projektionen innerhalb der Szenarien Kurzbeschreibungen, mit denen das Szenario in seinen Grundzügen gekennzeichnet wurde. Darauf basierend sollten die ExpertInnen und StakeholderInnen am Ende die folgenden fünf Fragen beantworten:

1. Welches Szenario ist aus Ihrer Sicht am wünschenswertesten?
2. Welches Szenario ist Ihrer Einschätzung nach das wahrscheinlichste?
3. Sind die einzelnen Szenarien in sich schlüssig?
4. Fällt Ihnen irgendetwas auf, dass Sie uns gerne mitteilen möchten?
5. Welchen Namen würden Sie den jeweiligen Szenarien geben?

Die Abbildung 10 zeigt am Beispiel des Szenario 3 exemplarisch die Vorlage für die Reflexion der ExpertInnen und StakeholderInnen.

Abbildung 10: Überblick über die Szenario-Reflexion (Quelle: eigene Darstellung)

The image shows a digital workspace for Scenario 3. At the top left is a header 'Szenario 3' with a 'Kommentar hinzufügen' button. Below it is a central illustration of a city street with cars, people, and buildings. The illustration is divided into four quadrants with labels: 'EVOLUTIONÄRES LEVEL 3' (top-left), 'POLARISATION' (top-right), 'STARKE AV-POLITIK' (bottom-right), and 'KEINE MOBILITY AS A SERVICE' (bottom-left). Below the illustration is another 'Kommentar hinzufügen' button.

To the right of the illustration is a table with two columns: 'Eigenschaften Szenario 3' and 'Nähere Beschreibung'. The table lists various characteristics and their descriptions.

Below the table are five columns, each representing a question from the list above. Each column contains a 'Kommentar hinzufügen' button and several user comments.

Eigenschaften Szenario 3	Nähere Beschreibung
Mobility as a Service: keine Durchsetzung von Maß	Keine Durchsetzung von Maß
Shared Mobility: No Sharing	Kaum Durchsetzung von Sharing
Mobilitätsdienstleistungen: Polarisation (individuelle Mobilität/ Abschottung/ Rückzug)	Polarisation (individuelle Mobilität/ Abschottung/ Rückzug)
Mobilität- und Verkehrspolitik: Starke, aktive Technologie-getriebene AV Politik	Active, technologie getriebene AV Politik mit starkem Fokus auf Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit sowie Förderung der Wirtschaft
Antriebstechnologien: Optimierung bei Verbrennungsmotoren	Stetige Optimierung bei Verbrennungsmotoren, Status Quo Entwicklung bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (nur geringe Zunahme)
AV Technologies/ Künstliche Intelligenz: Evolutions Level 3	Bedingt automatisiertes Fahren in einfacheren Anwendungskontexten mit Rückfallbereite Fahrer auf (Verkehrssicherheitsniveau schlechter zu heute)

Frage 1: Welche Szenario ist aus Ihrer Sicht am wünschenswertesten?
 Bitte Rahlung vornehmen: z.B. 1, 2, 3 oder 2, 1, 3 etc.
 5 Kommentare
 Anonym (4M): 2, 1, 3
 Anonym (4M): 2, 1, 3
 Anonym (3M): 2,1,3

Frage 2: Welches Szenario ist Ihrer Einschätzung nach das wahrscheinlichste?
 5 Kommentare
 Anonym (4M): 3
 Anonym (4M): 1 auf Level 4 elektrisch
 Anonym (3M): Mischung aus 1 und 2 - Z.B. in Europa und einigen asiatischen Ländern näher bei 1, USA näher bei 2

Frage 3: Sind die einzelnen Szenarien in sich schlüssig?
 5 Kommentare
 Anonym (4M): Bei Szenario 3: Wenn Politik so aktiv ist, weshalb nur Level 3 (mit allen Problemen) und Verbrennungsmotoren?
 Anonym (3M): Wieso sinkt das Verkehrssicherheitsniveau in Szenario 1?
 Anonym (3M): Wie ähnlich ist das Szenario 3 zu Szenario 1?

Frage 4: Fällt Ihnen irgendetwas auf, dass Sie uns gerne mitteilen möchten?
 6 Kommentare
 Anonym (4M): Ein für mich denkbares Szenario ist eine Level 4 Funktionalität elektrisch mit geringem Sharing und einer Politik, die vielleicht technologisch aktiv ist, nicht aber bei Regulierung von Negativeffekten (höhere Km-Leistung, Zersiedelung, usw.)
 Anonym (4M): zu 1: Level 5 bedeutet doch "liberal"

Frage 5: Welchen Namen würden Sie den jeweiligen Szenarien geben?
 z.B. Szenario 1 = "XXXXX", Szenario 2 = "YYYYY" ...
 4 Kommentare
 Anonym (4M): 1 = USER, 2 = Sustainable City, 3 = TESLA
 Anonym (4M): 1 Robo-Taxi, 2 Shuttle, 3 AutoPilot
 Anonym (4M): "Real", "Optimal", "Katastrophal"

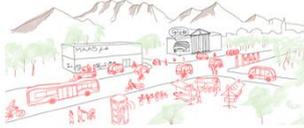
Die Anmerkungen und Kommentare der ExpertInnen und StakeholderInnen wurden abschließend in die Roh-Szenarien eingearbeitet. Damit wurde die Szenarientwicklung finalisiert.

3. Szenarien

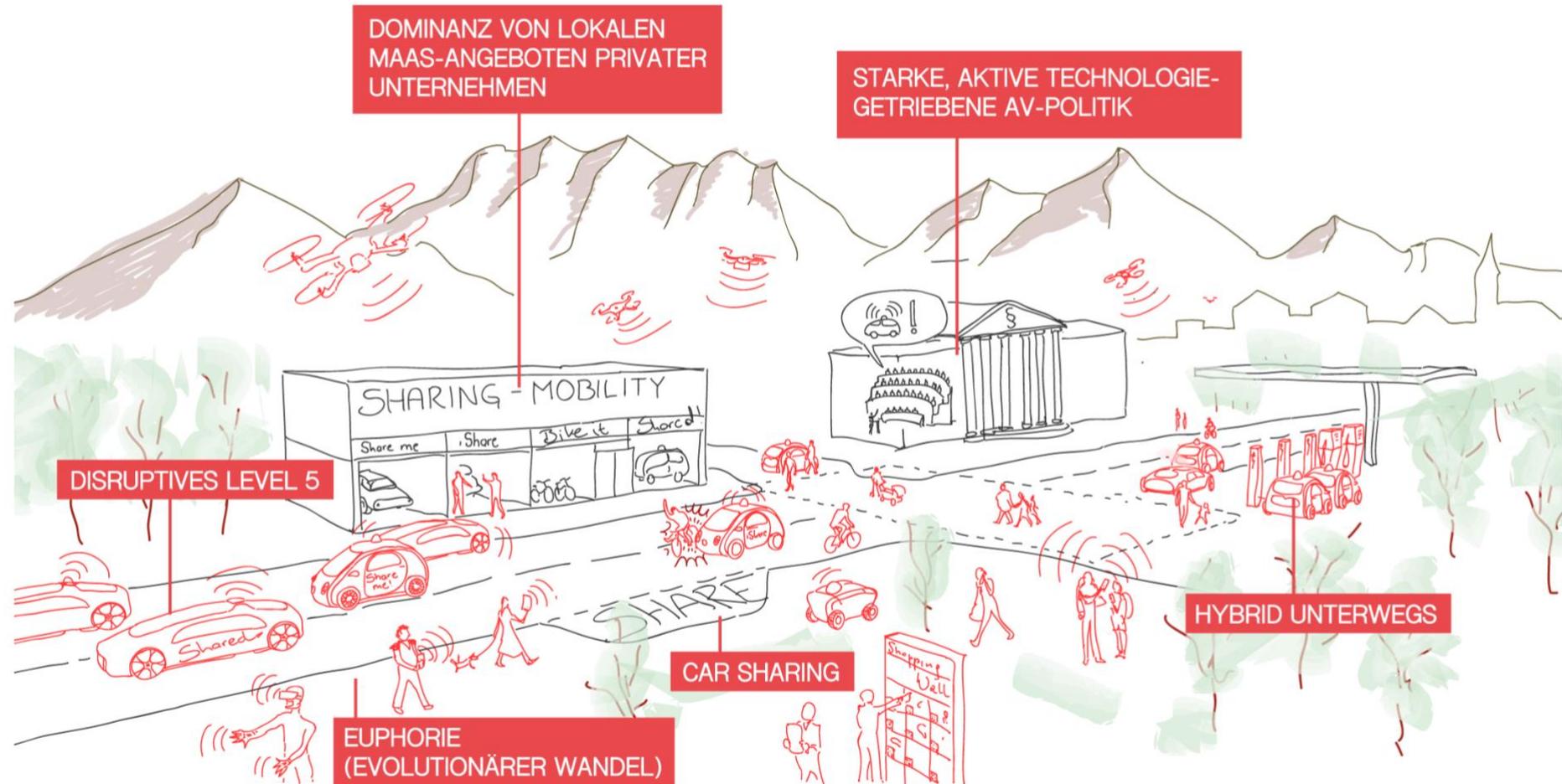
Im Zuge der Szenarien-Entwicklung wurden aus den Roh-Szenarien drei Szenarien für das Jahr 2030 entwickelt. In Fortschreibung der drei Entwicklungspfade des Jahres 2030, aber auch unter Berücksichtigung von völlig neuen Richtungen, folgen auf Basis der Szenario-Technik vier konsistente, alternative Zukunftsbilder für das Jahr 2050 (siehe Kapitel 2). Diese werden im folgenden Kapitel zunächst vergleichend dargestellt und anschließend im Detail beschrieben. Für jedes Szenario erfolgt zusätzlich eine Beschreibung aus Sicht einer Persona.

3.1. Szenarien 2030

Übersicht 12: Vergleichende Darstellung der Szenarien für das Jahr 2030 (Quelle: eigene Darstellung)

	1: Markt-getriebene AV-Euphorie	2: Politik-getriebene AV-Steuerung	3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung
			
Mobilitäts- und Verkehrspolitik	Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik <i>Fokus auf Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaft</i>	Aktive Umweltschutz-getriebene AV Politik <i>Fokus auf ökologische Nachhaltigkeit und soziale Inklusion</i>	Starke, aktive Technologie-getriebene AV-Politik <i>Fokus auf Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaft</i>
Mobility as a Service	Dominanz von lokalen MaaS-Angeboten privater Unternehmen <i>einzelne Anbieter, schwache Schnittstellen zu Partnerdiensten und ÖV</i>	Stadt-regionales öffentliches MaaS <i>verstärkte Zusammenarbeit von Anbietern, Ausweitung öffentlicher Plattformen</i>	Keine Durchsetzung von MaaS
Shared Mobility	Car Sharing <i>Verbreitung von Car Sharing und Leasing</i>	Shared Economy <i>weitgehende Verbreitung aller Formen von Sharing: Car Sharing, Ride Sharing etc.</i>	No Sharing <i>keine Verbreitung von Sharing</i>
Mobilitäts-einstellungen	Euphorie <i>weitgehende Euphorie zu AV und Sharing</i>	Räumliche Ambivalenz <i>positive Einstellungen zu ÖV und Sharing in Städten, positive Einstellungen zu privat Kfz allenfalls in dünn besiedelten Orten (automatisiert und nicht automatisiert)</i>	Polarisierung der Gesellschaft <i>überwiegend positive Einstellungen zu privat Kfz (automatisiert und nicht automatisiert), aber niedrige Einkommensgruppen zur ÖV-Nutzung gedrängt</i>
AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz	Disruptives Level 5 <i>vollautomatisiertes Fahren in (fast) allen Anwendungskontexten, Sicherheitsniveau schlechter als heute</i>	Schnelles Level 4 <i>hochautomatisiertes Fahren in einfachen Anwendungskontexten, Sicherheitsniveau besser als heute</i>	Evolutionäres Level 3 <i>bedingt-automatisiertes Fahren in einfachsten Anwendungskontexten, Sicherheitsniveau etwas schlechter als heute</i>
Antriebs-technologien	Hybrid unterwegs <i>hohe Zunahme bei Hybridantrieben/ Übergangslösungen</i>	Elektromobiler Fortschritt <i>deutliche Zunahme bei Elektro-Fahrzeug-Zulassungen</i>	Optimierung bei Verbrennungsmotoren <i>Status-Quo-Entwicklung bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben</i>

3.1.1 Markt-getriebene AV-Euphorie – 2030



In Österreich besteht im Jahr 2030 generell eine sehr optimistische Stimmung in Bezug auf das automatisierte Fahren. Dies zeigt sich zum einen in den Einstellungen in der Bevölkerung gegenüber der Automatisierung und zum anderen in der Mobilitäts-, Verkehrs- und Forschungsförderungspolitik sowie in den raschen technologischen Entwicklungen.

Die österreichische Politik fördert neben den evolutionären auch radikale Innovationen und Entwicklungen der AV-Technologien. Die wesentliche Zielsetzung besteht darin, vor allem durch die Förderung der einschlägigen Unternehmen die nationale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Das geschieht vorrangig durch flexibilisierte Formen der Regulierung. In dieser Logik wird der Verkehrspolitik eine überwiegend moderierende Rolle zugewiesen, welche die dominanten wirtschaftlichen Prozesse unterstützt. Die Wirtschaft trägt ihre Interessen an evolutionären und disruptiven Innovationen offensiv vor. Insgesamt sind die Entwicklungen durch den Staat und die Unternehmen zwar stark top-down orientiert, doch Start-Ups mischen die Szene durch bottom-up-Innovationen auf.

Die technologischen Entwicklungen zur Vollautomatisierung (SAE-Level 5) werden u.a. durch radikale Fortschritte durch Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) (*deep learning*), (Umgebungs-)Sensoren, Hochleistungsrechner, die Datenübertragung, Big Data und digitalen Karten ermöglicht. Das Cybersicherheits-Niveau ist noch stark ausbaufähig und es besteht eine hohe Anfälligkeit für Hackerangriffe. Gleichfalls bestehen auch im Bereich der Verkehrssicherheit noch Probleme: Es gibt nach wie vor Schwierigkeiten in der Interaktion der hochgradig automatisierten mit den noch in großer Anzahl bestehenden gering automatisierten Fahrzeugen und mit den nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden (FußgängerInnen, RadfahrerInnen), was häufig noch zu Unfällen führt. Die digitale AV-Infrastruktur (V2V – Vehicle-to-Vehicle, flächendeckende 5G-Netze, Echtzeit-Verkehrslage Standardisierung und Harmonisierung von Daten etc.) wird vom Staat und mittels PPP-Modellen bereitgestellt. Die Bemühungen sind dabei eher sektoral angesetzt.

Die Fahrzeugflotten sind in Österreich bis zum Jahr 2030 zunehmend von automatisierten Fahrzeugen geprägt, vollautomatisiertes Fahren (SAE-Level 5) gibt es mittlerweile in (fast) allen Anwendungskontexten. Diese Entwicklung, die in den Kauf- und Nutzungsentscheidungen sichtbar ist, wird durch eine hohe bzw. steigende Technikaffinität in der österreichischen Bevölkerung begleitet, sprich: Es besteht eine hohe und zunehmende Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien mit entsprechenden Lebens- und Mobilitätsstilen. Stark technikaffine Menschen nutzen demnach vorrangig verschiedene AV-Fahrzeuge, die dadurch zunehmend Bestandteil des Alltags werden. Es gibt nur selten Berührungspunkte, neue Entwicklungen werden überwiegend begrüßt. Die Menschen sind überwiegend mit hybriden Antrieben unterwegs. Nachdem im Bereich der E-Mobilität nur mittlere technologische Fortschritte verzeichnet werden (mit Auswirkungen auf die Reichweite und Aufnahmedauer), haben sich in Österreich vor allem Hybrid-Antriebe als Übergangslösung durchgesetzt. Dominierende Kraftstoffe sind Benzin, Diesel und Strom. Weitere Faktoren, die eine reine E-Mobilität für die KundInnen wenig attraktiv machen, sind die nach wie vor hohen Batteriepreise, die geringe Lebensdauer und die mittlere Netzdichte an Ladestationen.

Sharing, Leasing (*subscription services*) und Mobility-as-a-Service (MaaS) werden in Österreich überwiegend von privaten Unternehmen angeboten, die ein kommerzielles Interesse und eine Gewinnoptimierung verfolgen. Solche Angebote werden jedoch verstärkt nur dort bereitgestellt, wo eine ausreichende Nachfrage vorhanden ist (dichtes Siedlungsgebiet ggf. auch Orte, an denen entsprechende Milieus verkehren). Als Folge sind Sharing- und MaaS-Angebote in Österreich nicht flächendeckend vorhanden, sondern stark lokal konzentriert, was insofern zu sozialräumlichen Ungleichheiten beiträgt, als disperse Räume vom Angebot ausgeschlossen werden.

Die privaten Unternehmen konzentrieren sich zudem allein auf die Optimierung des eigenen Angebots, die Schnittstellen zu den Partnerdiensten resp. potenziellen Konkurrenten werden eher vernachlässigt. Während im Bereich AV die technologischen Entwicklungen bereits weit fortgeschritten sind, stecken bspw. der Einsatz von Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI) (z.B. Integration von *Augmented Reality*) oder der Einsatz von Blockchain (z.B. Erleichterung der Transaktionen; Abbau der hierarchischen Betreiberstrukturen) in MaaS oder der Einsatz von sozialem Matching beim Car Sharing und Leasing-Modellen noch eher in den Kinderschuhen. Zudem befinden sich die Personalisierung der Angebote hinsichtlich des Marketings und der Kundenfreundlichkeit auf einem eher mittleren Niveau. Der ÖV wird tendenziell vernachlässigt und ist in diesem Modell nicht oder nur sehr schwach integriert.

Der Fokus liegt also auf dem Car Sharing- und den Leasing-Angeboten unterschiedlicher Fahrzeugtypen; Sharing setzt sich also vor allem bei Fahrzeugen durch, weniger bei Fahrten. Der größte Mehrwert von AV-Car Sharing ist, dass Menschen prinzipiell neue Mobilitätschancen eröffnet werden, die zuvor noch nicht aktiv am Car Sharing teilnehmen konnten (z.B. aus Altersgründen, auf Grund körperlicher Einschränkungen oder mangels Führerscheinbesitz). Vor dem Hintergrund, dass die Anbieter solcher Car Sharing-Angebote vor allem ein kommerzielles Interesse und eine Gewinnoptimierung verfolgen, steht letzteres aber oft nicht im Mittelpunkt der verfügbaren AV-Car Sharing-Angebote. Vielmehr spiegeln

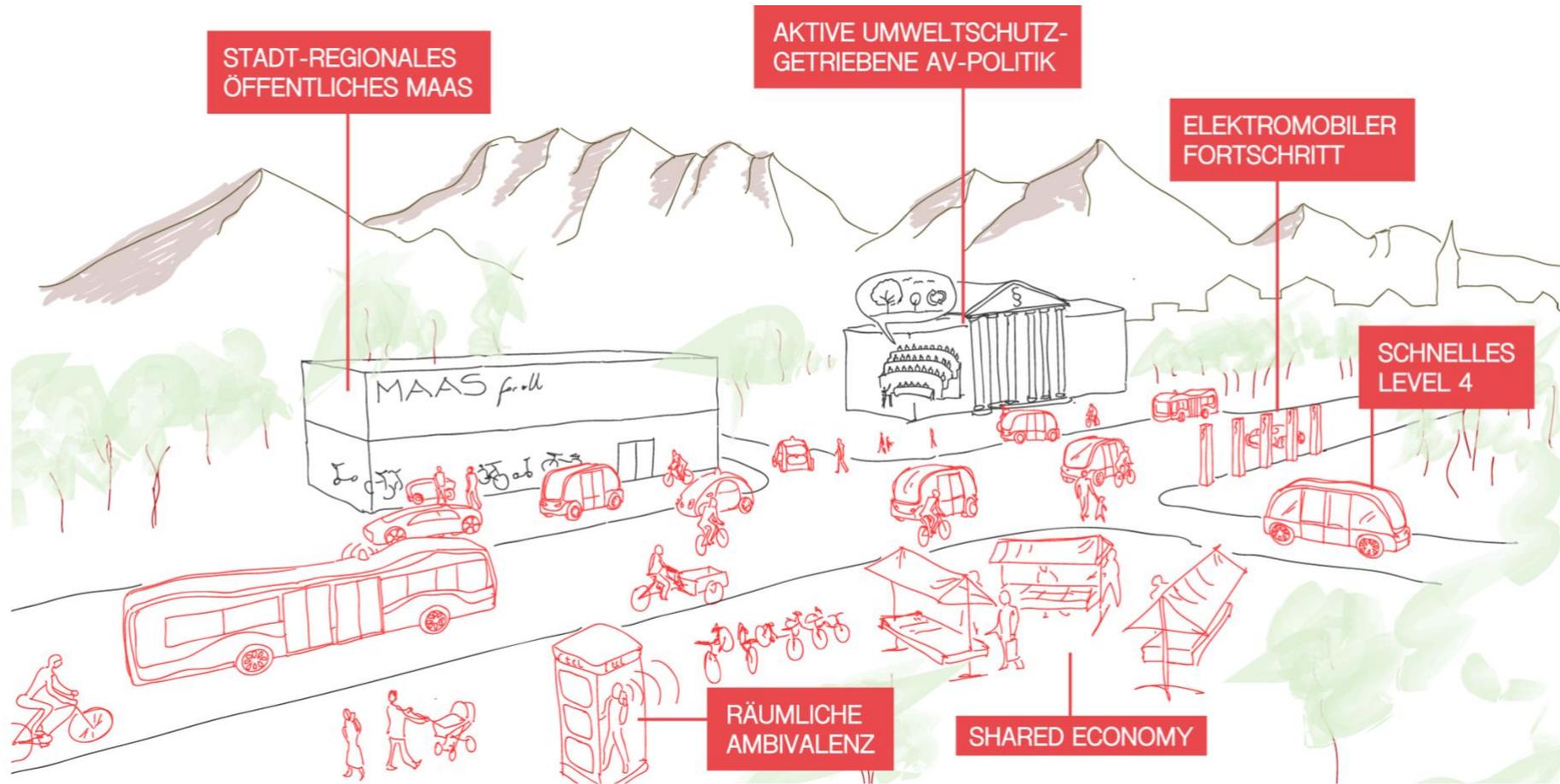
sich durch hochpreise und günstige Angebote im AV-Car Sharing (aufgrund unterschiedlicher Einkommensniveaus) neue soziale Ungleichheiten in Bezug auf Vorfahrtsrechte, Sicherheit, Komfort oder andere Angebotsqualitäten.

Sichtweise von Nutzenden

„Ich persönlich bin über die Entwicklungen des automatisierten Fahrens in den letzten Jahren komplett begeistert. Für mich symbolisiert automatisch zu fahren, am Puls der Zeit zu sein. Das bringt viele Vorteile mit sich, es ist viel angenehmer, als selbst fahren zu müssen und für mich ist es außerdem cool und trendy. Selbst meine Eltern freuen sich immer mehr mit automatisierten Autos und Bussen an. Für sie ist es wichtig, welche Vorteile sich für sie im Alter dadurch ergeben. Sie verfolgen die Entwicklungen und begrüßen es sehr, dass sie nicht mehr selbst fahren müssen. In meinem Alltag versuche ich meine Arbeitswege ohne eigenes Auto zurückzulegen. Im Sommer klappt das ganz gut. Aber v.a. im Winter bei schlechter Witterung bin ich froh, dass ich ein eigenes Auto habe – weil die Vernetzung mit anderen Verkehrsmitteln bei mir zuhause noch nicht richtig klappt. Mein Hybrid-Auto habe ich vor drei Jahren gekauft. Verbrenner sieht man zwar noch häufig (z.B. mein Nachbar hat noch so einen), aber langsam setzen sich Hybridlösungen durch. Reine E-Mobilität finde ich zwar vom Gedankenansatz her gut, finde das ganze System aber für mich im Alltag nicht praktikabel – hohe Anschaffungskosten, zu wenige Ladestationen, sie kennen das ja. Über Car Sharing habe ich die Möglichkeit, automatische Autos auszuprobieren – dass das so einfach ist, finde ich toll. Für mich ist es wichtig, dass Fahren Spaß macht – mit welchem Fahrzeug auch immer. Auch die automatisierten Busse kommen langsam, nachdem die draußen in der Seestadt vor Jahren damit begonnen hatten, gibt es die in Wien schon an vielen Ecken. Ich bin jedenfalls sehr gespannt, wie es weiter geht und was noch kommen wird.“



3.1.2 Politik-getriebene AV-Steuerung – 2030



In diesem Szenario ist in Österreich des Jahres 2030 eine stärkere Ausrichtung am Umweltschutz, der ökologischen Nachhaltigkeit und sozialen Inklusion erkennbar. Dieses wird unter anderem durch eine umweltschutz-fokussierte Mobilitäts- und Verkehrspolitik unterstützt, die u.a. auch eine pro-aktive Förderpolitik für radikale und evolutionäre Innovationen betreibt: Dieses gilt sowohl für technologische, als auch für soziale Mobilitäts-Innovationen. Über den Mitte der 2020er Jahre beschlossenen „Green New Deal“ wird eine Transformation der kapitalistischen Wirtschaft in einen verstärkten grünen Innovationszyklus forciert – eine Kombination aus direkten staatlichen Investitionen in ökologische Infrastruktur einerseits und die Schaffung eines günstigen Rahmens für das Wachstum des Markts an „grünen“ Produkten und Dienstleistungen andererseits. Der österreichische Staat setzt somit auf eine starke konsistente Regulierung im Bereich des Umweltschutzes und eine starke Deregulierung im Innovationssektor. Die Innovationsinteressen der Wirtschaft sind dabei ambivalent.

Hochautomatisiertes Fahren (SAE-Level 4) ist mittlerweile in einfachen Anwendungskontexten zu finden, bspw. auf der Autobahn, in gut ausgebauten Abschnitten von Bundesstraßen oder in der Vorstadt mittels „Shuttles“ – letzteres vor allem im ÖV. Die technologischen Entwicklungen sind zwar noch nicht so fortgeschritten, aber es gibt wichtige Fortschritte im Bereich des *deep learnings*, der (Umgebungs-)Sensorik, von Hochleistungsrechnen (HPC) und der Datenübertragung, der Big Data sowie der digitalen Karten. Allerdings ist auch in diesem Szenario das Cybersicherheits-Niveau weiterhin ausbaufähig und es besteht eine Anfälligkeit für Hacker-Angriffe. Aufgrund des räumlich begrenzten Einsatzes automatisierter Fahrzeuge sind Verbesserungen der Verkehrssicherheit in den „einfachen“ Anwendungskontexten wirksam. Die automatisierten Fahrzeuge operieren trotz bestehendem Mischverkehr mit nicht automatisierten Fahrzeugen in den spezifischen Kontexten sehr sicher, da Interaktionen mit nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmenden entweder nicht (auf Autobahnen und Schnellstraßen) oder nur im geringen Maße nötig sind oder die Fahrzeuge mit angepassten Geschwindigkeiten operieren (Vorstadt). Der Staat stellt aktiv und integriert (sektoren-übergreifend) sowohl digitale, als auch bauliche AV-Infrastrukturen bereit: V2X – Vehicle-to-Everything, insbesondere V2G – Vehicle-to-grid, flächendeckende 5G-Netze, Flächen für die Infrastruktur für V2X, eigene AV-Fahstreifen, Echtzeit-Verkehrslage, Standardisierung und Harmonisierung von Daten. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf dem ÖV.

Die Zulassungszahlen für E-Fahrzeuge sind in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen. Das liegt vor allem an technologischen Fortschritten, mittels derer die Reichweiten ausgeweitet und die Dauer des Ladens der Batterien verkürzt werden konnten. Parallel wurden die Netzdichte der Ladestationen verbessert und die Möglichkeiten zum Batterietausch ausgeweitet. Zudem sind die Batteriepreise gesunken und die Haltbarkeit verbessert worden, was insgesamt die Akzeptanz von E-Fahrzeugen deutlich verstärkt hat. Dennoch wird eine weitere Verbesserung angestrebt und durch entsprechende Förderprogramme staatlich unterstützt.

Auch wenn sich in den vergangenen Jahren deutliche Veränderungen der Mobilität gezeigt haben, variieren die Einstellungen der Bevölkerung in Österreich zur Verkehrsmittelwahl regional und sozial noch immer recht deutlich: Während die (Groß)stadt-BewohnerInnen den ÖV schätzen und überwiegend für alle Formen des Sharings aufgeschlossen sind, steht in den dünn besiedelten Orten das eigene private Kfz – automatisiert und nicht automatisiert – im Mittelpunkt. Es besteht zwar keine grundsätzliche Skepsis gegenüber automatisierte Fahrzeuge mehr, gleichzeitig gibt es jedoch nach wie vor ein ausgeprägtes Misstrauen in vielen sozialen Gruppen (ältere, aber auch bei jenen, welche die Risiken der Vernetzung sehr gut kennen). Die Skepsis ist besonders häufig mit der Angst vor negativen Folgen, aber auch vor dem Verlust von Freiheit verbunden.

Alle Formen der Shared Mobility, wie beispielsweise Ride Sharing und Car Sharing, haben sich in Österreich vor allem in dicht besiedelten Regionen weitestgehend durchgesetzt und sind zunehmend beliebt. Zur steigenden Attraktivität des Ride Sharings hat unter anderem auch das schrittweise soziale Matching (von Mitfahrenden) beigetragen, bei dem in ersten Pilotversuchen Daten aus Social Media integriert wurden. Die Sharing-Angebote decken alle Verkehrsmodi ab, sind stark integriert (viele Institutionen, meist on-trip abrufbar) und sowohl B2C, als auch C2C und G2C. Durch das vielfältige und gut vernetzte Angebot ist ein relativ flächendeckendes Bedienungsgebiet gegeben, das auch in Spitzenzeiten leistungsfähig ist und die Gesamtstrecke Tür-zu-Tür mit perfektem Umsteigen abdeckt (multimodal).

Diese gut vernetzten, öffentlich kontrollierten Angebote sind aufgrund einer verstärkten Zusammenarbeit und einer Ausweitung von öffentlichen MaaS-Plattformen gut integriert. Diese Angebote werden zu einer eigenen „Marke“, unter der über eine Schnittstelle der Kontakt zu KundInnen hergestellt und ausgebaut werden kann. Damit wird der ÖV ein wesentlicher Mobilitätsanbieter und die öffentliche Hand bzw. die öffentlichen Unternehmen werden zu IntegratorInnen der Mobilitätsangebote innerhalb des MaaS und zur operativen Schnittstelle zu den Endnutzenden.

Der Fokus der Verkehrsmodi liegt neben dem in weiten Teilen automatisierten ÖV auf der aktiven Mobilität und dem Sharing (Car Sharing, Ride Sharing). Der Angebotsraum ist hierbei nicht mehr nur lokal eng begrenzt, sondern reicht auch in die Region hinaus. Durch die Einbeziehung des (automatisierten) ÖV ist Sharing auch in ländlichen Regionen verfügbar, was das Mobilitätsangebot sowie die Teilhabe an diesem Angebot für vormals mobilitätseingeschränkte Personen deutlich

erhöht, was dort aufgrund der zunehmend schlechteren Erreichbarkeit zentralörtlicher Funktionen auf eine große Nachfrage trifft. Je nach räumlich-strukturellen Gegebenheiten und Sharing-Fahrzeugen unterscheidet sich das Verhältnis zwischen Shared Mobility und ÖV – bspw. in größeren Städten wird Bike Sharing oftmals eher anstelle des ÖV genutzt, in kleineren Städten bzw. dörflichen Strukturen fungiert es eher als Zubringer.

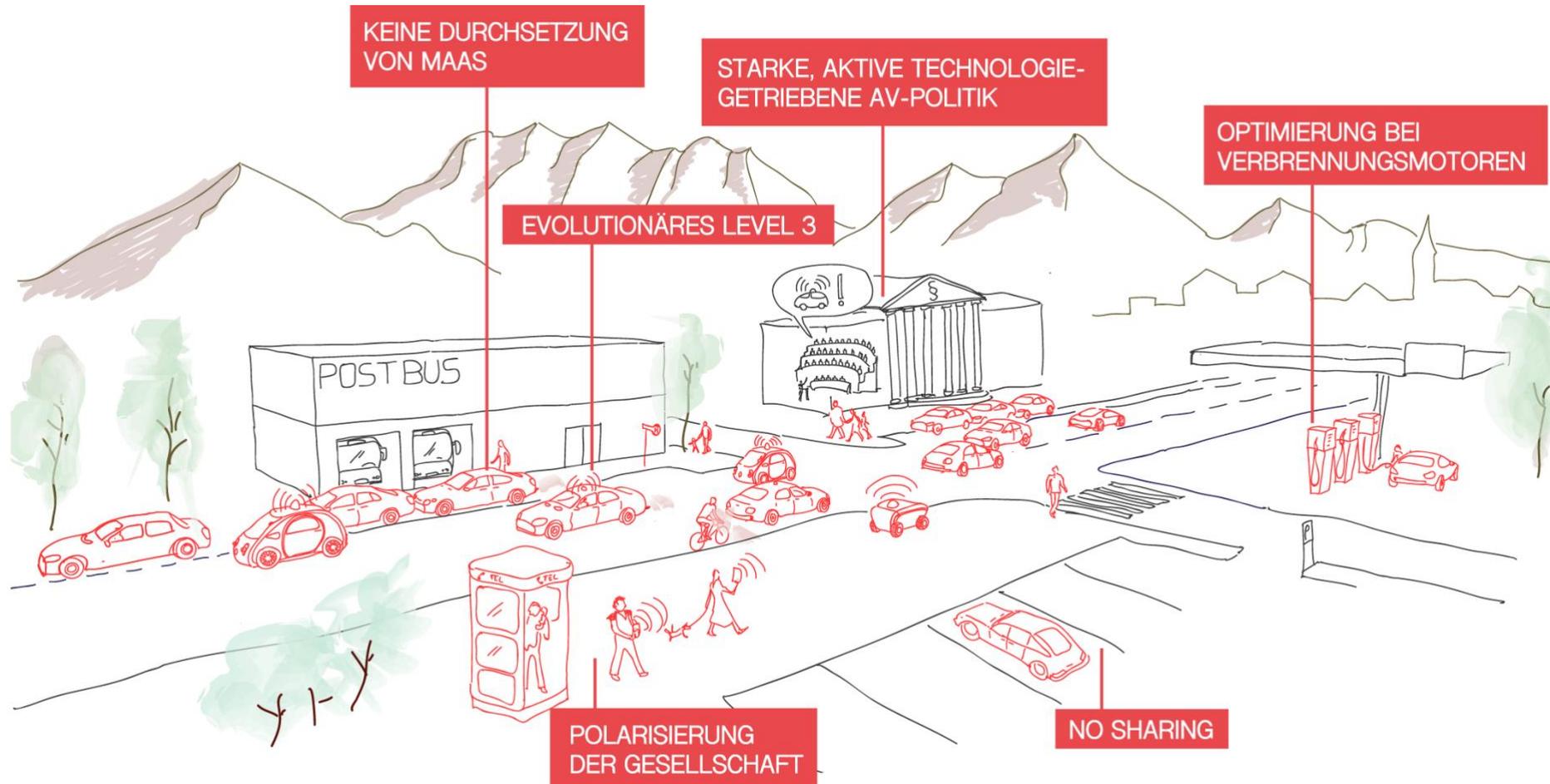
Insgesamt hat die MaaS ein großes Potenzial dafür, um die Mobilitätseinstellungen zu verändern, so dass alternative Verkehrsmodi wie Car Sharing, Bike Sharing und ÖV deutlich positiver als der MIV wahrgenommen werden. Im MaaS-Angebot ist die Mensch-Maschinen-Schnittstelle (z.B. Integration von Augmented Reality) eher schwach bis mittel ausgeprägt; auch Blockchain wird eher selten angewandt und es besteht eine Personalisierung der Angebote allenfalls auf mittlerem Niveau.

Sichtweise der Nutzenden

„Ich habe ehrlich gesagt eine eher ambivalente Meinung zu den automatischen Fahrzeugen. Die Technologie hat bestimmt einige Vorteile, aber ich finde, dass man das nicht alles nur positiv sehen kann, das ist alles noch nicht wirklich ausgereift und außerdem ist mir das mit den Daten noch sehr suspekt. Man kann jetzt zwar auf der Autobahn und manchen Regionen automatisch fahren, aber was ich so in meinem Umfeld höre, sind die Menschen noch etwas skeptisch: Kann man wirklich irgendwann richtig beim Fahren abschalten? Und klappt das alles mit der Verkehrssicherheit? Sind die Systeme vor Hacker-Angriffen sicher genug? Für die Öffies finde ich das automatische gut, wie die das ja schon vor Jahren drüben in der Seestadt angefangen hatten. Ich finde richtig gut, dass ich mit meiner App aussuchen kann, wie ich wo hinkommen kann, und wenn ich mal ein Auto brauche, dann hole ich mir eben eins – da kann man sich auch ein bisschen an die Automatisierung gewöhnen. Wenn ich mit meinen Kindern weitere Strecken zurücklegen muss oder mit viel Gepäck unterwegs bin, nutze ich gerne das E-Car Sharing. Zum Einkaufen fahre ich aber am liebsten mit dem Lastenrad, das wir uns als Hausgemeinschaft angeschafft haben. Ich finde es wichtig, umweltbewusst mobil zu sein und mich mit anderen Menschen darüber auszutauschen. Das Sharing ist jetzt auch besser, weil das soziale Matching um einiges verbessert wurde. Dadurch kann man nicht nur Fahrzeuge, sondern auch alle möglichen anderen Sachen besser mit anderen austauschen. Gut finde ich auch, dass sich E-Mobilität immer mehr durchsetzt, manchmal ist in der Stadt nur noch ein leises Surren auf den Straßen zu hören – die Lebensqualität in den Städten hat sich dadurch enorm verbessert. Ich bin froh, dass sich die Politik sehr für die Umwelt und Nachhaltigkeit einsetzt und die technologischen Entwicklungen nicht von den Konzernen bestimmt wird.“



3.1.3 Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2030



Dieses Szenario ist grundsätzlich auch im Jahr 2030 nicht von innovativen Entwicklungen geprägt. Obwohl die österreichische Mobilitäts- und Verkehrspolitik durch eine starke, aktive technologie-getriebene AV-Politik (mit Fokus auf die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Förderung der Wirtschaft) gekennzeichnet ist, werden im Bereich des AV keine bahnbrechenden Fortschritte erreicht. Nur in einfachsten Anwendungskontexten mit der Rückfallebene FahrerInnen (SAE-Level 3) kann bedingt-automatisierte gefahren werden. Dies liegt u.a. auch darin begründet, dass aufgrund der Stagnation des deep learnings die Entwicklung von Algorithmen der KI stagnieren und auch die (Umgebungs)-Sensorik kaum weiterentwickelt werden konnte, die für ein Fahren auf der Automatisierungsstufen 4 und 5 notwendig wäre. Hinzu kommt, dass Hochleistungsrechner (HPC) und die Datenübertragung teuer, nicht ausreichend leistungsfähig und relativ langsam ist, lange Latenzzeiten hat und nur einen unzureichenden Datenaustausch ermöglicht.

Auf Österreichs Straßen kann also auch im Jahr 2030 allenfalls bedingt-automatisiert in einfachsten Anwendungskontexten wie der Autobahn/Schnellstraße gefahren werden. Daher wird die Situation von einem noch immer breiten Mischverkehr geprägt. Problematisch ist, dass FahrerInnen beim bedingt-automatisierten Fahren – trotz rechtlicher Notwendigkeit – zum Teil unaufmerksam oder abgelenkt sind und daher oftmals nicht in der Lage sind, die Fahraufgabe rechtzeitig und angemessen zu übernehmen. Dadurch ist die Zahl der Unfälle in den vergangenen Jahren wieder etwas angestiegen. Auch bei den Antriebstechnologien stagniert die Entwicklung. Zwar wurden die Verbrennungsmotoren immer wieder schrittweise verbessert, aber die Zahl der neu zugelassenen Fahrzeuge mit post-fossilen Antrieben ist zuletzt nur geringfügig angestiegen. Dominierende Antriebe sind nach wie vor Otto und Diesel. E-Fahrzeuge sind wenig attraktiv – vor allem durch geringe Reichweiten und eine weiterhin hohe Ladedauer (kaum technologische Fortschritte und geringe Sicherheit) sowie eine geringe Netzdichte an Ladestationen und hohe Batteriepreise/Anschaffungskosten.

Aufgrund der stagnierenden Entwicklung und der zunehmenden gesellschaftlichen Diversität ist die Mobilität zunehmend von Verunsicherung geprägt. Gerade fahrerlose öffentliche Verkehrsmittel oder Ride Sharing-Angebote gelten zunehmend als unsicher, auch wenn es zu den tatsächlichen Vorfällen keine belastbaren Zahlen gibt. Vor diesem Hintergrund gewinnt der MIV (im Eigentum und im Car Sharing) wieder an Bedeutung (my car is my castle), der bis Mitte der 2020er Jahre noch rückläufig war. Bei Personen mit hohem Einkommen bleibt das Auto das wichtige Statussymbol, wobei die weiterentwickelten Fahrassistenz-Systeme positiv aufgenommen werden. Car Sharing bleibt allein der jüngeren Mittelschicht in Städten vorbehalten, während der ÖV für diejenigen reserviert bleibt, die sich eine andere Mobilität nicht leisten können. Die Verkehrsmodi sind also von einer sozial selektiven Nutzung geprägt, wobei der Besitz eines eigenen Autos wie früher überproportional mit dem Einkommen steigt. Die Möglichkeit mobil zu sein, ist damit ungleich verteilt (finanzielle Aspekte, Unterschiede Stadt/Land, geschlechtsspezifische Faktoren, Mobilitätsstile). Durch das schwache Gegensteuern der Politik gegen die automobile Gesellschaft, werden Viel-Verdienende überproportional gefördert – wodurch soziale und sozialräumliche Ungleichheiten verstärkt werden – das ist ein Rückschritt in die Zeit vor dem Jahr 2020.

Sowohl das Konzept des MaaS als auch die Shared Mobility haben sich in Österreich im Jahr 2030 kaum durchgesetzt. Allenfalls existieren einzelne P2P Sharing-Initiativen, die wenig integriert agieren und ihre Potenziale kaum nutzen. Durch die (modalen und räumlichen) Insellösungen können Wege nur selektiv abgedeckt werden. Auch beim sozialen Matching gibt es kaum Fortschritte zu verzeichnen. Hemmend wirkt sich die Tatsache aus, dass die Alltagsmobilität nach wie vor von den gleichen Routinen geprägt ist. Mangelnde Erfahrungen mit alternativen Verkehrsmitteln und Überforderungen durch fehlende Kenntnisse der Nutzungsweise (insbesondere der technischen Komponenten) verstärken die Fixierung auf das Auto als bevorzugtes Fortbewegungsmittel. Außerdem gibt es Vertrauens- und Sicherheitsbedenken, vor allem bei P2P-Angeboten.

Sichtweise der Nutzenden

„Mit dem automatisiertem Fahren habe ich persönlich eher weniger am Hut. Nachdem, was man so in der Zeitung liest oder im Fernsehen sieht, wird das zwar sehr stark vom Staat gefördert, aber es gibt nur wenige Bereiche, wo das wirklich funktioniert – ob da die Steuergelder gut angelegt sind, ich weiß nicht. Klar, finde ich gut, wenn die Autos künftig mehr allein können, dann ist das Fahren bequemer und nicht mehr so stressig, dann kann man während der Fahrt auch mehr machen. Natürlich ist das noch etwas Zukunftsmusik und ich habe noch keine konkreten Vorstellungen davon, welche Veränderungen kommen, wenn ich automatisch unterwegs sein kann. Normal fahre ich fast ausschließlich mit meinem eigenen Auto zur Arbeit, wenn ich die Kinder hole oder bringe und natürlich am Wochenende zum Einkauf oder wenn wir mal rausfahren. Ich mach´ mir schon mal meine Gedanken wegen der Umwelt und so. Die Autos werden in dieser Hinsicht zwar immer ein bisschen besser – glaube ich zumindest – aber die „guten“ sind noch immer zu teuer, man kommt nicht weit genug und man muss ewig beim Laden warten – das liest man zumindest immer wieder. Mein Auto ist mir schon sehr wichtig: zum einen kann ich damit bequem unterwegs sein und zum anderen zeigt er ja auch ein wenig, dass ich es zu was gebracht habe – ein bisschen zumindest. Ehrlich gesagt, tun mir die Leute leid, die kein eigenes haben und mit dem Bus fahren müssen. In der Stadt gibt es ja so ein Sharing und auch da, wo meine Schwester wohnt, hat die Gemeinde so etwas aufgebaut – na ja, ist halt ganz schön, wenn man kein eigenes Auto hat, aber für mich wär´ das nichts. Das ist eher was für junge Leute. Nun, meine Schwester sagt, warum soll ich mein Geld in ein Auto stecken und sie kann in der Tat durch das neue Angebot nun mehr machen; sie fährt jetzt zum Beispiel mit so einem Leihwagen ins Fitnessstudio nach Steyr rein. Also, schau´n wir mal, dass alles bald ein bisschen besser wird.“



3.2. Szenarien 2050

Übersicht 13: Vergleichende Darstellung der Szenarien für das Jahr 2050 (Quelle: eigene Darstellung)

	1: Markt-getriebene breite AV-Euphorie	2: Politik-getriebene AV-Integration	3: Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung	4: Community-getriebene breite AV-Euphorie
Mobilitäts- und Verkehrspolitik	Technologie-getriebene AV-Politik <i>stark Technologie-getrieben, Fokus auf Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaft</i>	Umweltschutz-getriebene AV-Politik (ökologische Nachhaltigkeit) <i>Fokus auf ökologische Nachhaltigkeit, externe Effekte</i>	Technologie-getriebene AV-Politik <i>stark Technologie-getrieben, Fokus auf Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaft</i>	Community-getriebene AV-Politik <i>bottom-up, Fokus auf ökologische Nachhaltigkeit und soziale Inklusion</i>
Mobility as a Service	Privates individuelles MaaS <i>einzelne globale Anbieter, schwache Schnittstellen (z.B. zu ÖV), starke Antizipation, Blockchain</i>	Europäisches umfangreiches öffentliches MaaS <i>auf Europa ausgeweitetes MaaS, starke Antizipation, Blockchain</i>	MaaS nur auf geringfügigem Niveau <i>keine Verbreitung/ geringfügiges Niveau</i>	Community-basierter MaaS Fortschritt <i>Community-basierte MaaS Angebote (PPP) mit weit fortgeschrittenem Blockchain</i>
Shared Mobility	Car Sharing Fortschritt <i>starke Verbreitung von Car Sharing und Leasing, soziales Matching</i>	High Level Shared Economy <i>umfangreiche Verbreitung aller Formen von Sharing, weit fortgeschrittenes soziales Matching</i>	Low Sharing <i>kaum Verbreitung von Sharing, geringe Fortschritte beim sozialen Matching</i>	High Level Shared Economy <i>umfangreiche Verbreitung aller Formen von Sharing, weit fortgeschrittenes soziales Matching</i>
Mobilitäts-einstellungen	Breite Euphorie <i>AV und Sharing im Alltag eingelangt</i>	Fortschreitende räumliche Ambivalenz <i>positive Einstellungen zu ÖV und Sharing in Städten, positive Einstellungen zu privat Kfz allenfalls in dünn besiedelten Orten (automatisiert und nicht automatisiert)</i>	Starke Polarisierung der Gesellschaft <i>überwiegend positive Einstellungen zu privat Kfz (automatisiert und nicht automatisiert), aber niedrige Einkommensgruppen zur ÖV-Nutzung gedrängt</i>	Breite Euphorie <i>AV und Sharing im Alltag eingelangt</i>
AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz	Optimiertes Level 5 <i>vollautomatisiertes Fahren in allen Anwendungskontexten, deutlich höheres Sicherheitsniveau als heute</i>	Optimiertes Level 5 <i>vollautomatisiertes Fahren in allen Anwendungskontexten, deutlich höheres Sicherheitsniveau als heute</i>	Langsames Level 4 <i>hochautomatisiertes Fahren in einfachen Anwendungskontexten, höheres Sicherheitsniveau als heute</i>	Optimiertes Level 5 <i>vollautomatisiertes Fahren in allen Anwendungskontexten, deutlich höheres Sicherheitsniveau als heute</i>
Antriebs-technologien	Weiterhin hybrid unterwegs <i>Dominanz von Hybridantrieben</i>	Österreich elektrisch unterwegs <i>Elektro-Fahrzeuge dominant bei Pkw</i>	Dominanz von E-Fuels <i>keine Verbreitung von Elektro-Fahrzeugen, E-Fuels dominant</i>	Österreich elektrisch unterwegs <i>Elektro-Fahrzeuge dominant bei Pkw</i>

3.2.1 Markt-getriebene breite AV-Euphorie – 2050

Die österreichische Mobilitäts- und Verkehrspolitik hat über mehrere Jahre die nationale Wettbewerbsfähigkeit gestärkt und ist weiterhin stark insbesondere an der technologischen Entwicklung des AV interessiert; jetzt, im Jahr 2050, kann diese Schwerpunktsetzung etwas verringert werden, da der AV über die letzten Jahre stark von der Politik unterstützt wurde. Der Staat hat sich weitgehend aus der Erstellung der digitalen AV-Infrastruktur herausgehalten, hat diese reaktiv und sektoral betrieben und sich allenfalls an PPP-Modellen beteiligt. Er agiert eher im kurzfristigen Krisenmanagement durch eine *laissez-faire*-Politik und mit Deregulierungen weswegen die Maßnahmen wenig konsistent sind und eine klare, abgestimmte nationale Strategie zum AV nicht erkennbar ist. Die Verkehrspolitik sieht sich in einer moderierenden Rolle, die den dominanten wirtschaftlichen Akteursinteressen weitgehend folgt. Die Möglichkeit, eigenständig zu gestalten und unter eigenen politischen Zielsetzungen in die Entwicklung steuernd einzugreifen, wird bewusst nicht genutzt bzw. sogar als kontraproduktiv erachtet. Die Innovationsinteressen der Wirtschaft sind hingegen innovativ, offensiv und disruptiv.

Im Jahr 2050 kann in Österreich in allen Anwendungen und auf höchstem Sicherheitslevel (Level 5) vollautomatisch gefahren werden. Dieses wurde erst durch radikale Fortschritte bei KI-Algorithmen ermöglicht, die breite Anwendungen zulassen, denn das *deep learning* ist extrem leistungsfähig. Zudem arbeiten die (Umgebungs-)Sensoren mittlerweile mit höchster Genauigkeit und höchster Redundanz, Hochleistungsrechnen (HPC) und Datenübertragung ist extrem günstig, extrem leistungsfähig, extrem schnell, hat minimale Latenzzeiten und ermöglicht Datenaustausch auf höchstem Standard. Auch Big Data und digitale Karten bieten höchste Informationsdichte und -verknüpfung, höchste Genauigkeit und höchste Aktualität. Auf diese Weise wurde die Marktdurchdringung der vollautomatisierten Fahrzeuge beschleunigt und die anfänglichen Verkehrssicherheitsprobleme aufgrund der noch mangelnden Interaktion zwischen vollautomatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen sowie FußgängerInnen und RadfahrerInnen konnten rasch minimiert und das Verkehrssicherheitsniveau enorm verbessert werden. Große Entwicklungen gibt es in den 2040er Jahren auch im Bereich Cyber-Sicherheit; mittlerweile besteht nur noch eine minimale Anfälligkeit für Hackerangriffe.

In der österreichischen Bevölkerung besteht weiterhin eine große Begeisterung über neuen technologischen Entwicklungen, allen voran dem automatisierten Fahren gegenüber – gepaart mit einer hohen bzw. steigenden Technikaffinität. Veränderung wird mittlerweile von der überwiegenden Mehrheit der Bevölkerung als etwas Positives und Erstrebenswertes angesehen. AV ist in Österreich mittlerweile flächendeckend als selbstverständlicher Bestandteil im Alltag aufgenommen worden. Jede Art automatisierter Mobilität ist hierbei attraktiv – besonders aber Car Sharing, weil diese heutzutage sehr rasch verfügbar sind. Automatisch unterwegs zu sein ist heute selbstverständlich, sogar für Jugendliche und ältere Menschen die in den 2030er Jahren noch nicht eigenständig mit automatisierten Fahrzeugen unterwegs sein konnten.

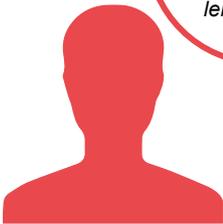
Bei den Antriebstechnologien überwiegt noch immer der Hybridantrieb. Grund dafür sind die nur schleppenden technologischen Fortschritte bei E-Fahrzeugen, was es für die potenziellen Kunden – hier gibt es einen großen Widerspruch der Nachfrage gegenüber dem angebotenen Niveau (weiterhin mittlere Reichweite, mittlere Aufnahmedauer und mittlere Batteriepreise). Auch die Infrastruktur für E-Fahrzeuge, sprich die Netzdichte der Ladestationen, hat sich in Österreich kaum nennenswert verbessert.

Das Sharing- und MaaS Angebot – zum Teil bereits basierend auf Blockchain – wird nach wie vor überwiegend privatwirtschaftlich kontrolliert und ist dadurch ausschließlich nachfrageabhängig, wird also vor allem in größeren österreichischen Stadtregionen (und dort auch nicht flächendeckend) angeboten. Der Fokus der MaaS-Angebote liegt vor allem auf Car Sharing. Die einzelnen Anbieter – insbesondere die Global Player aus Asien und Afrika, sind an Schnittstellen zu den lokalen Anbietern des ÖV nicht interessiert. Der ÖV ist daher kaum integriert, allenfalls ist er oftmals ein Marktteilnehmer unter vielen. Mittlerweile haben sich – letztlich auch aufgrund der wachsenden Unterschiede im Mobilitätsangebot – die sozialräumlichen Unterschiede (Segregation) verstärkt, da ländliche Regionen von Shared Mobility ohne Integration mit dem ÖV weniger von den Entwicklungen profitieren.

Auf technologischer Ebene gibt es jedoch deutliche Fortschritte: Die Mensch-Maschine-BenutzerInnen-Schnittstellen (HMI) unterstützen die Menschen beim Wechsel zwischen den Verkehrsmitteln z.B. mittels Augmented Reality in Reiseassistenzsystemen. Die lernenden Mobilitätsagenten verwalten das erforderliche Umgebungswissen zu Verkehrsknoten und stellen die navigationsrelevanten Daten in Echtzeit zur Verfügung. Auch Ausnahme-Situationen werden einberechnet – z.B. erkennt das System, wenn der/die NutzerIn Gepäck dabei hat und dadurch langsamer geht. Das System passt automatisch die berechnete Dauer des Weges an. Auch in Sharing-Fahrzeugen werden durch „individuelle Mobilitätsprofile“ die Bedürfnisse der jeweiligen KundInnen gespeichert. Zudem werden die Sharing-Angebote durch das fortgeschrittene soziale Matching – immer das passende Fahrzeug je nach Fahrtzweck oder Gefühlszustand – immer attraktiver.

Sichtweise der Nutzenden

„Bei mir im Grätzl sind die unterschiedlichen automatisch fahrenden Autos, Roller, die neuen Zweirad-Kabinen, die praktischen Shuttle-Busse und so mittlerweile nicht mehr aus dem Straßenbild wegzudenken. Gerade, dass man während der Fahrt telefonieren und sich mit Kollegen abstimmen kann – das ging ganz früher nur in der Bahn und jetzt praktisch immer und überall. Ich hasse es zwar, aber es kommt manchmal sogar vor, dass wir gemeinsame Mittagspausen im Auto verbringen, weil es so praktisch ist und man spart Zeit. Wissen Sie, ich bin viel geschäftlich unterwegs und da ist es gut, wenn man während der Fahrt mal so richtig ausspannen kann – ich bin dann abends zuhause auch viel fitter. Andererseits verschwimmen Arbeits- und Freizeit immer mehr, das ist zwar praktisch, aber doch auch nicht immer gut. Man fährt nun auch viel weiter und häufiger. Klasse ist aber auch, dass ein Auto sofort merkt, dass ich einsteige – schwupp geht der Sitz so, wie ich es gerne habe, ich tipp´ ein, wo ich hin will, das Auto fährt los, ich kriege meine Lieblingsmusik frei Haus – äh, Auto – und mein Notebook ist sofort online – das geht seit drei Jahren sogar in den Sharing-Autos, Klasse, nicht? Mir machen diese Gadgets und Funktionen richtig Spaß und ich habe immer gerne die neuesten Modelle, meine Freundin ist dann immer etwas neidisch. In meinem Freundeskreis läuft so eine Art Wettbewerb, wer die neuesten Sachen als erstes ausprobiert – hab´ ich wohl von meinem Urgroßvater, der war nämlich der erste in seiner Gegend, der einen Fernseher hatte. Schau´ mal, das ist doch praktisch, meine App weiß, wo ich normalerweise immer hin muss, weiß, wie ich am liebsten unterwegs bin, wann und wo ich am liebsten bin, wenn ich mir das aussuchen kann – und wenn´s mal nicht klappt, sagt sie mir, was ich tun soll. Die App erkennt sogar auch, wie ich grade ´drauf bin, spielt die richtige Musik oder schlägt mir vor, wo ich abhängen kann. Neulich hat sie mir sogar vorgeschlagen, dass ich mit einem Bike nach Hause radeln sollte und ich dachte Häh´, mit´m Fahrrad? War aber richtig gut, Rad war um die Ecke – hat mir die App gezeigt – und mir ging es wirklich nachher richtig gut – mach´ ich mal häufiger, denke ich, aber nicht bei Regen, wie heute. Obwohl, die verschiedenen Angeboten könnten noch besser vernetzt sein, denn ich brähe hier eigentlich drei Apps – irgendso eine Konkurrenz zwischen Chinesen, habe ich gehört. An Bezahlen mit Blockchain musste ich mich erst gewöhnen, ist jetzt aber okay. erleichtert die Bezahlvorgänge. Insgesamt bin ich froh, dass ich heute lebe, weil das mit der Technik heute viel besser ist als früher.“



3.2.2 Politik-getriebene AV-Integration – 2050

Die österreichische Mobilitäts- und Verkehrspolitik hat im Verlaufe der späten 2030er und 2040er Jahre den Umweltschutz – letztlich auch aufgrund der Langzeitfolgen der Versäumnisse der ersten beiden Jahrzehnte – sehr restriktiv verfolgt. Das gilt insbesondere für den Verkehrssektor, der bis in die späten 2020er Jahre keinen nennenswerten Beitrag zur Reduktion schädlicher Emissionen geleistet hatte. Die ökologische Nachhaltigkeit ist zum zentralen Leitbild geworden und die Kostenwahrheit aller Verkehrsmodi, vor allem einschließlich der externen Effekte, steht an erster Stelle. Der Staat steuert die technologischen und sozialen Innovationen gezielt ausschließlich in diesem Sinne. Der „Green New Deal“ seit dem Jahr 2025 hat die Transformation der kapitalistischen Wirtschaft durch einen neuen grünen Innovationszyklus stark forciert – eine Kombination aus direkten staatlichen Investitionen in ökologisch sinnvolle Infrastruktur einerseits und die Gestaltung eines günstigen Rahmens für das Wachstum des Markts an „grünen“ Produkten und Dienstleistungen andererseits. Die Steuerung erfolgt durch starke, konsistente Regulierung des Umweltschutzes und zielgerichtete Regulierung im Innovationssektor. Der Österreichische Staat steuert wieder stärker top-down, um die Zielerreichung sicherzustellen. Die Wirtschaft reagiert abwartend, defensiv, inkrementell und risikoscheu. Es gelten höchste Verkehrssicherheitsstandards (deutlich höher als im Vergleich zu den 2020er Jahre). Der österreichische Staat stellt aktiv und integriert sowohl digitale als auch bauliche AV-Infrastruktur bereit: V2X – Vehicle-to-Everything, insbesondere V2G – Vehicle-to-grid, flächen-deckende 5G-Netze, Flächen für Infrastruktur V2X, eigene AV-Fahstreifen, Echtzeit-Verkehrslage, Standardisierung und Harmonisierung von Daten. Der Fokus liegt insbesondere auf dem Ausbau des ÖV.

Vollautomatisiertes Fahren (Level 5) findet in Österreich wie im Szenario „Markt-getriebene breite AV-Euphorie“ in allen Anwendungen auf höchstem Sicherheitslevel statt, wobei dies wiederum auf radikale Fortschritte bei KI-Algorithmen, leistungsfähiges Deep-Learning und Hochleistungsrechnen (PC), Sensoren mit höchster Genauigkeit sowie digitale Karten mit höchster Informationsdichte, Genauigkeit und Aktualität zurückzuführen ist. Dementsprechend hat sich auch hier das Niveau der Verkehrssicherheit enorm verbessert und auch im Bereich Cybersicherheit besteht mittlerweile nur noch eine minimale Anfälligkeit für Hackerangriffe.

Bei den Mobilitätseinstellungen dominieren hingegen eher instrumentelle Motivlagen hinsichtlich der Einstellungen zum AV (und weniger affektive und symbolische Motivlagen), der Zugang zur Mobilität ist also vor allem pragmatisch motiviert und unnötige Fahrten werden vermieden. Technische Gadgets und Standards erscheinen zweitrangig, entscheidend ist der pragmatische Nutzen aus AV, Sharing und MIV. Der (automatisierte) Privatverkehr bleibt dabei im Vergleich schneller und ermöglicht in der Regel auch kürzere Zugangswege. Es ist jedoch zu befürchten, dass der verkehrliche Druck auf zentrale Orte steigen wird („Jeder pendelt in seiner Kapsel direkt ins Stadtzentrum“). Von staatlicher Seite wird deshalb verstärkt diskutiert, diese Privilegien zu „bepreisen“ (Mobility Pricing) und damit Anreize für eine Bündelung in hoch ausgelasteten Räumen zu schaffen. Der Verzicht auf diese Vorteile wird mit anderen Vorteilen (v.a. günstigerer Preis, geringere Kosten durch Verzicht auf privaten Pkw) aufgewogen.

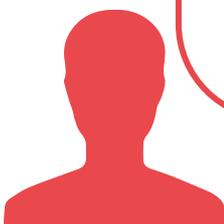
Elektro-Fahrzeuge (BEV) haben sich in Österreich im Jahr 2050 bei den Pkws fast völlig durchgesetzt, zum einen durch die deutlich geringeren Batteriepreise und Anschaffungskosten und zum anderen, da die Reichweiten ausgedehnt wurden, die Ladedauer deutlich verkürzt werden konnte und dank eines staatlichen Förderprogramms der 2030er Jahre ein umfangreiches, flächendeckende Ladestations-Netz erstellt wurde (einschließlich der Möglichkeiten für ein induktives Laden).

Sharing mit einem verbreiteten sozialen Matching hat sich in Österreich im Laufe der 2030er und 2040er Jahre umfangreich durchgesetzt; sowohl Fahrzeuge als auch Fahrten werden mittlerweile von der Mehrheit der Bevölkerung gerne und regelmäßig geteilt. Ein Grund hierfür ist die Breite der Möglichkeiten: Mit B2C, C2C, G2C ist für JedeN was dabei. Die Angebote stehen – durch ihre umfangreiche Integration aller Mobilitätsdienste – nahezu flächendeckend zur Verfügung und sind auch zu Spitzenzeiten leistungsfähig. Sie ermöglichen eine Tür-zu-Tür-Mobilität mit perfekten Umsteige-Möglichkeiten im multimodalen Modus. Ein wesentlicher Grund für die gut organisierten Mobilitäts-Dienstleistungen sind die öffentlich kontrollierten, europaweiten MaaS Angebote – zum Teil auf Basis von Blockchain –, die flächendeckend in ganz Österreich hochgradig integriert sind (bspw. auch in Bezug auf Datenlieferanten). Auf der EU-Ebene ist das Roaming zwischen MaaS-Services, Städten und Mitgliedsstaaten in die Verkehrsvorschriften eingearbeitet worden, um eine grenzüberschreitende Mobilität (v.a. Fahrten in nur eine Richtung) im Zusammenhang mit MaaS zu ermöglichen. Verschiedene Verkehrsmodi werden miteinander vernetzt: (automatisierter) ÖV, aktive Mobilität, Car Sharing, Ride Sharing. Der neu aufgestellte ÖV steht dabei im Zentrum der Mobilitätskonzepte und erweitert sein Angebot durch flexible, nachfrage-orientierte Angebote und verbessert damit seine Wirtschaftlichkeit. Die HMI (Human-Machine-Interaction) ermöglicht durch seine „vorausahnenden“ und Emotionen erfassenden Fähigkeiten eine Personalisierung, die als erhöhter Komfort wahrgenommen wird. Das soziale Matching ist mittlerweile weit fortgeschritten und kombiniert Informationen über den Raum und die geplante Strecke mit den Individualdaten aus den sozialen Medien und die dort gespeicherten Ausschlusskriterien. Das soziale Matching (z.B. basierend auf angegebenen Personendaten und Reisezweck) läuft dabei als automatischer Hintergrundprozess ab.

Durch dieses insgesamt öffentlich kontrollierte umfangreiche MaaS-Angebot wird Intermodalität gestärkt. Vor allem in Städten und Stadtregionen herrschen daher verstärkt eher positive Einstellungen zum öffentlichen Verkehr sowie zu allen Formen des Sharings vor, während es in dünn besiedelten Orten weiterhin ebenso positive Einstellungen zum privaten Kfz (automatisiert und nicht automatisiert) gibt.

Sichtweise der Nutzenden

„Ich sehe das mit den automatischen Fahrzeugen eher pragmatisch – mir helfen die automatischen Fahrzeuge im Alltag sehr. Allerdings habe ich es nicht nötig, immer mit den neuesten Gadgets zu protzen, wie das leider viele tun – deswegen habe ich auch kein eigenes Auto. Automatisierung und Vernetzung ist für mich Mittel zum Zweck – Punkt. Automatisiert unterwegs zu sein ist heute nichts Besonderes mehr. Wenn ich an ganz früher zurückdenke, so 2020, dann konnte man das allenfalls in der Bahn haben – aber da waren auch immer fremde Leute, mal laut, mal auch nicht vom Geruch ganz fein – und schlafen konnte man nicht wirklich. Und mit den Kindern unterwegs – die sind ja nun nicht mehr so klein wie früher – bringt es nun viel mehr Spaß, wir quatschen, spielen etwas, lesen. Ich finde es gut, das die Politik endlich aufgewacht ist und nun endlich einige Maßnahmen zum Umweltschutz auch im Verkehrs-Bereich setzt; hat ja lang genug gedauert. Mein Vater erzählt mir immer, dass er früher in der Schule am Freitag für eine bessere Umwelt gestreikt hat. Es ist gut, dass es in den 2030er Jahren diese eigenen Spuren für die Elektro-Autos gab, denn nun ist E-Mobilität mitten in der Gesellschaft angekommen – denke ich. Man kann sein Auto praktisch überall laden: in jeder Garage, bei jedem Supermarkt, in den Straßen. Ich weiß noch, welchen Ärger es gab, als in den ersten Städten hier in Österreich die „alten Stinker“ nicht mehr in die Stadt rein durften. Das hat sich nun richtig durchgesetzt, deshalb hatte ich auch damals mein Auto verkauft. Durch das Sharing und die europaweit funktionierenden Mobilitätsdienste kann ich praktisch ganz vielseitig überall hinkommen. Zur Arbeit fahre ich meist mit dem Fahrrad an der Station um die Ecke und in der Stadt gibt es seit ein paar Jahren Stationen, wo Du alles bekommst. Dadurch, dass ich Allergikerin bin, merke ich besonders, dass die Luft nun viel besser ist – und ruhiger ist es auch. Natürlich haben manche noch Probleme mit der Technik; meine Eltern, beispielsweise, die tun sich noch schwer damit. Ich habe aber nicht das Gefühl, dass das ein gesellschaftliches Problem ist, außerdem gibt es doch jetzt genügend Information und Unterstützung.“



3.2.3 Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2050

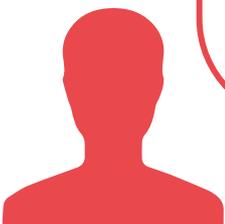
Die österreichische Mobilitäts- und Verkehrspolitik stärkt wie im Szenario „Markt-getriebene breite AV-Euphorie“ auch hier die Wettbewerbsfähigkeit und fördert weiterhin stark die technologische Entwicklung, wobei der AV in der Politik keinen allzu hohen Stellenwert mehr einnimmt. Auch hier wird digitale AV-Infrastruktur eher reaktiv und sektoral differenziert durch den Staat oder durch PPP-Modelle bereitgestellt. Die technologischen Entwicklungen rund um den AV entwickeln sich nur sehr langsam. Daher funktioniert das hochautomatisierte Fahren in Österreich lediglich in einfachen Anwendungskontexten, z.B. Autobahn, „Shuttle“ in der Vorstadt im Level 4. Grund für die verzögerte Entwicklung des AV sind die langsamen Fortschritte bei den *deep learning*-Algorithmen, den fehlenden Alternativen und den eher langsamen Entwicklungen der Sensorik, bei Hochleistungsrechnen (HPC) und der Datenübertragung sowie bei Big Data, digitalen Karten und der Cyber-sicherheit. Aufgrund des räumlich begrenzten Einsatzes automatisierter Fahrzeuge in den „einfachen“ Anwendungskontexten hat sich dort die Verkehrssicherheit verbessert. Die automatisierten Fahrzeuge operieren trotz des Mischverkehrs mit nicht automatisierten Fahrzeugen in den spezifischen Kontexten sehr sicher, da Interaktionen mit nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmenden entweder nicht (auf Autobahnen und Schnellstraßen) oder nur im geringen Maße nötig sind oder die Fahrzeuge mit angepassten Geschwindigkeiten operieren (Vorstadt).

Bis noch in die 2040er Jahre wurden Verbrennungsmotoren weiter optimiert, doch heute ist der Höhepunkt der Produktion fossiler Brennstoffe (als Kraftstoff) überschritten. Nachdem sich E-Fahrzeuge aber nach wie vor aufgrund hoher Kosten für Batterien und die Infrastruktur und fehlender technologischer Entwicklungen der Reichweiten und des Ladevorgangs nicht durchsetzen können, dominieren Fahrzeuge mit E-Fuels, deren Energieeffizienz deutlich geringer ist.

Die Mobilitätseinstellungen der Bevölkerung in Österreich sind stark unterschiedlich. Weiterhin steht das „Bewahren“ im Vordergrund. Die Pkw-Dominanz hat in den letzten Jahren wieder zugenommen (my car is my castle), Sharing und auch der ÖV werden nur als passable Lösungen für diejenigen angesehen, die sich keinen Pkw leisten können. Sowohl MaaS als auch Sharing sind in Österreich außerhalb der Großstädte nach wie vor kaum verbreitet. Die P2P-Angebote sind kaum vernetzt, mit den Insellösungen werden längere Strecken kaum abgedeckt. Da die jeweiligen Verkehrsmodi nur von bestimmten sozialen Gruppen genutzt werden, polarisieren sich auch die Einstellungen über den AV nach Einkommen (instrumentelle Motive): Vielverdienende stehen dem AV positiv gegenüber, Geringverdienende eher negativ. Durch die hohen Anschaffungskosten von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen kommt es in Österreich zunehmend zu einer Verschärfung von sozioökonomischen und sozialräumlichen Ungleichheiten. Auch im persönlichen Umgang mit konkreten Technologien, sprich der Technikaffinität – als Einstellungs-konstrukt mit emotionalen, kognitiven und verhaltensbezogenen Aspekten – gibt es große Unterschiede in der Bevölkerung (Segmentation), die eine stark polarisierende Wirkung hat.

Sichtweise der Nutzenden

„Für mich sind die automatischen Autos ein Luxusprodukt, von dem nur die Reichen profitieren. Auf der Autobahn kann man bereits teilweise automatisch fahren. Ich kann mir leider als Student kein eigenes Auto leisten, somit bin ich im Alltag – neben meinem Fahrrad – auf den ÖV und auf Sharing-Angebote angewiesen. Zur Uni mit dem Fahrrad zu fahren, ist kein Problem, die weiteren Strecken, z.B. zu meinen Eltern nach Niederösterreich ist ohne Auto schon eine Herausforderung. Im Detail bedeutet das für mich leider viel mehr Planungsaufwand für meine Wege und dass ich manche Ziele im Umland nur schwer erreichen kann. Das Sharing und die vernetzten Angebote taugen nach wie vor nix – sie werden nicht umsonst von vielen belächelt. Auch meine Eltern wünschen sich sehr, dass ich mir bald ein eigenes Auto leisten kann. In meiner Familie hat sonst jeder ein eigenes Auto, um dadurch flexibel zu sein – das ist schon ein Bild in meinem Kopf. In der Firma meines Vaters kommt fast jeder Angestellte mit dem eigenen Pkw in die Arbeit, obwohl viele aus dem selben Ort kommen und noch andere Möglichkeiten hätten. Ich bin mir sicher, dass in den nächsten Jahren wohlhabende Familien ihren Kindern kleine automatische Fahrzeuge schenken – ich will gar nicht daran denken, wie viel mehr Parkplätze das braucht. Meine Großeltern waren auch jahrzehntelang begeisterte Autofahrer, allerdings haben sie zunehmend Probleme mit dem Fahren. Hilfreichen wären hier Leihsysteme zwischen Nachbarn und Verwandten oder anderen Leuten, die man kennt. Es gibt ja auch in Niederösterreich schon Gemeinden, die so ein System auf die Beine gestellt haben. Die AV-Shuttles nach Krems benutzen sie nur ungern, weil sie der Technik nicht trauen und sie nicht wissen, wer alles einsteigt. Gut ist aber, dass die Politik endlich die alten Benziner und Diesel verboten haben, aber ob das mit den Bio-Treibstoffen so viel besser ist – ich weiß nicht. Es wird langsam Zeit, dass wir den Stand der anderen europäischen Länder erreichen – die sind schon viel weiter, da fährt alles elektrisch – und zwar mit „gutem“ Strom.“



3.2.4 Community-getriebene breite AV-Euphorie – 2050

Die österreichische Mobilitäts- und Verkehrspolitik ist im Jahr 2050 stark durch bottom-up bzw. Community-getriebene Entwicklungen geprägt: Während von staatlicher Seite eine laissez-faire Haltung mit Deregulierung und wenig Steuerung forciert wird und die Kompetenzen auf die lokale Ebene und in Beteiligungsverfahren mit der Bevölkerung verlagert werden, wirken bottom-up-Initiativen aus der Gesellschaft als Treiber für (AV-)Innovationen. Der Fokus liegt auf ökologischer Nachhaltigkeit und sozialer Inklusion. Laufende Aktivitäten in gesellschaftlichen und technologischen Nischen (z.B. einzelne Bürgerinitiativen, Start-ups) fungieren als Trigger für die Transformation. Die eher dynamischen Nischenentwicklungen werden vermehrt von offenen, flexibleren Strukturen, einzelnen Institutionen und locker vernetzten StakeholderInnen vorangetrieben – sichtbar oftmals erst durch ein Zusammenwirken mehrerer AkteurInnen im Sinne einer „kritischen Masse“. Gerade wenn parallele Aktivitäten in der Nische gleiche Ziele verfolgen und sich mehrere Nischen-AkteurInnen zum Beispiel zu Innovationsnetzwerken zusammenschließen, kann auch aus der Nische heraus ein starker Änderungsdruck für das bestehende sozio-technische Regime entstehen. Die Innovationsinteressen der österreichischen Wirtschaft sind abwartend, defensiv, inkrementell, risikoscheu.

Wie auch schon in den Szenarien „Markt-getriebene breite AV-Euphorie“ und „Politik-getriebene AV-Integration“ hat sich der AV in diesem Szenario als selbstverständlicher Bestandteil des Alltags der Österreicher etabliert und ist aus dem Straßenbild nicht mehr wegzudenken. Vollautomatisiertes Fahren (Level 5) findet in allen Anwendungen auf höchstem Sicherheitslevel statt. Dies ist vor allem auf radikale Fortschritte bei KI Algorithmen, leistungsfähiges Deep-Learning und Hochleistungsrechnen (PC), sowie Sensoren mit höchster Genauigkeit zurückzuführen. Das Verkehrssicherheitsniveau konnte sich so enorm verbessern und auch im Bereich Cybersicherheit besteht mittlerweile nur noch eine minimale Anfälligkeit für Hackerangriffe.

Die Bevölkerung in Österreich steht mittlerweile den neuen technologischen Entwicklungen sehr positiv gegenüber, mit der Folge, dass in den einzelnen Communities diese Entwicklungen weiter vorangetrieben werden. Veränderungen werden grundsätzlich als etwas Positives und Erstrebenswertes angesehen. Jede Art automatisierter Mobilität ist daher attraktiv – egal ob ÖV, automatisierter Pkw im Besitz oder Sharing (automatisierte Multi-Modalität). Zudem haben sich die E-Pkws (BEV) in Österreich weitestgehend durchgesetzt, weil zum einen die Kosten für Batterien deutlich gesenkt werden konnten, sich die Ladezeiten deutlich verkürzt haben und die Reichweiten deutlich größer geworden sind, zum anderen weil es mittlerweile ausreichend viele Ladestationen gibt, die auch größtenteils induktives Laden ermöglichen.

Bei den Vernetzungen der Modi dominieren Community-basierte MaaS Angebote (PPP) unter fast ausschließlicher Nutzung des Blockchain. Gerade im P2P-Bereich gibt es dadurch große Verbesserungen, da die Vertrauens- und Sicherheitsbedenken deutlich abgebaut wurden. Vor allem im ländlichen Raum, sind die unterschiedlichen Gruppen aktiv geworden, weil das ÖV-Angebot immer schlechter geworden ist, was der Community-basierten Mobilität einen starken Aufschwung verliehen hat. Verschiedene Verkehrsmodi werden miteinander verschnitten: Car Sharing, Ride Sharing, Aktive Mobilität und geringfügig ÖV, wo noch vorhanden. Der Angebotsraum ist aber eher lokal oder betriebsbezogen. Sharing hat sich – mit weit fortgeschrittenem sozialen Matching – umfangreich (modal, räumlich, integrativ) durchgesetzt, sowohl Fahrzeuge als auch Fahrten werden gerne und regelmäßig geteilt. Durch diese community-basierten Modelle erhalten bislang mobilitätseingeschränkte Menschen deutlich besseren Zugang zur Mobilität. Neben Ride Sharing-Angeboten wirkt auch AV-Car Sharing stark integrativ, eröffnet es doch neue Mobilitätschancen besonders für Nutzende, die zuvor nicht aktiv am Car Sharing teilnehmen konnten (z.B. aus Altersgründen, auf Grund körperlicher Einschränkungen oder mangels Führerscheinbesitz). Wie in allen anderen Szenarien sind die antizipierenden Fähigkeiten des HMI bereits sehr gut entwickelt (vorausahnend, Emotionen erfassend, virtualisierend): z.B. Reiseassistenzsysteme für dynamische Umgebungen auf Basis von Augmented Reality, die Ausnahmesituationen (z.B. Gepäckmitnahme) erkennen und laufend überprüfen, ob die Zug-, Bus-, oder Bahnverbindung noch erreicht werden kann oder Vorschläge für mögliche Aktivitäten während möglicher Wartezeiten anzeigen.

Sichtweise der Nutzenden

„Wir sind eine starke Gemeinschaft, wir teilen alles, sind selbstverständlich nur sauber unterwegs und finden die neuen Möglichkeiten, selbst technische Bausteine entwickeln zu können, echt super. Automatisiert und vernetzt unterwegs zu sein, ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken und wir tauschen uns gerne mit andern aus, die das bei sich auch so machen wollen. Das fing damit an, dass man bei uns im Dorf ohne Auto praktisch nichts machen konnte, als der Postbus eingestellt wurde. Wir haben dann ein crowdfunding aufgestellt und viel selbst gemacht und haben nun mit Hilfe des Blockchain so ein System, in dem man vom Fahrrad bis zum Auto sich gegenseitig was ausleihen kann. Blockchain erleichtert die finanziellen Transaktionen enorm und bietet uns außerdem die Möglichkeit, ohne Bosse auf gleicher Ebene was umzusetzen. Gerade für uns kleinere regionale Mobilitätsanbieter ist es so viel einfacher, etwas auf die Beine zu stellen. Da wir das alles selbst machen, verstehen wir einander sehr gut, treffen uns auch mal so und ich glaube, wir haben mittlerweile eine Reihe von Nachahmern gefunden – in Niederwalldorf bauen sie auch gerade so etwas auf. Wenn ich sowieso nach Wels 'reinfahren muss, buche ich über unsere App ein Auto und frage gleich ‚rum, wer auch mitfahren möchte – ist billiger und meist lustiger. In Wels stelle ich das Auto stelle dann an einer Mobilitätsstation ab, dort kann es laden und für den Weg ins Büro nehm ich von dort ein Leihfahrrad. Mein Sohn fährt mit dem automatischen Shuttle zur Schule, den die Samtgemeinde vor ein paar Jahren angeschafft hat. Damit werden die Kinder in der Umgebung einsammelt und seitdem bringt kaum noch jemand seine Kinder mit dem eigenen Auto zur Schule. Mir fällt auch auf, dass immer mehr ältere Menschen sich für unser System interessieren – neulich hat mich sogar meine Großtante – die ist jetzt 86 – gefragt, wie man in so ein „Teufelszeug“ reinkommt. Gerade durch die doch mittlerweile technisch gut ausgereiften HMI-Schnittstellen wird für viele von uns das Leben am Land leichter. Ich bin jedenfalls sehr stolz darauf, wie sich die Mobilität bei uns in den letzten Jahrzehnten verändert hat und was wir als Community alles geschafft haben!“



3.3. Zwischenfazit

Die entwickelten Szenarien zeigen die multiplen Entwicklungsmöglichkeiten des AV in Österreich auf und erweitern damit den gesellschaftlichen und politischen Diskurs über eine Verkehrssituation, die noch keiner wirklich kennt und es daher keine Erfahrungen damit gibt. In dieser Situation kann also nicht ein einzelnes Zukunftsbild hilfreich sein, das eine einzige zukünftige Mobilität mit dem AV gezielt suggeriert (meistens dominiert hier nach wie vor der Pkw in Privateigentum oder ausschließlich der Shuttlebus), sondern es geht darum, verschiedene und vielschichtige Zukunftsbilder mit verschiedenen Modi und Nutzungsformen wie zum Beispiel Shared Mobility, alternative Antriebssysteme, neue Organisationsstrukturen, Präferenzen unterschiedlicher sozialer Gruppen für Österreich zu entwerfen. Soll ein Transformationsprozess im Sinne eines nachhaltigen, emissionsfreien Unterwegs-Seins im Zentrum stehen, dann sind hier entsprechende Entwicklungspfade aufgezeigt, denen es zu folgen gilt.

Ein wesentlicher Lerneffekt des Szenario-Prozesses ist, dass der AV aufgrund seiner möglichen hohen Qualität und Attraktivität für Nutzende in einer Wechselwirkung bzw. Konkurrenz mit anderen Modi steht. Bereits hier zeichnet sich ab, dass eine klarere verkehrspolitische Priorisierung der Modi, verbunden mit einer gezielten Steuerung notwendig sein wird, um die formulierten Umweltziele erreichen zu können. Zudem machen die Szenarien deutlich, dass die technologische Entwicklung des AV mit unterschiedlicher Geschwindigkeit voranschreiten wird und dass dadurch eine lange Übergangsphase im Mischverkehr von automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen wahrscheinlich ist. Damit sind viele Unsicherheiten und Risiken (z.B. Verkehrssicherheit, hohe Kosten für Verkehrsinfrastruktur, soziale und räumliche Ungleichheiten durch veränderte Lagegunst und Erreichbarkeiten) verbunden, die frühzeitig mitgedacht werden sollten, um sich politische Handlungsspielräume für Infrastrukturfinanzierung, Lebensqualität, Bedürfnisse unterschiedlicher sozialer Gruppen zu sichern und die Vorteile des AV miteinzubeziehen.

Folgende Fragen stehen somit beispielhaft genannt im Vordergrund für erste Denkanstöße:

1. Welche **AV-Politikstrategien** sind in unterschiedlichen Handlungsfeldern (Mobilitätspolitik, Raumplanungspolitik, FTI-Politik etc.) sinnvoll (keine Reaktion, präventions-, kontroll-, toleranz- oder adaptions-orientiert), um einerseits die Chance des automatisierten Fahrens zu nutzen und andererseits die Risiken zu minimieren?
2. Welche neuen **Steuerungsmechanismen bzw. Maßnahmen** sind sinnvoll? Wie könnten diese Steuerungsmechanismen in gesellschaftliche, soziale, räumliche Kontexte eingebettet sein? Wann ist der richtige Zeitpunkt, um zu handeln?
3. Wie lassen sich **AV, Mobility as a Service** und **Shared Mobility** sowohl aus NutzerInnen- als auch Betreibersicht umfassend integrieren?
4. Wie lassen sich automatisierte Fahrzeuge mit **elektrischen und hybriden Antriebsformen** kombinieren? Lassen sich die Entwicklungspfade beider Technologien synchronisieren? Wie könnte dies gelingen?
5. Wie verändert sich das **Mobilitätsverhalten** – insbesondere die **Verkehrsmittelwahl** – infolge einer zunehmenden Attraktivität des AV? Wie verändert sich die Lagegunst infolge des AV und dadurch Raumstrukturen?
6. Welche **Risiken** und **Unsicherheiten** bestehen in der **langen Mischverkehrsphase**?

4. Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungen: System-dynamische Modellierung

In diesem Kapitel werden die verkehrsrelevanten Wirkungen der entwickelten Szenarien abgeschätzt und quantifiziert. Hierzu wird das wissenschaftlich fundierte MARS-Modell (Metropolitan Activity Relocation Simulator) genutzt, das sich für die Betrachtung langer Zeithorizonte und komplexer Wechselbeziehungen eignet. Als Voraussetzung für die Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungsspektren der Szenarien wurden zunächst die verschiedenen AV-Modi (privat-AV, AV-Car Sharing AV-Ride Sharing sowie AV im öffentlichen Verkehr) und die verschiedenen Ursache-Wirkungs-Ketten, die sich durch das automatisierte Fahren ergeben, in das Modell implementiert. Durch die Implementierung und Parametrisierung dieser Wirkungsketten gelingt es, die verkehrsrelevanten Wirkungen (z.B. Verkehrsaufwand, Umwelteffekte, Reisezeit, Anzahl der Wege, Modal Split, etc.) der jeweiligen Szenarien zu simulieren und zu quantifizieren.

4.1. MARS-Modell

MARS ist ein dynamisches, integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell. D.h. mit MARS wird nicht der Gleichgewichtszustand eines Zieljahres modelliert, sondern vielmehr der Pfad bis zum Erreichen des Zieljahres iterativ in diskreten Zeitschritten. Die technischen Grundlagen von MARS liegen in der Disziplin „System Dynamics“, welche in den 1950er Jahren von Forrester und Kollegen am MIT begründet wurde (vgl. Forrester 1969, 1971). MARS ist sowohl ein qualitatives wie ein quantitatives Modell. MARS ist weiters ein strategisches und daher räumlich relativ hoch aggregiertes Modell, welches sowohl als urbanes Modell als auch als regionales oder nationales Modell verwendet werden kann. MARS ist ein transparentes Modell („White Box“ im Gegensatz zu „Black Box“). Es berücksichtigt neben den motorisierten Verkehrsmitteln auch die nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden. Des Weiteren können mit dem MARS-Modell alle relevanten Rückkopplungen sowohl innerhalb des Verkehrssystems als auch zwischen den Systemen Verkehr und Raum berücksichtigt werden.

Die Modellvariante MARS-Austria ist ein strategisches Verkehrs- und Landnutzungsmodell für Österreich, welches auf Bezirksebene (120 Modellzonen) das gesamte Bundesgebiet abdeckt (vgl. Müller *et al.* 2012). MARS-Austria besteht im Wesentlichen aus drei Teilmodellen die miteinander verknüpft sind:

- einem Transport-Submodell,
- einem Migrations-Submodell der Bevölkerung und
- einem Standortwahl-Submodell der Unternehmen und Arbeitsplätze.

In der im Projekt SAFiP verwendeten Version des Modells MARS-Austria wurden die beiden Standortmodelle (Bevölkerung, Unternehmen) durch extern definierte Szenarien der räumlich differenzierten Entwicklung der Bevölkerung und der Arbeitsplätze ersetzt. Die verwendeten Szenarien basieren auf den ÖROK-Regionalprognosen 2010³. Diese bestehen aus drei Teilen: 1) einer kleinräumigen Bevölkerungsprognose nach 124 Prognoseregionen (Hanika, 2010a), 2) einer Prognose zur Erwerbsbeteiligung (Kytir *et al.* 2010) und 3) einer Modellrechnungen zur Haushaltentwicklung (Hanika, 2010b). Diese entsprechen damit den in Kapitel 2.4.1 beschriebenen szenario-übergreifenden Einflussfaktoren, die für alle Szenarien gleich wirksam sind und in dieser Form in der Modellierung berücksichtigt wurden.

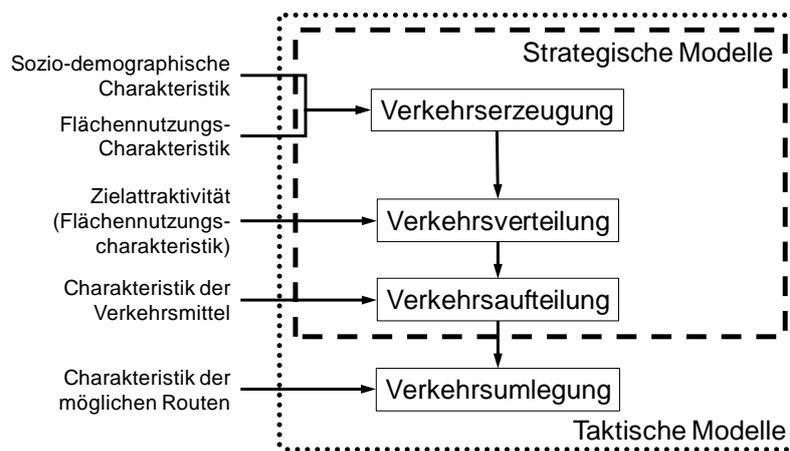
Das Verkehrsmodell deckt entsprechend des strategischen Charakters nur die ersten drei Stufen eines klassischen vierstufigen Verkehrsmodells ab (Abbildung 11). Diese sind:

- die Verkehrserzeugung,
- die Verkehrsverteilung, d.h. die Zielwahl, und
- die Verkehrsaufteilung, d.h. die Verkehrsmittelwahl.

³ Siehe <https://www.oerok.gv.at/raum-region/daten-und-grundlagen/oerok-prognosen/oerok-prognosen-2010.html> (18.01.2019)

Auf die Stufe der Verkehrsumlegung, d.h. Routenwahl, wurde aufgrund des strategischen Charakters und der Anforderung kurzer Laufzeiten bewusst verzichtet.

Abbildung 11: Stufen der sequentiellen Verkehrsmodellierung (Quelle: eigene Darstellung)



4.2. Qualitative Einflüsse automatisierter Fahrzeuge

In einem ersten Schritt werden die möglichen Auswirkungen des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrsnachfrage qualitativ untersucht. Dabei kommt die System Dynamics Methode der Ursache-Wirkungs-Diagramme (Causal-Loop-Diagrams) zum Einsatz. Eine Einführung in die Methode gibt z.B. Arndt (2016) oder FVV (2019).

Im Rahmen des Projekts SAFiP wurde für die Teilbereiche „private automatisierte Kraftfahrzeuge“ und „automatisierte Fahrzeuge als Teil des öffentlichen Verkehrs“ jeweils ein Ursache-Wirkungs-Diagramm der Beeinflussung der Verkehrsnachfrage entworfen. Die Entwürfe wurden im Rahmen mehrerer Projektmeetings sowohl innerhalb des Projektteams als auch mit den Mitgliedern des Steering Committees und VertreterInnen des Auftraggebers diskutiert. Zusätzlich wurden die Ursache-Wirkungs-Diagramme im Rahmen mehrerer Symposien und Tagungen der Fachöffentlichkeit präsentiert und dort mit externen ExpertInnen diskutiert (vgl. Emberger et al. 2018; Gühnemann et al. 2018; Pfaffenbichler 2018a, 2018b; Pfaffenbichler & Gühnemann 2018). In den beiden folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse dieser qualitativen Analysen vorgestellt und diskutiert, welche den Ausgangspunkt der Quantifizierung im Modell MARS bildeten.

Anmerkung: Grundelemente, welche die Attraktivität der Verkehrsmittel beeinflussen sind in den Ursache-Wirkungs-Diagrammen **blau** markiert (Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Marktdurchdringung mit automatisierten Fahrzeugen, welche andere Elemente der Diagramme beeinflusst, ist **rot** markiert. Wirkungsketten von der Marktdurchdringung automatisierter Fahrzeuge bis zur Attraktivität der Verkehrsmittel, welche die Attraktivität der Pkw-Nutzung erhöhen bzw. die Attraktivität der ÖV-Nutzung reduzieren, sind ebenfalls **rot** markiert. Wirkungsketten, welche die Attraktivität der Pkw-Nutzung reduzieren bzw. die Attraktivität der ÖV-Nutzung erhöhen, sind **grün** markiert.

4.2.1 Individuelle automatisierte Kraftfahrzeuge

Die Attraktivität der Nutzung eines Pkws hängt von drei Elementen ab (Abbildung 12):

- der Verfügbarkeit eines Pkws,
- den bewerteten (gewichteten) Reisezeiten und
- den bewerteten (gewichteten) Kosten.

Die Automatisierung der Pkws (1.) hat einen Einfluss auf zahlreiche Elemente, welche diese drei Bereiche beeinflussen. Durch einen Parkassistenten bzw. „Remote Parking“ (*Automatisierungsgrad Pkw*) wird z.B. sowohl die objektive, physikalische Parkplatzsuchzeit (*physikalische Parkplatzsuchzeit*), als auch der Fußweg vom bzw. zum Parkplatz (*physikalische Zu- und Abgangszeit Parkplatz*) reduziert (2.). Bei gleicher subjektiver Gewichtung reduziert sich dadurch

auch gewichtete Zeit der Parkplatzsuche und des Zu- und Abgangs (*bewertete Parkplatzsuchzeit* und *bewertete Zu- und Abgangszeit Parkplatz*). Dadurch reduziert sich in weiterer Folge die *gewichtete Reisezeit Pkw*, was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) erhöht.

Es wird allgemein angenommen, dass automatisiertes Fahren einen Einfluss auf die Straßenkapazität und damit die physikalischen Reisezeiten hat⁴ (3.). Ein hoher Anteil hochautomatisierter Fahrzeuge (*Automatisierungsgrad Pkw*) verringert die physikalischen Reisezeiten (*physikalische Fahrzeit Pkw*)⁵. Bei gleicher subjektiver Gewichtung reduziert sich dadurch auch die gewichtete Reisezeit (*bewertete Fahrzeit Pkw*). Dadurch reduziert sich in weiterer Folge die *gewichtete Reisezeit Pkw*, was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) erhöht.

Vor allem bei längeren Fahrten wird davon ausgegangen, dass ein hoher Automatisierungsgrad auf Level 4 oder 5 (*Automatisierungsgrad Pkw*) die Wahrnehmung (4.), d.h. die Gewichtung, der Fahrzeit (*Gewichtung Fahrzeit Pkw*) reduziert. Dadurch reduziert sich die gewichtete Reisezeit (*bewertete Fahrzeit Pkw*). Wodurch sich in weiterer Folge die *gewichtete Reisezeit Pkw* reduziert, was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) erhöht.

Hochautomatisierte Fahrzeuge (*Automatisierungsgrad Pkw*) ermöglichen die selbständige Nutzung durch bislang ausgeschlossene Personengruppen, z.B. Personen ohne Führerschein oder mit körperlichen Einschränkungen (5.). Dadurch erhöht sich die Verfügbarkeit des motorisierten Individualverkehrs (*Verfügbarkeit Pkw*), was wiederum die Attraktivität der Nutzung des motorisierten Individualverkehrs (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) erhöht.

Durch Parkassistenten bzw. „Remote Parking“ (*Automatisierungsgrad Pkw*) ist es möglich, Parkgebühren (*Parkgebühren Pkw*) zu vermeiden. Dadurch verringern sich die Betriebskosten (*Betriebskosten Pkw*), die wahrgenommenen Betriebskosten (*gewichtete Betriebskosten Pkw*) und die wahrgenommenen Gesamtkosten (*gewichtete Kosten Pkw*), was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) erhöht.

Im Fall einer Harmonisierung des Verkehrsablaufs oder eines Downsizings der Fahrzeuge als Folge der Automatisierung (*Automatisierungsgrad Pkw*) verringert sich der spezifische Treibstoffverbrauch und damit die Treibstoffkosten (*Treibstoffkosten Pkw*). Auch dieser Effekt führt über die Betriebskosten (*Betriebskosten Pkw*), die wahrgenommenen Betriebskosten (*gewichtete Betriebskosten Pkw*) und die wahrgenommenen Gesamtkosten (*gewichtete Kosten Pkw*) zu einer Erhöhung der Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**).

Andererseits werden durch „Remote Parking“ oder das Zurücksenden der Fahrzeuge zur Nutzung durch andere Haushaltsmitglieder (*Automatisierungsgrad Pkw*) Leerfahrten (*Leerfahrten Pkw*) verursacht. Durch diese erhöhen sich Treibstoffkosten (*Treibstoffkosten Pkw*), Betriebskosten (*Betriebskosten Pkw*), wahrgenommene Betriebskosten (*gewichtete Betriebskosten Pkw*) und wahrgenommene Gesamtkosten (*gewichtete Kosten Pkw*), was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) verringert.

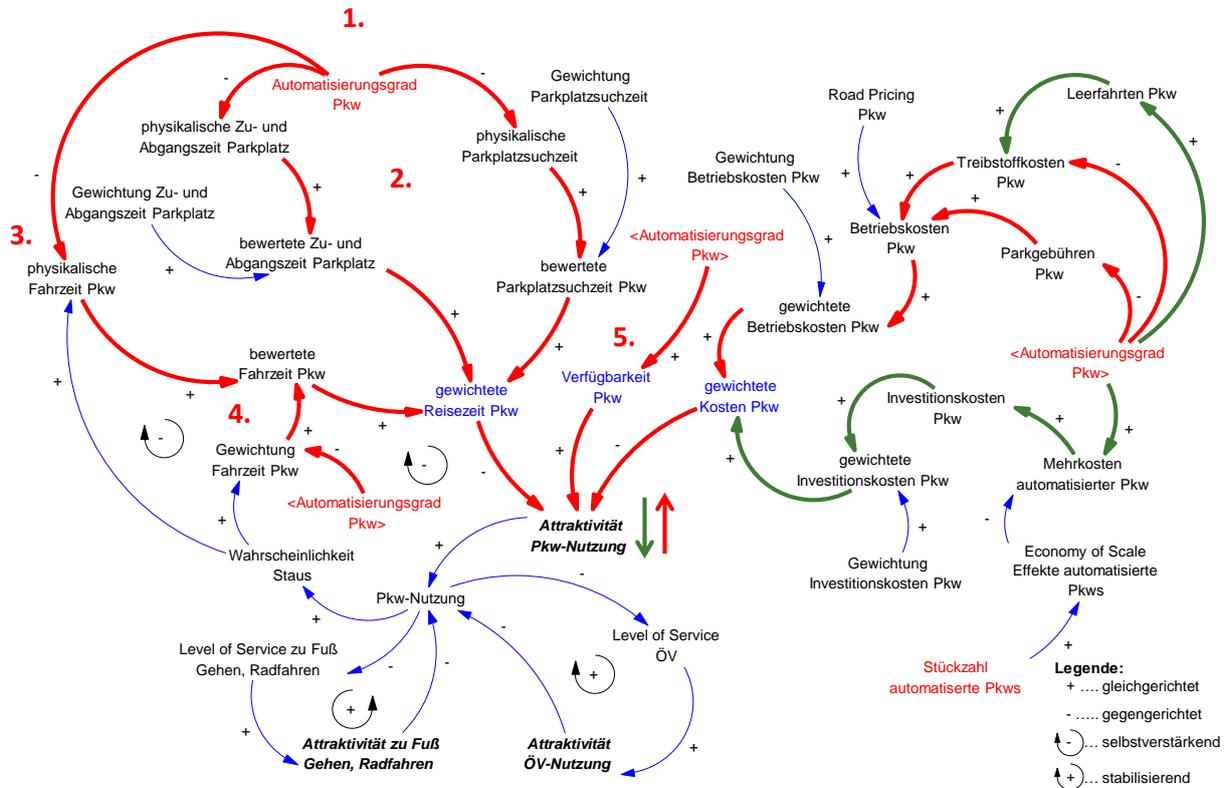
Vor allem am Beginn der Einführung der neuen Technologien erhöhen sich durch die Automatisierung (*Automatisierungsgrad Pkw*) die Herstellungskosten relativ zu konventionellen Fahrzeugen (*Mehrkosten automatisierter Pkw*). Dadurch erhöhen sich der Kaufpreis (*Investitionskosten Pkw*), der wahrgenommene Kaufpreis (*gewichtete Investitionskosten Pkw*) und die wahrgenommene Gesamtkosten (*gewichtete Kosten Pkw*), was wiederum die Attraktivität der Pkw-Nutzung (**Attraktivität Pkw-Nutzung**) verringert.

Bis auf einige der Kostenelemente, die teilweise nur am Beginn der neuen Technologie eine Rolle spielen, erhöhen alle identifizierten Effekte die Attraktivität und damit die Nutzung des Pkws. Beim Einsatz hochautomatisierter Fahrzeuge in Form privater Pkws ist daher von einer Zunahme der Fahrleistungen auszugehen.

⁴ siehe dazu auch Anhang A4

⁵ Für Zustände mit hoher Verkehrsbelastung wird allgemein von einer Erhöhung der Kapazität und einer Reduktion der Fahrzeit ausgegangen. In Perioden mit niedriger Verkehrsbelastung kommen dagegen verschiedene Analysen zu dem Ergebnis, dass sich durch strenge Regeleinhaltung Fahrzeiten verlängern können (vgl. Gruber et al. 2018).

Abbildung 12: Einfluss der Automatisierung auf die Attraktivität der Pkw-Nutzung (Quelle: eigene Darstellung)



4.2.2 Automatisierte Fahrzeuge als Teil des öffentlichen Verkehrs

Auch die Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs hängt ebenfalls von den drei Elementen (Abbildung 13):

- Verfügbarkeit,
- bewertete (gewichtete) Reisezeiten und
- bewertete (gewichtete) Kosten ab.

Die Automatisierung des öffentlichen Verkehrs hat einen Einfluss auf verschiedene Elemente, die diese drei Bereiche beeinflussen. Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) führt zu einem Wegfall der Lohnkosten für Fahrzeuglenkende. Dadurch kann z.B. die Verfügbarkeit in peripheren Bereichen oder die Bedienungshäufigkeit bei gleichen Gesamtkosten erhöht werden. Automatisierte Fahrzeuge ermöglichen z.B. ein bedarfsorientiertes Abholen von zu Hause, etc.

Wird die Automatisierung (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) dazu eingesetzt, bisher unterversorgte Gebiete zu bedienen, erhöht dies die Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrs (*Verfügbarkeit ÖV*), was wiederum die Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs (*Attraktivität ÖV-Nutzung*) erhöht.

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) ermöglicht vor allem zu Schwachlastzeiten und in Gebieten mit geringer Nachfrage eine Erhöhung der Bedienungshäufigkeit (*Frequenz ÖV*). Dadurch verringert sich die Wartezeit an der Haltestelle (*physikalische Wartezeit Haltestelle*) und in weiterer Folge die bewertete Wartezeit (*bewertete Wartezeit Haltestelle*) und die für die Verkehrsmittelwahlentscheidung relevante bewertete Reisezeit (*gewichtete Reisezeit ÖV*). Dadurch erhöht sich schlussendlich die Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs (*Attraktivität ÖV-Nutzung*).

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) ermöglicht durch flexiblere Bedienformen auch eine Verdichtung der Zu- und Abgangspunkte (*physikalische zu- und Abgangszeit Haltestelle*). Dadurch verringert sich die bewertete Zu- und Abgangszeit (*bewertete Zu- und Abgangszeit Haltestelle*) und die für die Verkehrsmittelwahlentscheidung relevante bewertete Reisezeit (*gewichtete Reisezeit ÖV*). Dadurch erhöht sich schlussendlich die Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs (**Attraktivität ÖV-Nutzung**).

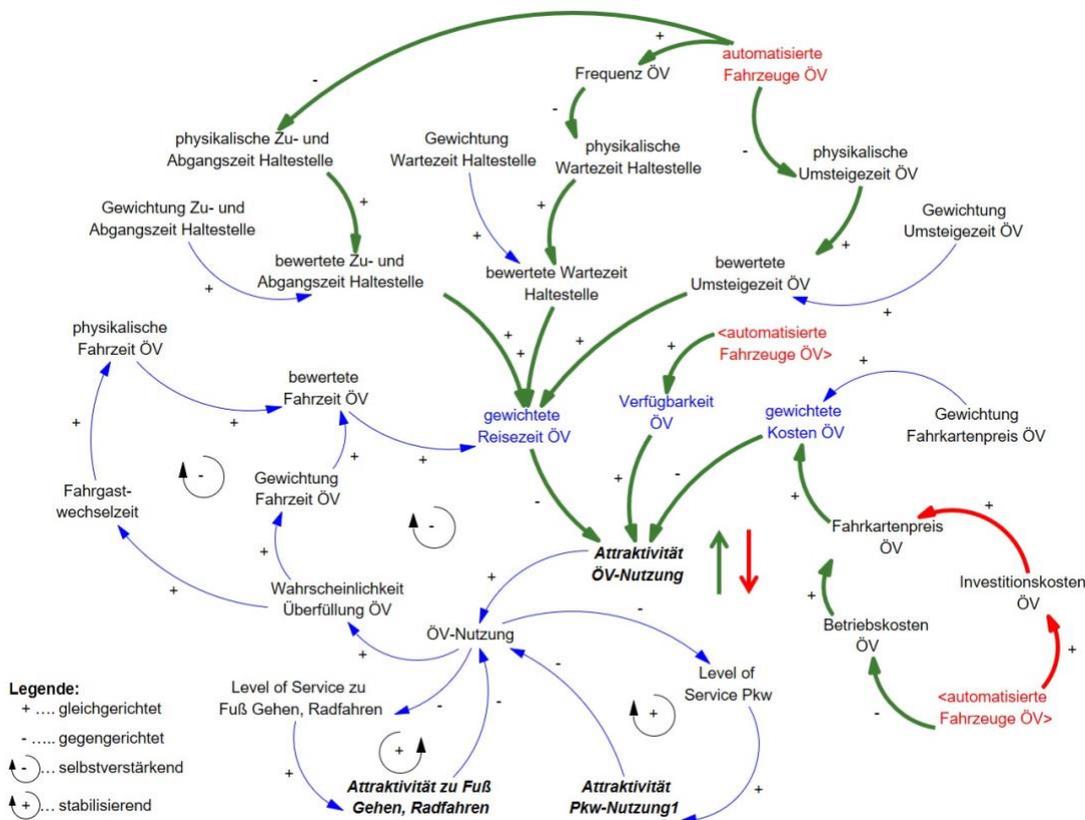
Der Einsatz kleinerer automatisierter Fahrzeuge (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) in Kombination mit flexibleren Bedienformen ermöglicht direktere Verbindungen zwischen Quelle und Ziel und verhindert bzw. reduziert damit Umsteigezeiten (*physikalische zu- und Umsteigezeit ÖV*). Dadurch verringert sich die bewertete Umsteigezeit (*bewertete Umsteigezeit ÖV*) und die für die Verkehrsmittelwahlentscheidung relevante bewertete Reisezeit (*gewichtete Reisezeit ÖV*). Dadurch erhöht sich schlussendlich die Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs (**Attraktivität ÖV-Nutzung**).

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) reduziert die Betriebskosten (*Betriebskosten ÖV*). Diese Reduktion kann entweder in die oben beschriebene Ausweitung des Angebots oder eine Reduktion der Fahrpreise (*Fahrkartenpreis ÖV*) investiert werden. Ein Absenken der Fahrpreise führt zu einer Reduktion der wahrgenommenen Kosten (*gewichtete Kosten ÖV*) und damit dazu, dass die Nutzung des öffentlichen Verkehrs attraktiviert wird (**Attraktivität ÖV-Nutzung**).

Vor allem am Beginn der Einführung der neuen Technologien erhöhen sich durch die Automatisierung (*automatisierte Fahrzeuge ÖV*) die Herstellungskosten und damit die Investitionskosten in neue Fahrzeuge (*Investitionskosten ÖV*). Werden diese auf die KundInnen umgewälzt, erhöht dies die Fahrpreise (*Fahrkartenpreis ÖV*). Eine Erhöhung der Fahrpreise führt zu einer Erhöhung der wahrgenommenen Kosten (*gewichtete Kosten ÖV*) und damit zu einer niedrigeren Attraktivität der Nutzung des öffentlichen Verkehrs (**Attraktivität ÖV-Nutzung**).

Bis auf die, zumindest zu Beginn, höheren Investitionskosten erhöhen alle identifizierten Effekte einer Automatisierung der Fahrzeugflotte die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs. D.h. beim Einsatz hochautomatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr ist von einer Abnahme der Fahrleistungen im motorisierten Individualverkehr auszugehen.

Abbildung 13: Einfluss der Automatisierung auf die Attraktivität der ÖV-Nutzung (Quelle: eigene Darstellung)



4.3. Adaptierung des MARS-Modells

Ausgangspunkt der Adaptierung des Modells MARS war die für das österreichische Umweltbundesamt entwickelte Modellversion MARS-Austria 2.4. Die folgenden Ausführungen betreffen die daraus resultierende Modellversion „MARS-SAFiP v1.1“ (Datei „mars-at-safip-v1_1.mdl“).

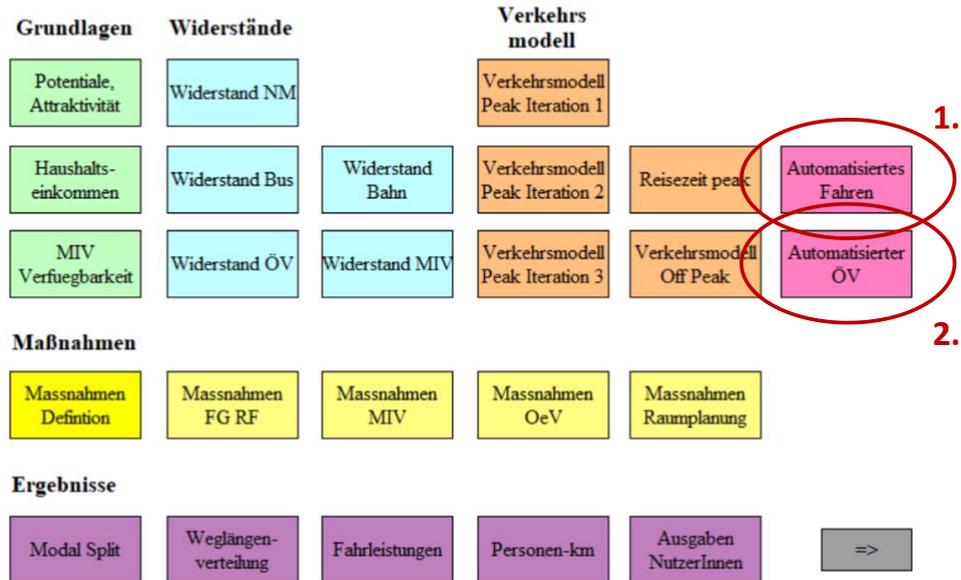
Das Interface zur Definition der verschiedenen Hintergrundszenarien und Szenarien des automatisierten Fahrens befindet sich in der Datei „mars-safip-daten.xls“ im Tabellenblatt „Szenarien“ (Abbildung 14). Die Dateneingabe gliedert sich in die Bereiche Hintergrundszenarien (Zeilen 1 bis 7) und Elemente des automatisierten Fahrens, welche Einfluss auf die Verkehrsnachfrage haben (ab Zeile 9). In den orange bzw. grün markierten Zellen in Spalte B können verschiedene Szenarien aus Drop Down Listen ausgewählt werden. Durch die Auswahl der Szenarien werden die entsprechenden Ausprägungen der relevanten Merkmale in den relevanten Tabellenblättern eingestellt. Zusätzlich notwendige numerische Merkmale zur Szenariodefinition sind im Tabellenblatt „Szenarien“ in Gruppen zusammengefasst und können am linken Rand mit den Symbolen „+“ und „-“ sichtbar bzw. unsichtbar geschaltet werden.

Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit können komplexe Modelle können in Vensim® auf mehrere Ansichten („Views“) aufgeteilt werden. Das Modell „MARS-SAFiP 1.1“ verfügt über eine View „User Interface“ (Abbildung 15). Die farbig markierten Rechtecke funktionieren als „Push-Buttons“, mit denen zu den entsprechenden anderen Views navigiert werden kann. Alle für die Szenarien des individuellen automatisierten Fahrens notwendigen Daten und Variablen sind in einer View „Automatisiertes Fahren“ zusammengefasst. Vom User Interface kann mit dem Push Button „Automatisiertes Fahren“ („1.“ in Abbildung 15) zu dieser View navigiert werden. Die für die Szenarien des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr notwendigen Daten und Variablen sind in einer View „Automatisierter OeV“ („2.“ in Abbildung 15) kann zu dieser View navigiert werden.

Abbildung 14: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Datei „mars-safip-daten.xls“ (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B
1	Hintergrundsznarien	
2	Pkw-Flotte	WEM
3	E-Pkw Anteil	WEM
4	Treibstoffkosten	hoch
5	spezifischer Verbrauch konventionelle Pkws	WEM
6	EinwohnerInnen	OeROK
7	Mineralölsteuer	BAU
8		
9	Automatisiertes Fahren	
10	Individuelle Fahrzeuge	
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	Keine Automatisierung
12	Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU
13	Bewertung der Fahrzeit	BAU
16	Einfluss auf Fahrzeit	BAU
25		
26	Erschließung neuer NutzerInnengruppen	BAU
38		
39	Öffentlicher Verkehr	
40	Zubringer letzte Meile	BAU
53		

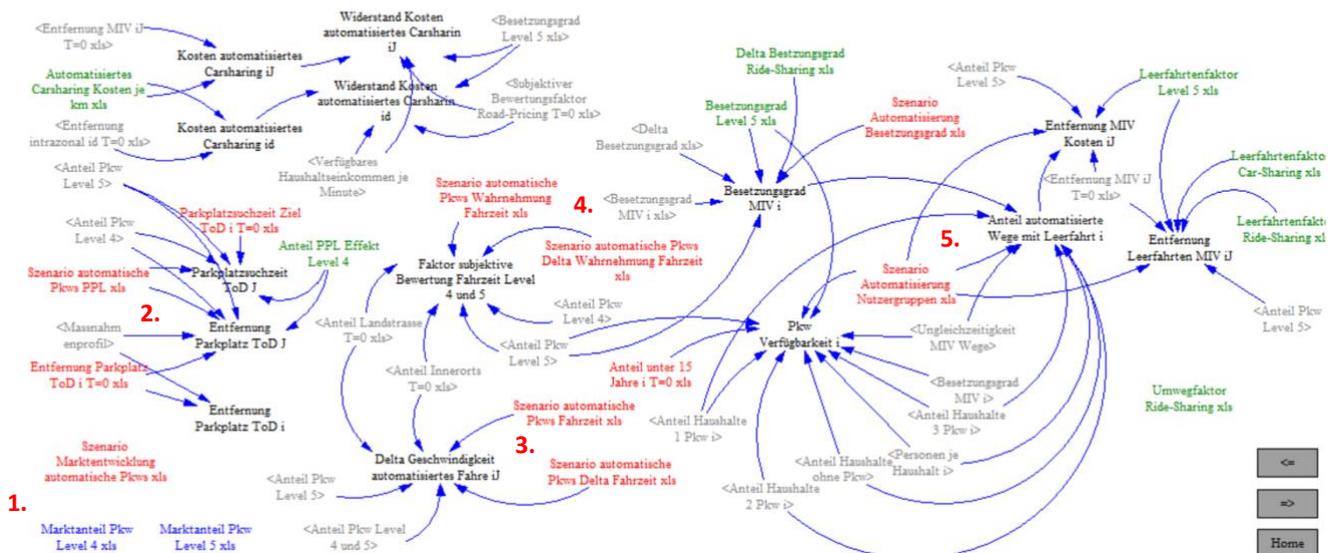
Abbildung 15: Screenshot View „User Interface“ MARS-SAFIP Version 1.1 in Vensim® (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.1 Privat-Pkws und Car Sharing

In diesem Kapitel wird die Modellierung der einzelnen in der qualitativen Analyse (siehe Kapitel 4.2.1) identifizierten Einflüsse automatisierter Privat- und Car Sharing-Pkws beschrieben. Abbildung 16 zeigt einen Screenshot der View „Automatisiertes Fahren“. Die roten Zahlen von 1. bis 5. entsprechen dabei denen der qualitativen Analyse (siehe Abbildung 12). In den folgenden Unterkapiteln wird die quantitative Modellierung dieser einzelnen, in Kapitel 4.2.1 identifizierten Elemente des Einflusses automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrsnachfrage im Detail beschrieben.

Abbildung 16: Screenshot View „Automatisiertes Fahren“ MARS-SAFIP Version 1.1 in Vensim® (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.2 Marktanteile hoch automatisierter Fahrzeuge

Die im Rahmen des Projekts SAFiP verfügbaren Ressourcen reichten nicht aus, um die Entwicklung der für hochautomatisierte Fahrzeuge notwendigen Technologien und deren Marktakzeptanz modellintern abzubilden. In der derzeitigen Modellversion 1.1 wird deshalb die Entwicklung der Marktanteile von Level 4 und 5 Fahrzeugen als externe Szenario-Variable eingelesen. Die Annahmen über die zeitliche Entwicklung der Marktanteile beruhen auf den Ergebnissen der Literaturrecherche (siehe Anhang A4) und werden mit Hilfe eines Stock-Flow-Modells in Flottenanteile umgerechnet.

Die Auswahl des gewählten Szenarios bzw. der Annahmen für die Marktanteile erfolgt im Tabellenblatt „Szenarien“ in Zelle B11 (Abbildung 17). Es können sechs verschiedene Szenarien ausgewählt werden: „Keine Automatisierung“, das sogenannte „High disruption scenario“ einer McKinsey Studie als Maximalwert (vgl. McKinsey&Company 2016) und die vier im Projekt SAFiP entwickelten und in Kapitel 3 beschriebenen Szenarien. Die entsprechenden Szenario-Daten sind im Tabellenblatt „AutomatisierteKfz“ gespeichert und werden bei Auswahl eines Szenarios im Tabellenblatt „Szenarien“ in Zelle B11 geladen.

Die einzelnen Szenarien können jeweils aus einer Drop-down Liste ausgewählt werden.

Abbildung 17: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien der Entwicklung des Marktanteils hochautomatisierter Fahrzeuge (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C
9	Automatisiertes Fahren		
10	Individuelle Fahrzeuge		
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	High disruption scenario	1
12	Wegfall Parkplatzsuche und Zu- und Abgangswege	Keine Automatisierung	0
13	Bewertung der Fahrzeit	High disruption scenario	0
14	Ausmaß	SAFiP 2030 - 1	ndbreite -5%
15		SAFiP 2030 - 2	
16		SAFiP 2030 - 3	
16	Einfluss auf Fahrzeit	SAFiP 2050 - 4	0
17	Peak	BAU	

Zur Definition der Szenarien der Marktanteile hoch automatisierter Fahrzeuge werden aus dem Tabellenblatt „AutomatisierteKfz“ des Datenfiles „Datei „mars-safip-daten.xls“ Zeitreihen der Marktanteile von Level 4 und Level 5 Fahrzeugen eingelesen (siehe Abbildung 18, Elemente „Marktanteil Pkw Level 4 xls“ und „Marktanteil Pkw Level 5 xls“). Diese werden in der View „MIV Verfügbarkeit“ mit Hilfe von Stock-Flow-Modellen (A.) in jährliche Flottenanteile umgerechnet (Abbildung 19).

Da Vensim® keine String-Variablen importieren kann, können die Szenarionamen nicht direkt eingelesen werden. Deshalb werden den Szenarien zusätzlich Zahlenwerte zugeordnet und importiert (siehe Abbildung 18, Element „Szenario Marktentwicklung automatische Pkws xls“), um diese in den Ergebnisdateien direkt und eindeutig identifizieren zu können. Die Zuordnung ist:

- „Keine Automatisierung“ = 0
- „High disruption scenario“ = 1
- „SAFiP 2030 – 1“ = 2
- „SAFiP 2030 – 2“ = 3
- „SAFiP 2030 – 3“ = 4 und
- „SAFiP 2050 – 4“ = 5.

Abbildung 18: Screenshot View „Automatisiertes Fahren“ MARS-SAFiP Version 1.1 in Vensim® - Element 1. Marktanteile hoch automatisierter Fahrzeuge (Quelle: eigene Darstellung)

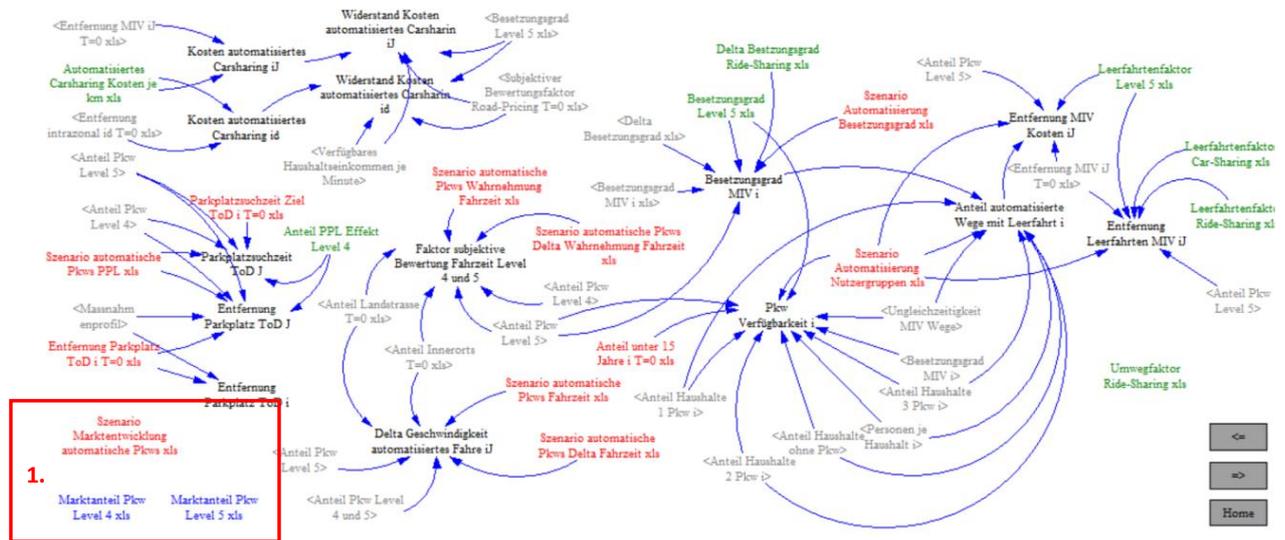
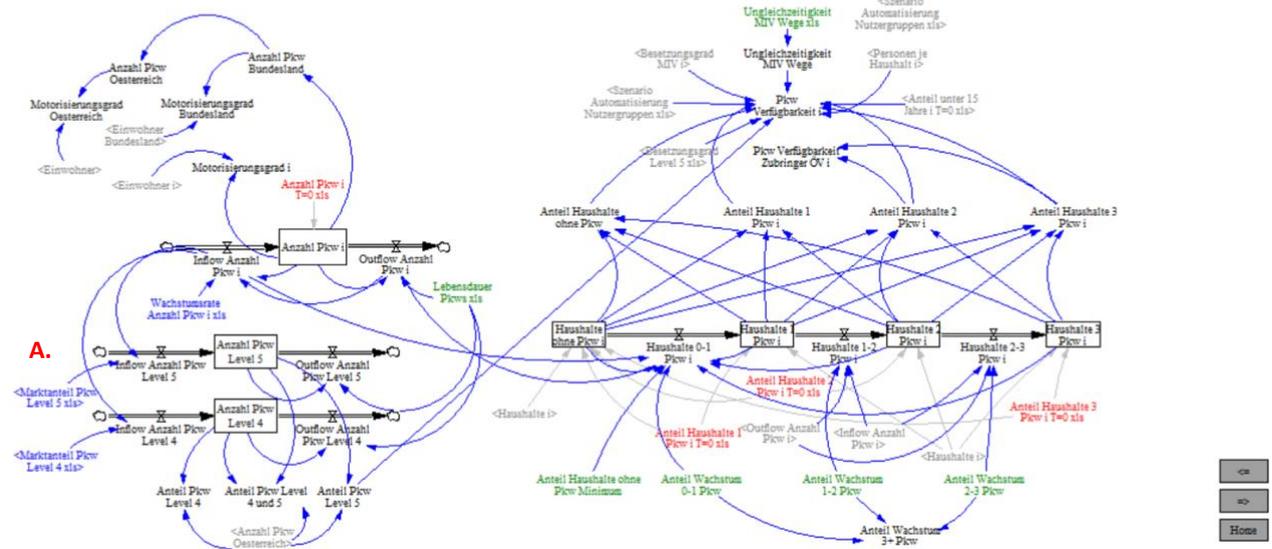


Abbildung 19: Screenshot View „MIV Verfügbarkeit“ MARS-SAFiP Version 1.1 in Vensim® (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.3 Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege

Die Szenarien bzw. Annahmen bezüglich der Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege können mit Hilfe der Zelle B12 im Tabellenblatt „Szenarien“ aus einer Drop-down Liste ausgewählt werden (Abbildung 20). Es können die drei folgenden Szenarien eingestellt werden:

- **Business as Usual (BAU):** Keine Änderung der Parkplatzsuche und der Länge der Abgangswege, d.h. auch mit individuellen automatisierten Fahrzeugen muss in der Nähe des Zielorts ein Parkplatz gefunden und von diesem zu Fuß zum eigentlichen Ziel gegangen werden.

- **Level 5:** Automatisierten Fahrzeuge auf Level 5 können direkt am Ziel verlassen werden, d.h. es entfällt sowohl die Parkplatzsuche als auch der Abgangsweg. Die Fahrzeuge suchen sich nach Aussteigen der Passagiere selbständig einen Ort zum Parken. Die derzeitige Annahme ist, dass die bis zum Finden eines geeigneten Parkstandes zurückgelegte Entfernung in etwa gleich lang wie die davor bei der Parkplatzsuche zurückgelegte Distanz ist. Effekte der zunehmenden Digitalisierung, welche zu einer Verkürzung der Distanzen führen können (z.B. Vorab-Reservierung), werden derzeit nicht berücksichtigt.
- **Level 4 & 5:** Automatisierten Fahrzeuge auf Level 4 und Level 5 können direkt am Ziel verlassen werden. Bei Level 5 Fahrzeugen entfällt sowohl die Parkplatzsuche als auch der Abgangsweg vollständig. Bei Level 4-Fahrzeugen entfallen diese nicht vollständig. Die derzeitige Annahme ist, dass sich Parkplatzsuche und Abgangsweg halbieren. Die Fahrzeuge suchen sich nach Aussteigen der Passagiere selbständig einen Ort zum Parken. Die derzeitige Annahme ist, dass die bis zum Finden eines geeigneten Parkstandes zurückgelegte Entfernung in etwa gleich lang wie die davor bei der Parkplatzsuche zurückgelegte Distanz ist. Effekte der zunehmenden Digitalisierung, welche zu einer Verkürzung der Distanzen führen können (z.B. Vorab-Reservierung), werden derzeit nicht berücksichtigt.

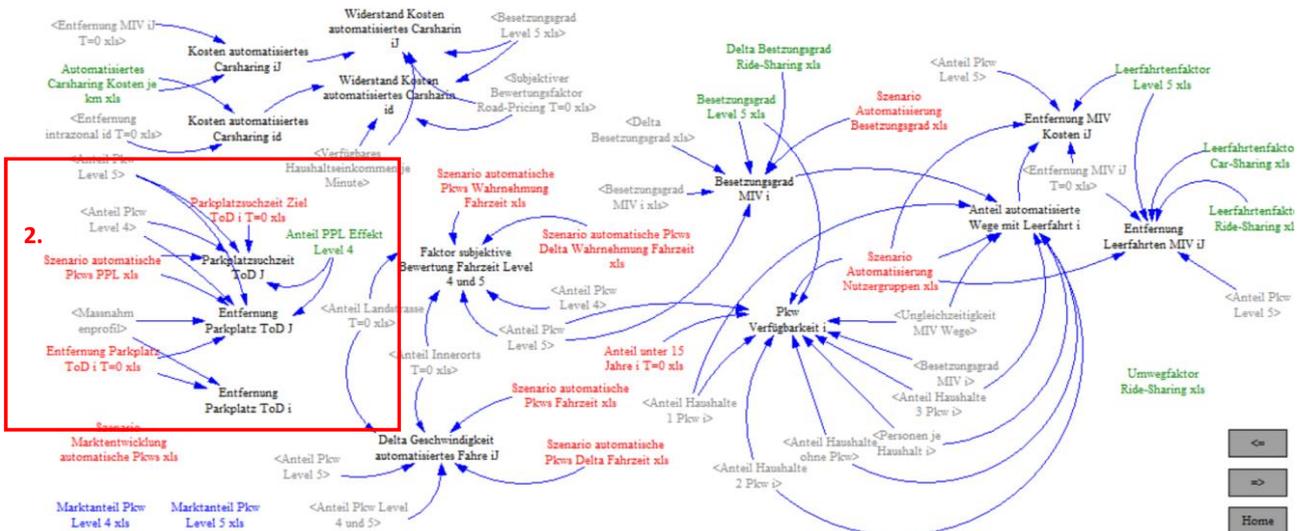
Abbildung 20: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien zur Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C
9	Automatisiertes Fahren		
10	Individuelle Fahrzeuge		
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	High disruption scenario	1
12	Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU	0
13	Bewertung der Fahrzeit	BAU	0
14	Ausmaß	Level 5 Level 4 & 5	ndbreite -5
15			

Der mit dem ausgewählten Szenario verknüpfte Zahlenwert (0 = BAU, 1 = Level 5, 2 = Level 4 & 5) wird in Vensim® in der View „Automatisiertes Fahren“ in Form der Variable „Szenario automatische Pkws PPL xls“ als Schalter eingelesen (Abbildung 21). Dieser Schalter beeinflusst die Parkplatzsuchzeit am Ziel („Parkplatzsuchzeit ToD J“) und die Länge des Abgangsweges am Ziel („Entfernung Parkplatz ToD J“). Der reduzierte Effekt von Level 4-Fahrzeugen im Vergleich zu Level 5 Fahrzeugen kann über den Parameter „Anteil PPL Effekt Level 4“ eingestellt werden. Mit Hilfe der Flottenanteile der automatisierten Fahrzeuge („<Anteil Pkw Level 5>“ und „<Anteil Pkw Level 5>“⁶) werden Durchschnittswerte für die Gesamtflotte berechnet.

⁶ Hellgraue Variablen in Klammer <> kennzeichnen sogenannte „Shadow Variablen“. Mit diesen kann auf Variablen, die in anderen Views definiert wurden, verwiesen werden.

Abbildung 21: Screenshot View „Automatisiertes Fahren“ MARS-SAFiP Version 1.1. in Vensim® - Szenarien zur Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.4 Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit

Die Szenarien bzw. Annahmen bezüglich der Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge auf die Geschwindigkeit und Fahrzeit können mit Hilfe der Zelle B16 im Tabellenblatt „Szenarien“ aus einer Drop-down Liste ausgewählt werden (Abbildung 22). Es stehen die folgenden zwei Szenarien zur Verfügung:

- **Business as Usual (BAU):** Keine Änderung der Kapazität und der Fahrzeit durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge, d.h. die Straßenkapazität ist unabhängig vom Anteil individueller automatisierter Fahrzeuge und die individuellen automatisierten Fahrzeuge fahren gleich schnell wie manuell gelenkte.
- **Fahrzeit:** Die durchschnittliche Geschwindigkeit erhöht oder verringert sich durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge je nach Auslastung und Straßentyp.

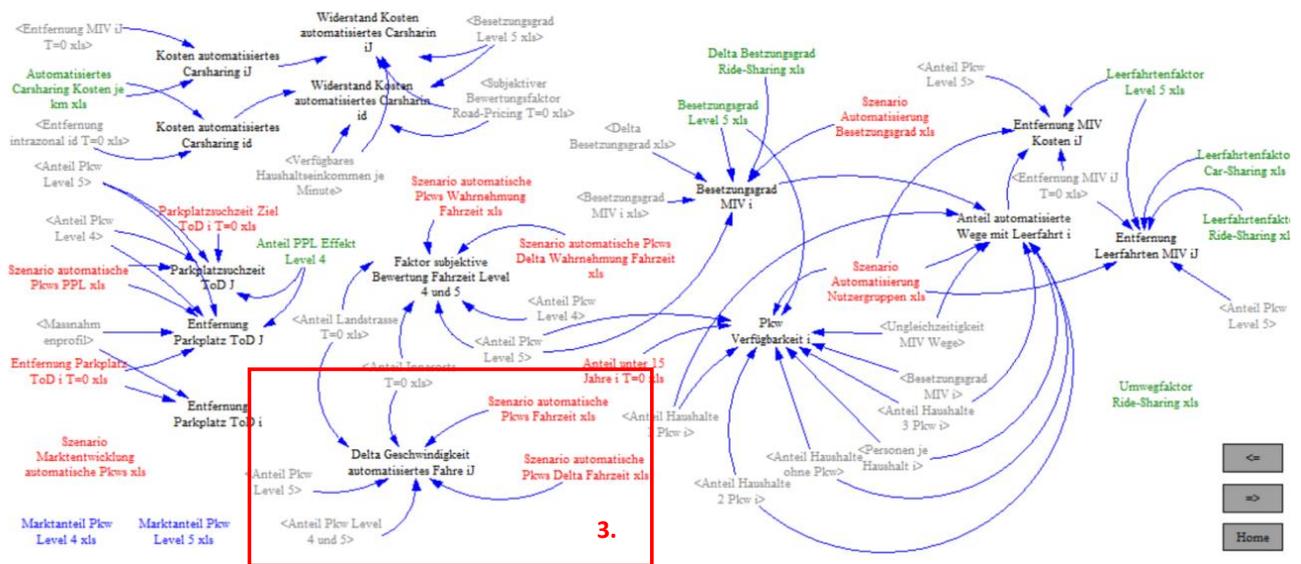
Die Ausprägung des Einflusses eines 100%-Anteils von Level 5 Fahrzeugen auf die Fahrzeit kann in den Zellen B18-B20 und B22-B24 in Abhängigkeit von Auslastung (Spitzenzeit, außerhalb der Spitzenzeit) und Straßentyp (innerorts, außerorts, Autobahnen und Schnellstraßen) definiert werden. Die derzeit verwendeten Zahlenwerte stammen aus dem Projekt AUTO-NOM (vgl. Gruber et al. 2018). Siehe dazu auch Anhang A4.

Abbildung 22: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien zur Erhöhung der Straßenkapazität bzw. Veränderung der Fahrgeschwindigkeit (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C	D
9	Automatisiertes Fahren			
10	Individuelle Fahrzeuge			
16	Einfluss auf Fahrzeit	BAU		0
17	Peak	BAU		
18	innerorts	Fahrzeit		-5% (Gruber et al 2018) S. 46f
19	außerorts			-10%
20	A+S			-15%
21	Off Peak			
22	innerorts			+7%
23	außerorts			+5%
24	A+S			+13%

Der mit dem ausgewählten Szenario verknüpfte Zahlenwert (BAU = 0, Fahrzeit = 1) wird in Vensim® in der View „Automatisiertes Fahren“ in Form der Variable „**Szenario automatische Pkws Fahrzeit xls**“ als Schalter eingelesen (Abbildung 23). Die Stärke des Effekts wird als Variable „**Szenario automatische Pkws Delta Wahrnehmung Fahrzeit xls**“ unterschieden nach Tageszeit (Spitzenzeit, außerhalb der Spitzenzeit) und Straßentyp (innerorts, außerorts, Autobahnen und Schnellstraßen) eingelesen. Mit Hilfe dieser Variablen und des Anteils der Level 4- und 5-Fahrzeuge in der Fahrzeugflotte („<Anteil Pkw Level 5>“ und „<Anteil Pkw Level 4 und 5>“) und des Anteils der Straßenkategorien („<Anteil Landstrasse T=0 xls>“ und „<Anteil Innerorts T=0 xls>“) werden die entsprechenden Veränderungen der Durchschnittsgeschwindigkeit je Tageszeit und Quell-Ziel-Paar („Delta Geschwindigkeit automatisiertes Fahren ij“) berechnet.

Abbildung 23: Screenshot View „Automatisiertes Fahren“ MARS-SAFiP Version 1.1 in Vensim® - Szenarien zur Veränderung der Fahrzeit (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.5 Bewertung der Fahrzeit

Die Szenarien bzw. Annahmen bezüglich der Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit können mit Hilfe der Zelle B13 im Tabellenblatt „Szenarien“ aus einer Drop-down-Liste ausgewählt werden (Abbildung 24). Hintergrund dieses Elements ist, dass die Zeit im Fahrzeug für andere Aktivitäten genutzt werden kann und dadurch deren Gewichtung in der Ziel- und Verkehrsmittelwahl sinkt. Derzeit kann aus den folgenden vier Szenarien ausgewählt werden:

- **Business as Usual (BAU):** Keine Änderung der Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit, d.h. die Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit ist unabhängig davon ob ein automatisiertes oder konventionelles Fahrzeug verwendet wird.
- **Alle Straßen:** Reduzierte Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit auf allen Straßenarten.
- **Autobahn & Bundesstraße:** Reduzierte Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit nur auf Autobahnen und außerorts.
- **Autobahn:** Reduzierte Bewertung der im Fahrzeug verbrachten Zeit nur auf Autobahnen.

Die Größenordnung der Reduktion der Bewertung der Fahrzeit durch automatisiertes Fahren kann in den Zellen B14 und B15 für Level 4 und 5 Fahrzeuge definiert werden (Abbildung 25). Die Anwendenden des Modells können einen beliebigen innerhalb der Bandbreite minus fünf bis minus 100 Prozent liegenden Wert auswählen. In der Literatur wird die Bandbreite mit minus fünf bis minus 50 Prozent angegeben (siehe Anhang A4). In den Sensitivitätstests wurde ein Wert von minus 50 Prozent verwendet (Anhang A5). In der Modellierung der vier im Projekt SAFiP entwickelten und in Kapitel 3 beschriebenen

Szenarien wurde in Absprache mit Vertretern des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie⁷ ein Wert von minus 20 Prozent verwendet (siehe Kapitel 4.4)

Abbildung 24: Screenshot Tabellenblatt „Scenarios“ - Einstellung der Szenarien zur Veränderung der Bewertung der Fahrzeit (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C
9	Automatisiertes Fahren		
10	Individuelle Fahrzeuge		
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	High disruption scenario	1
12	Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU	0
13	Bewertung der Fahrzeit	BAU	0
14	Ausmaß	BAU	Bandbreite -5
15		Alle Straßen	
16	Einfluss auf Fahrzeit	Autobahn & Bundesstr. Autobahn	0

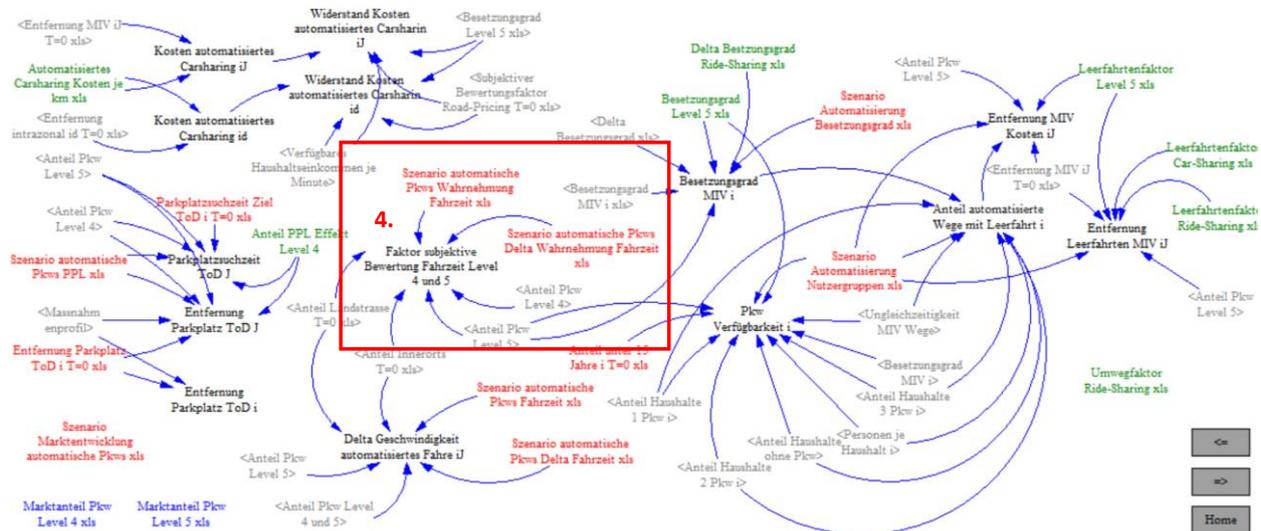
Abbildung 25: Screenshot Tabellenblatt „Scenarios“ - Einstellung der Größenordnung Veränderung der Bewertung der Fahrzeit (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C	D
8				
9	Automatisiertes Fahren			
10	Individuelle Fahrzeuge			
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	Keine Automatisierung	0	
12	Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU	0	
13	Bewertung der Fahrzeit	BAU	0	
14	Ausmaß: Level 5		-50% Bandbreite -5% bis -50%	
15	Level 4		-25% (Wadud et al 2016)	
16	Einfluss auf Fahrzeit	BAU	0	
25				
26	Erschließung neuer NutzerInnengruppen	BAU	0	

Der mit dem ausgewählten Szenario verknüpfte Zahlenwert (BAU = 0, Alle Straßen = 1, Autobahn & Bundesstr. = 2 und Autobahn = 3) wird in Vensim® in der View „Automatisiertes Fahren“ in Form der Variablen „Szenario automatische Pkws Wahrnehmung Fahrzeit xls“ als Schalter eingelesen (Abbildung 26). Die Stärke des Effekts wird als Variable „Szenario automatische Pkws Delta Wahrnehmung Fahrzeit xls“ eingelesen. Mit Hilfe dieser Variablen und dem Anteil der Level 4- und 5-Fahrzeuge in der Fahrzeugflotte („<Anteil Pkw Level 4>“ und „<Anteil Pkw Level 5>“) und dem Anteil der Straßenkategorien („<Anteil Landstrasse T=0 xls>“ und „<Anteil Innerorts T=0 xls>“) werden für jedes Quell-Ziel-Paar die entsprechenden Gewichtungen („Faktor subjektive Bewertung Fahrzeit Level 4 und 5“) berechnet.

⁷ Meeting am 23.1.2019.

Abbildung 26: Screenshot View „Automatisiertes Fahren“ MARS-SAFiP Version 1.1 in Vensim® - Szenarien zur Reduktion der Bewertung der Fahrzeit (Quelle: eigene Darstellung)



4.3.6 Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen

Die Szenarien bzw. Annahmen bezüglich des Nutzungsmodells und der Erschließung neuer NutzerInnengruppen können mit Hilfe der Zelle B26 im Tabellenblatt „Szenarien“ aus einer Drop-down Liste ausgewählt werden (Abbildung 27). Derzeit können vier Szenarien eingestellt werden:

- **Business as Usual (BAU):** Keine Änderung der Verfügbarkeit, d.h. die Nutzung bleibt wie bei nicht automatisierten Kraftfahrzeugen an die Fahrzeugverfügbarkeit im Haushalt, ein Mindestalter und den Erwerb einer entsprechenden Lenkberechtigung geknüpft.
- **Individuelle Automatisierung:** Automatisierte Fahrzeuge werden weiterhin in Form privater Kraftfahrzeuge genutzt. Die Nutzung ohne Begleitung ist an ein Mindestalter von 15 Jahren gebunden. Es ist dafür aber keine Lenkberechtigung notwendig. Alle Personen ab 15 Jahre, die in einem Haushalt mit einem individuellen automatisierten Fahrzeug wohnen, können dieses selbständig für ihre Wege nutzen.
- **Kollektive ohne Ride Sharing:** Automatisierte Fahrzeuge werden gemeinschaftlich, in einer Form ähnlich dem heutigen Free-Floating Car Sharing genutzt⁸. In diesem Szenario erhalten ausnahmslos alle Personen ab einem Alter von 15 Jahren Zugang zur selbständigen Nutzung der individuellen automatisierten Fahrzeuge.
- **Kollektive mit Ride Sharing:** Automatisierte Fahrzeuge werden gemeinschaftlich, in einer Form ähnlich dem heutigen Free-Floating Car Sharing plus einer Ride Sharing Komponente genutzt⁸. In diesem Szenario erhalten ausnahmslos alle Personen ab einem Alter von 15 Jahren Zugang zur selbständigen Nutzung der individuellen automatisierten Fahrzeuge, nutzen diese aber auch gemeinsam mit fremden Personen. Durch die gemeinschaftliche Nutzung steigt der Besetzungsgrad, es müssen aber gewisse Umwege in Kauf genommen werden.

⁸ **Anmerkung:** Im Projekt SAFiP wird nicht modelliert durch welche Maßnahmen, Politiken oder Einstellungsveränderungen der Wechsel vom Fahrzeugbesitz hin zu gemeinsam genutzten Fahrzeugen entsteht. Die Transformation ist vielmehr ein extern angenommenes Szenario.

Abbildung 27: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien zum Nutzungsmodell und zur Erschließung neuer NutzerInnengruppen (Quelle: eigene Darstellung)

1	2	A	B	C	D
9		Automatisiertes Fahren			
10		Individuelle Fahrzeuge			
11		Markanteile automatisierte Fahrzeuge	Keine Automatisierung	0	
12		Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU	0	
13		Bewertung der Fahrzeit	BAU	0	
16		Einfluss auf Fahrzeit	BAU	0	
25					
26		Erschließung neuer NutzerInnengruppen	BAU	0	
27		Leerfahrtenfaktor individuelle Kfz	BAU	Annahme: 0-100%	
28			Individuelle Automatisierung		
29		Effekt Besetzungsgrad	Kollektive ohne Ridesharing	0	
30		Besetzungsgrad automatisierte Kfz		1.05 Annahme, dass nur mehr Ki	
31					
32		Kosten automatisiertes Car-Sharing		0.55 Annahme: 0.3 - 0.8 Euro/km	
33		Umnutzung öffentlicher Raum: FG & RF Attr.		+25% Annahme: 0-100%	
34		Leerfahrten Car-Sharing		+5% (Martin and Shaheen 2016)	
35		Leerfahrten Ride-Sharing		+5% (Martin and Shaheen 2016)	
36		Umwegfaktor Ride-Sharing		+5% (Becker 2016): +15%	
37		Delta Besetzungsgrad Ridesharing		+20% Annahme: 0-100%	

Die Ressourcen des Projekts SAFiP reichten nicht aus, die Voraussetzungen für eine Transformation hin zu einer kollektiven Nutzung automatisierter Pkws in Form von Car Sharing mit oder ohne Ride Sharing als internes Modell abzubilden. Es wurden stattdessen Szenarien verwendet, in welchen angenommen wurde, dass jedes neu in die Fahrzeugflotte kommende automatisierte Fahrzeug auf Level 4 oder 5 ein Car Sharing Fahrzeug ist und dafür ein Privat-Pkw die Flotte verlässt.

Für die verschiedenen Szenarien bzw. Annahmen müssen noch einige zusätzliche Parameter definiert werden. Es wird z.B. davon ausgegangen, dass der Besetzungsgrad durch die Verwendung automatisierter Fahrzeuge sinken wird. Der reduzierte Besetzungsgrad wird in Zelle B30 definiert (Abbildung 28). Der angenommene Wert orientiert sich daran, dass nur mehr Kinder unter 15 Jahre in Begleitung fahren. Für das Szenario **Individuelle Automatisierung** muss der Anteil der Leerfahrten definiert werden, der z.B. dadurch entsteht, dass Fahrzeuge selbständig einen Parkplatz suchen oder selbständig für die Nutzung durch ein anderes Haushaltsmitglied nach Hause zurückfahren (Zelle B27). Da reale Erfahrungswerte und Angaben aus der Literatur fehlen, wurde der Wert vom Projektteam mit plus zehn Prozent angenommen. Für die beiden Szenarien **Kollektive ohne und mit Ride Sharing** müssen die je Kfz-km anfallenden Kosten in Zelle B32 definiert werden. Die wählbare Bandbreite wurde mit 0.3 bis 0.8 Euro/km festgelegt (für den Hintergrund dieser Annahmen siehe auch Anhang A4). Außerdem kann für die beiden Szenarien festgelegt werden, ob und mit welcher Ausprägung der durch die niedrigere Gesamtzahl an Fahrzeugen freierwerdende Raum für das zu Fuß Gehen und Radfahren umgewidmet wird (Zelle B33)⁹. Für das Szenario **Kollektive ohne Ride Sharing** kann ein Anteil an Leerfahrten zur Wartung und Umverteilung der Fahrzeuge festgelegt werden (Zelle B34). Die diesbezüglichen Annahmen orientieren sich an Angaben aus der Literatur für existierende Free-Floating Car Sharing Angebote (vgl. Martin & Shaheen 2016). Für das Szenario **Kollektive mit Ride Sharing** muss der Anteil an Leerfahrten zur Wartung und Umverteilung der Fahrzeuge (Zelle B35), der Umwegfaktor durch die gemeinsame Nutzung (Zelle B35) und die Änderung des Besetzungsgrads durch die gemeinsame Nutzung (Zelle B36) definiert werden.

⁹ Im Falle einer gemeinschaftlichen Nutzung automatisierter Fahrzeuge (Car-Sharing, Ride-Sharing) werden deutlich weniger Fahrzeuge zur Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse benötigt als bei privat genutzten Fahrzeugen. Dadurch werden zuvor von abgestellten Fahrzeugen benutzte Flächen im öffentlichen Raum frei. Diese können für eine attraktive Gestaltung des öffentlichen Raums das zu Fuß Gehen und Radfahren genutzt werden. Im Modell MARS SAFiP-AT v1.1 wurde angenommen, dass sich durch eine derartige Umwidmung die Gewichtung der Reisezeit durch die FußgängerInnen und RadfahrerInnen um ein Viertel verringert.

Abbildung 28: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien zum Nutzungsmodell und zur Erschließung neuer NutzerInnengruppen – Parameterwerte (Quelle: eigene Darstellung)

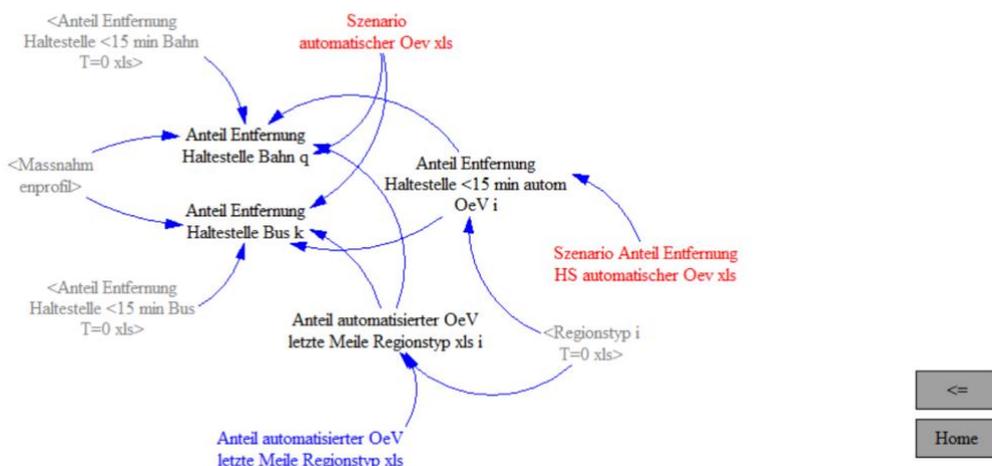
	A	B	C	D
9	Automatisiertes Fahren			
10	Individuelle Fahrzeuge			
11	Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	Keine Automatisierung	0	
12	Wegfall Parkplatzsuche und Abgangswege	BAU	0	
13	Bewertung der Fahrzeit	BAU	0	
16	Einfluss auf Fahrzeit	BAU	0	
25				
26	Erschließung neuer NutzerInnengruppen	BAU	0	
27	Leerfahrtenfaktor individuelle Kfz		+10%	Annahme: 0-100%
28				
29	Effekt Besetzungsgrad	BAU	0	
30	Besetzungsgrad automatisierte Kfz		1.05	Annahme, dass nur mehr Ki
31				
32	Kosten automatisiertes Car-Sharing		0.55	Annahme: 0.3 - 0.8 Euro/kn
33	Umnutzung öffentlicher Raum: FG & RF Attr.		+25%	Annahme: 0-100%
34	Leerfahrten Car-Sharing		+5%	(Martin and Shaheen 2016)
35	Leerfahrten Ride-Sharing		+5%	(Martin and Shaheen 2016)
36	Umwegfaktor Ride-Sharing		+5%	(Becker 2016): +15%
37	Delta Besetzungsgrad Ridesharing		+20%	Annahme: 0-100%

4.3.7 Automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des ÖV

In Vensim® sind alle für die Szenarien bzw. Annahmen des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr notwendigen Daten und Variablen in einer View „Automatisierter ÖV“ zusammengefasst. Vom User Interface kann mit einem Push Button („2.“ In Abbildung 15) zu dieser View navigiert werden. Abbildung 29 zeigt einen Screenshot der View „Automatisierter ÖV“. In den folgenden Abschnitten wird die Modellierung der Einflüsse des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr auf die Verkehrsnachfrage im Detail beschrieben.

Die Modellierung der Automatisierung des öffentlichen Verkehrs beschränkt sich in der Modellversion MARS-SAFiP Version 1.1 auf den Einsatz automatisierter (Klein-)Fahrzeuge zum Schließen bzw. Verringern der Lücke auf der letzten Meile. Von den in der qualitativen Analyse identifizierten Einflüssen (siehe Kapitel 4.2.2) sind dadurch die räumliche Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrsangebots und die Länge der Zu- und Abgangswege zu den Haltestellen betroffen.

Abbildung 29: Screenshot View „Automatisierter ÖV“ MARS-SAFiP Version 1.1 in Vensim® (Quelle: eigene Darstellung)



Die Szenarien bzw. Annahmen bezüglich des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs können mit Hilfe der Zelle B40 im Tabellenblatt „Szenarien“ eingestellt werden (Abbildung 30). Derzeit können sechs Szenarien eingestellt werden:

- **BAU:** Keine Änderung der Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs auf der letzten Meile.
- **AV letzte Meile:** Automatisierte Fahrzeuge werden auf der letzten Meile als Zubringer zu den Haltestellen des hochrangigen öffentlichen Verkehrs eingesetzt. Dieses Szenario ist die Basis der Sensitivitätstests.
- **SAFiP 1-4:** Einsatz automatisierter Fahrzeuge auf der letzten Meile entsprechend den vier entwickelten Szenarien.

Die Szenarien bzw. Annahmen können jeweils aus einer Drop-down Liste ausgewählt werden (Abbildung 30). Für die Szenarien der Automatisierung der letzten Meile müssen noch einige zusätzliche Parameter definiert werden. Zuerst muss mittels eines Schalters (0/1) festgelegt werden, in welchem Regionstyp¹⁰ die automatisierten Zubringerfahrzeuge eingesetzt werden (Zellen B42-B46). Weiter muss festgelegt werden, auf welches Niveau sich die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge erhöht. Dazu muss in den Zellen B48-B52 für jeden Regionstyp der Anteil der EinwohnerInnen definiert werden, die im Vollausbau in einer Fußwegentfernung von weniger als 15 Minuten zur nächsten Haltestelle wohnen. In den Zellen C48:C52 und D48:D52 sind zur Orientierung die aktuellen regionsweisen Mittel- und Maximalwerte angegeben. Zusätzlich dazu muss im Tabellenblatt „AutomatisierterOeV“ noch die zeitliche Abfolge der Einführung der automatisierten Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs nach Regionstyp definiert werden (Abbildung 31).

Abbildung 30: Screenshot Tabellenblatt „Szenarien“ - Einstellung der Szenarien des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs (Quelle: eigene Darstellung)

	A	B	C	D	E
38					
39	Öffentlicher Verkehr				
40	Zubringer letzte Meile	BAU	0		
41	Umsetzung in Regionstyp...	BAU			
42	Regionstyp 0				
43	Regionstyp 1		1		
44	Regionstyp 2		1		
45	Regionstyp 3		1		
46	Regionstyp 4		1		
47	AV - min. Anteil Entfernung Haltestelle <15 min		Mittelwert	Maximum	
48	Regionstyp 0		0%	97%	97%
49	Regionstyp 1		0%	72%	98%
50	Regionstyp 2		0%	32%	73%
51	Regionstyp 3		0%	22%	37%
52	Regionstyp 4		0%	10%	24%

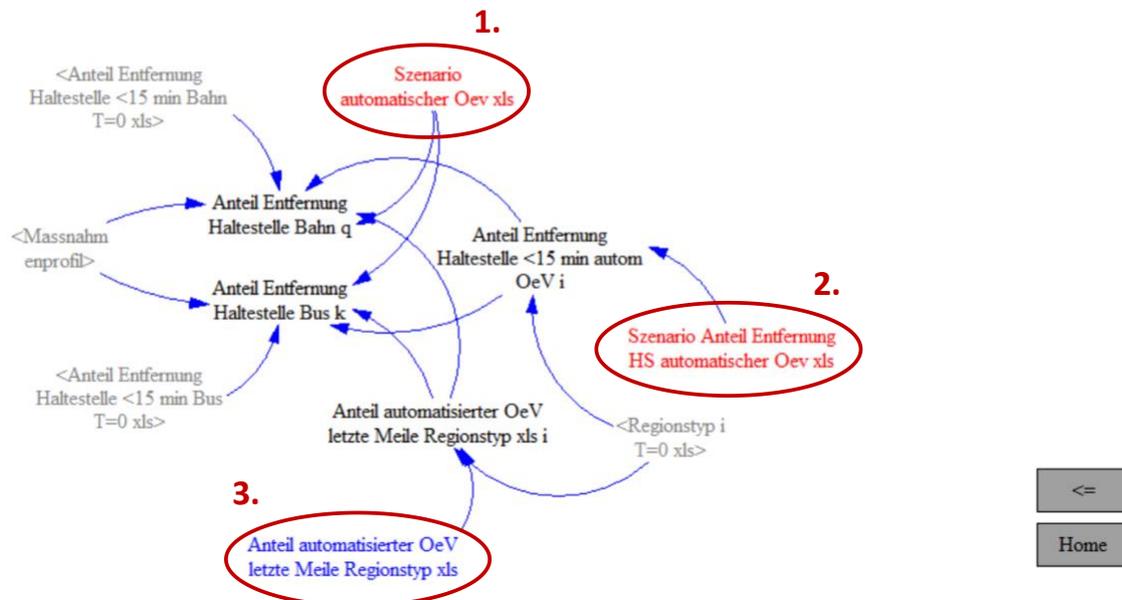
¹⁰ 0 = Wien, 1 = Urban 2 = Suburban 3 = Ländlich mit guter ÖV-Anbindung 4 = Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung; Quelle: Projekt EISERN (<https://www.oir.at/de/eisern>)

Abbildung 31: Screenshot Tabellenblatt „AutomatisierterOeV“ - Definition der zeitlichen Einführung automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs nach Regionstyp (Quelle: eigene Darstellung)

	A	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1 Anteil automatisierter ÖV												
2 Szenario:												
3 Source:												
4 Year		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5 Regionstyp 0		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 Regionstyp 1		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 Regionstyp 2		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8 Regionstyp 3		0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
9 Regionstyp 4		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
10												
11 BAU		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
12 Quelle:												
13 Regionstyp 0		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14 Regionstyp 1		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15 Regionstyp 2		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 Regionstyp 3		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 Regionstyp 4		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18												
19 AV letzte Meile		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
20 Quelle:												
21 Regionstyp 0		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 Regionstyp 1		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 Regionstyp 2		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 Regionstyp 3		0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
25 Regionstyp 4		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

Der mit dem ausgewählten Szenario verknüpfte Zahlenwert (0 = BAU, 1 = AV letzte Meile, etc.) wird als Schalter in Vensim® in der View „Automatisierter ÖV“ als Variable „Szenario automatischer Oev xls“ eingelesen („1.“ in Abbildung 32). Zusätzlich wird die durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge bedingte Angebotsverbesserung je Regionstyp als Variable „Szenario Anteil Entfernung HS automatischer Oev xls“ („2.“ in Abbildung 32) und die zeitliche Abfolge des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge als Variable „Anteil automatisierter OeV letzte Meile Regionstyp xls“ („3.“ in Abbildung 32) eingelesen. Auf Basis dieser Variablen wird für jede Verkehrszelle der Anteil der Bevölkerung nach fußläufiger Entfernung zum öffentlichen Verkehr berechnet.

Abbildung 32: Screenshot View „Automatisierter ÖV“ MARS-AT SAFiP in Vensim® - Szenarien des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs (Quelle: eigene Darstellung)



4.4. Überblick über die Modellierungselemente in den Szenarien

Die in Kapitel 3 beschriebenen Szenarien wurden mit den Parametern und Variablen des Modells MARS-SAFiP v1.1 abgeglichen. Für die Wirkungsanalyse wurden diese Szenarien wie im Folgenden beschrieben quantifiziert. Übersicht 14 gibt einen Überblick über die Eckpunkte der Definition der vier Szenarien für die Wirkungsanalyse bzw. Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungen.

Übersicht 14: Überblick über die Definition der vier SAFiP-Szenarien der Wirkungsanalyse

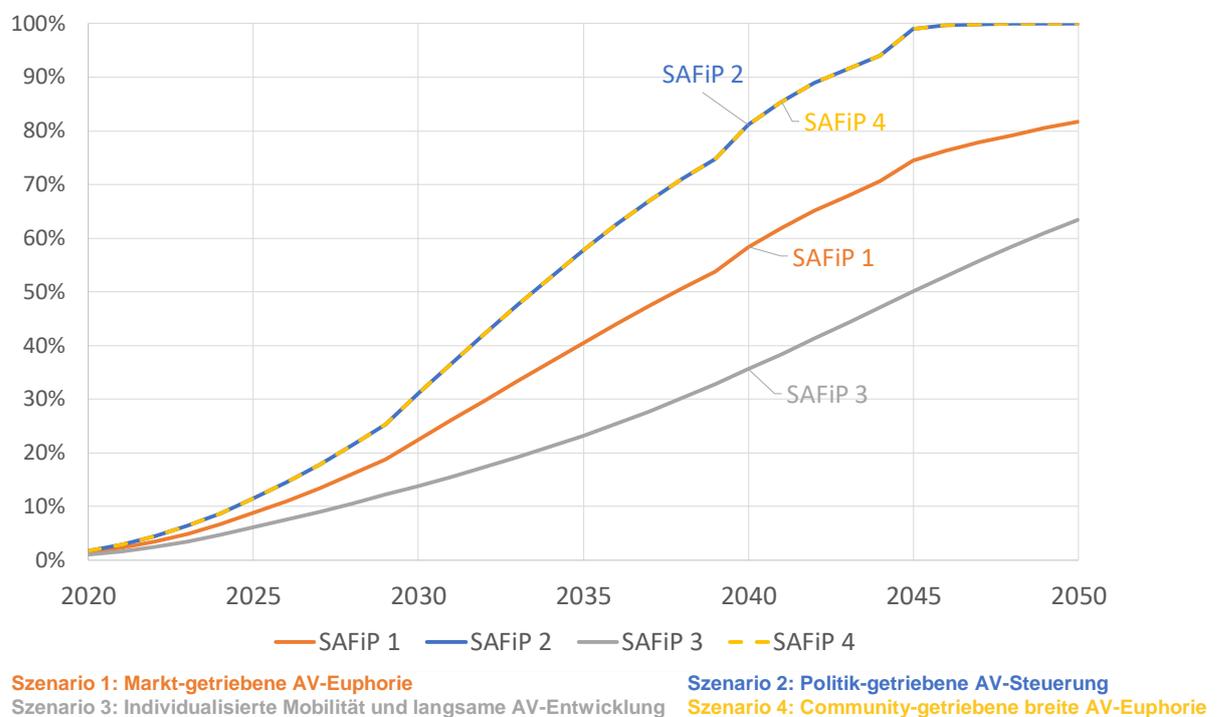
Element	Szenario 1: Marktgetriebene AV-Euphorie	Szenario 2: Politikgetriebene AV-Steuerung	Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung	Szenario 4: Communitygetriebene breite AV-Euphorie	
Fahrzeugflotte: E-Pkw-Anteil	WEM+	WAM+	WEM	WAM+	
Fahrzeugflotte: Marktanteile automatisierte Fahrzeuge	SAFiP 2030 - 1	SAFiP 2030 - 2	SAFiP 2030 - 3	SAFiP 2050 – 4	
Reduktion Parkplatzsuche und Abgangswege	Level 4 & 5	Level 4 & 5	Level 4 & 5	Level 4 & 5	
Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit	nach Projekt AUTO-NOM	nach Projekt AUTO-NOM	nach Projekt AUTO-NOM	nach Projekt AUTO-NOM	
Bewertung der Fahrzeit	Alle Straßen Level 4: -20%; Level 5: -20%	Alle Straßen Level 4: -20%; Level 5: -20%	Alle Straßen Level 4: -20%; Level 5: -20%	Alle Straßen Level 4: -20%; Level 5: -20%	
Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnenengruppen	Kollektive ohne Ride Sharing Besetzungsgrad: sinkt Kosten: 80ct/km	Kollektiv mit Ride Sharing Besetzungsgrad: steigt Kosten: 80ct/km	Individuelle Automatisierung Besetzungsgrad: konstant Kosten: BAU	Kollektiv mit Ride Sharing Besetzungsgrad: steigt Kosten: 80ct/km	
Umnutzung öffentlicher Raum: Erhöhung der Attraktivität für zu Fuß gehen und Radfahren	0%	25%	0%	25%	
Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs	SAFiP 2030 - 1	SAFiP 2030 - 2	SAFiP 2030 - 3	SAFiP 2050 – 4	
Mindestanteil Entfernung Haltestelle < 15 min	Regionstyp 0	95%	100%	95%	95%
	Regionstyp 1	80%	90%	80%	80%
	Regionstyp 2	60%	75%	60%	60%
	Regionstyp 3	30%	50%	30%	30%
	Regionstyp 4	30%	50%	30%	30%

4.4.1 Fahrzeugflotte

Die Entwicklung des E-Pkw-Flottenanteils orientiert sich dabei an den im Projekt „Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“ des österreichischen Umweltbundesamts verwendeten Szenarien WEM (With Existing Measures) und WAM (With Additional Measures) bzw. den dazugehörigen Annahmen (vgl. Krutzler et al. 2017). Das Szenario WEM entspricht einem Business As Usual-Szenario während das Szenario WAM einem klima- und energiepolitisch sehr aktiven Szenario entspricht.

Abbildung 33 zeigt die Entwicklung des E-Pkw Flottenanteils der vier Szenarien des Projekt SAFiP. Die **Szenarien 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung)** und **4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie)** weisen eine idente Entwicklung auf. In diesen beiden Szenarien wird ab dem Jahr 2045 eine völlige Umstellung der Antriebstechnologie auf rein elektrischen Antrieb erreicht. Im Szenario 1 wird 2050 ein Anteil rein elektrischer Pkws von rund 80 Prozent erreicht. Im Szenario 3 fahren im Jahr 2050 knapp unter zwei Drittel der Pkws rein elektrisch.

Abbildung 33: Entwicklung des E-Pkw Flottenanteils in den vier Szenarien (Quelle: eigene Darstellung und Annahmen nach Krutzler et al. 2017)



Die Annahmen über die Entwicklung der Marktanteile der Level 4- und 5-Fahrzeuge orientiert sich an den Ergebnissen der Literaturrecherchen (siehe Anhang A4). Abbildung 34 zeigt die Entwicklung der in den vier SAFiP-Szenarien angenommenen Marktanteile. Die Anteile der Level 4 Fahrzeuge sind mit dünnen Linien dargestellt, die kumulierten Level 4- und 5-Anteile mit dicken Linien.

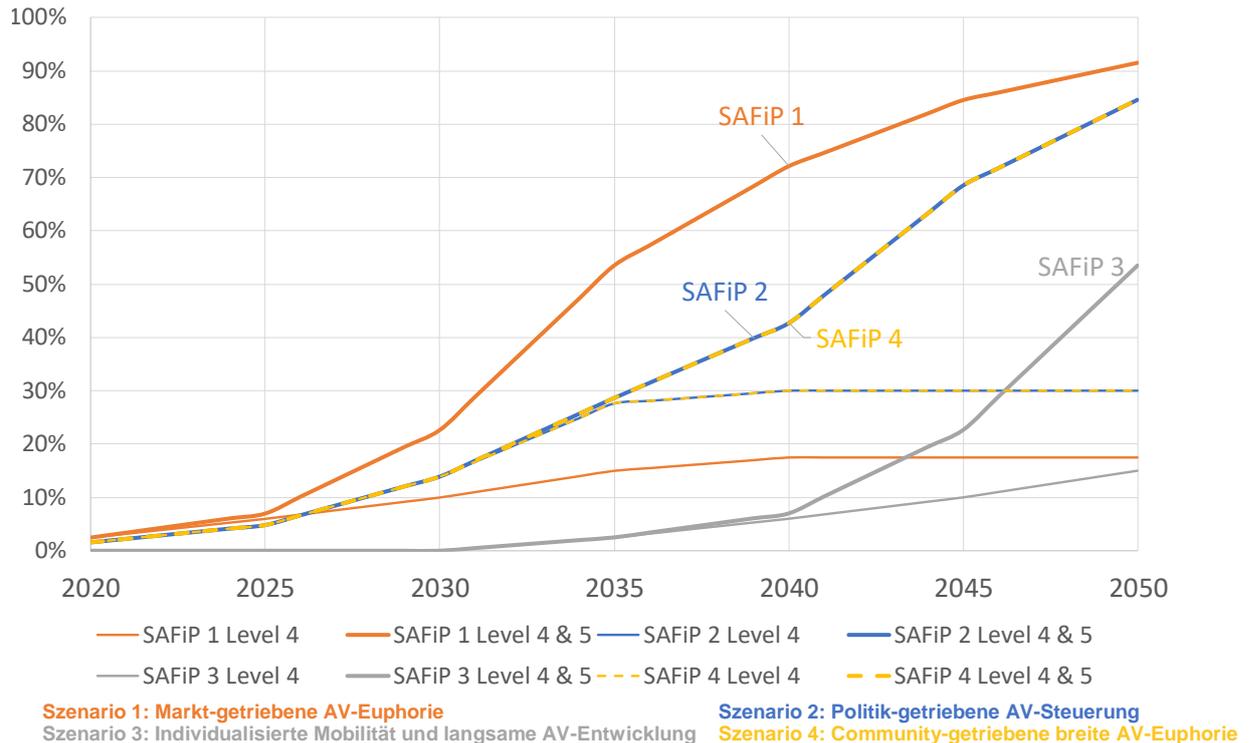
Im **Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie)** steigt der Marktanteil automatisierter Fahrzeuge bis zum Jahr 2025 auf rund sieben Prozent. In dieser Phase dominieren die Level 4-Fahrzeuge. Danach beginnt die Markteinführung und -akzeptanz von Level 5-Fahrzeugen zuzunehmen. Im Jahr 2030 werden bereits mehr Level 5-Fahrzeuge als Level 4 Fahrzeuge gekauft. Der gemeinsame Marktanteil liegt etwas über 20 Prozent. Bis zum Jahr 2035 steigt der Anteil der Level 5 Fahrzeuge steil an. Mehr als die Hälfte der verkauften Pkws verfügt dann über Level 4 oder Level 5. Ab dem Jahr 2040 stagniert der Level-Anteil auf einem Wert von knapp unter 20 Prozent. Bei den Level 5 Fahrzeugen verlangsamt sich das Wachstum. Im Jahr 2050 verfügen mehr als 90 Prozent der Neufahrzeuge über Level 4 oder 5.

Für die **Szenarien 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung)** und **4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie)** wurden idente Entwicklungen der Marktanteile automatisierter Fahrzeuge angenommen. Im Vergleich zum **Szenario 1** entwickeln sich die Marktanteile langsamer; er liegt aber im Jahr 2050 mit rund 85 Prozent Level 4 und 5 auf einem ähnlich hohen

Niveau. Allerdings ist in diesen Szenarien der Anteil der Level 4-Fahrzeuge mit rund 30 Prozent deutlich höher. Ein gemeinsamer Marktanteil von Level 4 und 5 von über 50 Prozent wird erst im Jahr 2042 erreicht.

Im **Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung)** ist die Entwicklung noch langsamer. Hier beginnt die Markteinführung und -akzeptanz von Level 4- und 5-Fahrzeugen erst ab dem Jahr 2030. Ein gemeinsamer Marktanteil Level 4 und 5 von über 50 Prozent wird erst im Jahr 2050 erreicht.

Abbildung 34: Entwicklung der Marktanteile der Level 4 und 5 in den vier Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



4.4.2 Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege

Die Annahmen über die Effekte der Verringerung bzw. des Wegfalls der Parkplatzsuche und der Abgangswege sind in allen vier Szenarien gleich. Es wurde einheitlich das Szenario bzw. die Annahme **Level 4 & 5** (siehe Kapitel 4.3.3) gewählt. D.h. bei Level 5 Fahrzeugen entfällt sowohl die Parkplatzsuche als auch der Abgangsweg vollständig. Bei Level-4 Fahrzeugen halbieren sich Parkplatzsuche und Abgangsweg.

4.4.3 Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit

Auch die Annahmen bezüglich des Einflusses automatisierter Fahrzeuge auf Geschwindigkeit und Fahrzeit wurden in allen vier Szenarien einheitlich gewählt. Die Annahmen orientieren sich an den Ergebnissen des Projekts AUTO-NOM (vgl. Gruber et al. 2018). (Siehe dazu Kapitel 4.3.4). Während der Spitzenzeit verringern sich die Fahrzeiten je nach Straßentyp um fünf bis 15 Prozent. Außerhalb der Spitzenzeit verlängern sich die Fahrzeiten dagegen je nach Straßentyp um fünf bis 13 Prozent.

4.4.4 Bewertung der Fahrzeit

Auch der Einfluss der Verwendung automatisierter Fahrzeuge auf die Bewertung der Fahrzeit wurde in allen vier Szenarien als gleich angenommen: Die Bewertung der Fahrzeit durch die Verwendung eines Level 4- oder Level 5-Fahrzeugs auf allen Straßen werde sich um 20 Prozent reduzieren. Siehe dazu auch Kapitel 4.3.5.

4.4.5 Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen

Für die Nutzungsmodelle und die damit verbundenen Erschließung neuer NutzerInnengruppen wurden je nach Szenario unterschiedliche Annahmen getroffen.

Im **Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie)** dominiert längerfristig das Nutzungsmodell Car Sharing ohne Ride Sharing Elemente (siehe Kapitel 4.3.6). Die dem Szenario zugrundeliegende Annahme ist, dass Pkws, welche aus dem Fahrzeugbestand ausscheiden und nicht durch einen konventionellen Pkw ersetzt werden, in ein automatisiertes Car Sharing-Angebot übernommen werden. Die Kosten des Car Sharing-Angebots wurden mit 80 Cent je Kfz-Kilometer angenommen. Durch die Verwendung eines automatisierten Fahrzeugs nimmt der Besetzungsgrad vom derzeitigen Niveau auf 1,05 Personen je Fahrzeug ab. Der Leerfahrtenanteil wurde in Anlehnung an (Martin and Shaheen, 2016) mit fünf Prozent angenommen. Die durch die geringere Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge frei werdenden Flächen werden nicht umgewidmet.

In den **Szenarien 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung)** und **4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie)** dominiert dagegen längerfristig das Nutzungsmodell Car Sharing mit Ride Sharing Elementen (siehe Kapitel 4.3.6). Die dem Szenario zugrundeliegende Annahme ist, dass Pkws, welche aus dem Fahrzeugbestand ausscheiden und nicht durch einen konventionellen Pkw ersetzt werden, in ein automatisiertes Car Sharing-Angebot inkl. Ride Sharing übernommen werden. Die Kosten des Car- bzw. Ride Sharing Angebots wurden mit 80 Cent je Kfz-Kilometer angenommen. Durch die Verwendung eines automatisierten Fahrzeugs steigt der Besetzungsgrad im Vergleich zum automatisierten Car Sharing Angebot um 20 Prozent an. Der Leerfahrtenanteil wurde in Anlehnung an Martin & Shaheen (2016) mit fünf Prozent angenommen. Der Umwegfaktor für das Ride Sharing wurde mit fünf Prozent angenommen. Die durch die geringere Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge frei werdenden Flächen werden umgewidmet und umgebaut. Dadurch erhöht sich die Attraktivität des zu Fuß Gehens und Radfahrens um 25 Prozent.

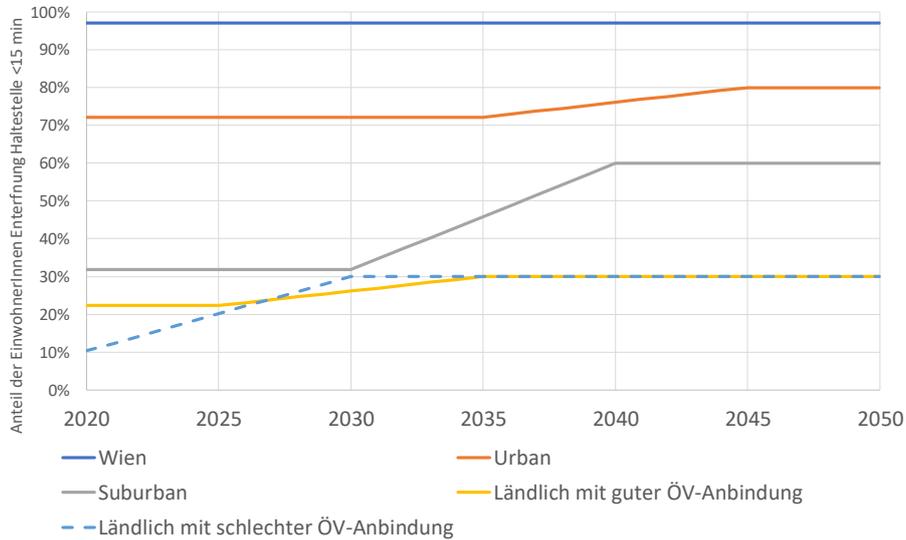
Im **Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung)** dominiert trotz der Automatisierung weiterhin der individuelle Pkw-Besitz. Die dem Szenario zugrundeliegende Annahme ist, dass Pkws, welche aus dem Fahrzeugbestand ausscheiden und durch Fahrzeuge auf Level 4 oder 5 ersetzt werden, Privat-Pkws bleiben. Besetzungsgrad und Betriebskosten ändern sich im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen nicht.

4.4.6 Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs

Um das Angebot des öffentlichen Verkehrs zu verbessern, werden in den vier Szenarien in unterschiedlichem Ausmaß automatisierte Fahrzeuge auf der letzten Meile eingesetzt. Durch die Maßnahme kommt es zu einer Verdichtung des Haltestellennetzes und der Anteil der EinwohnerInnen, welche in einem Umkreis von weniger als 15 Minuten Fußwegentfernung zur nächsten Haltestelle wohnen, erhöht sich. Abbildung 35 bis Abbildung 37 geben einen Überblick über die zeitlich-räumliche Umsetzung der Angebotsverbesserung in den vier SAFiP-Szenarien.

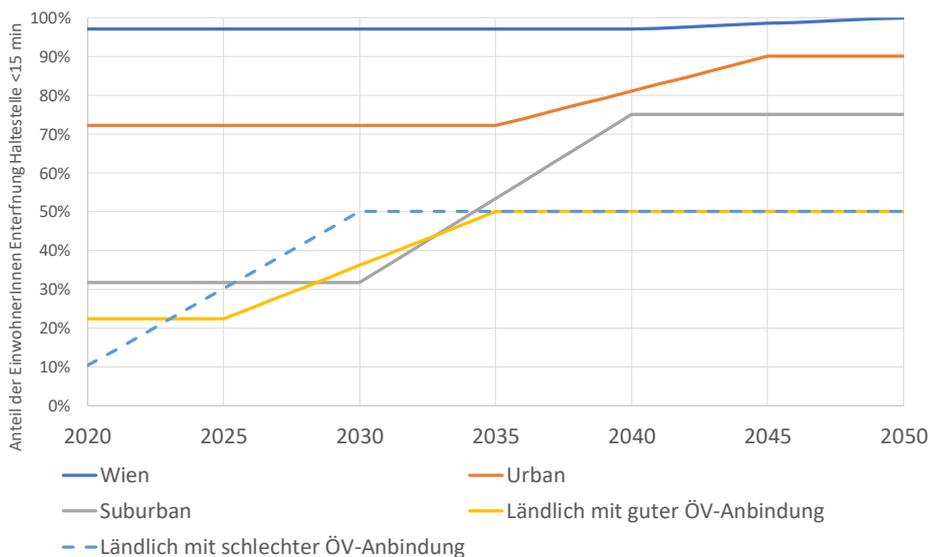
In den **Szenarien 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie)** und **4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie)** beginnt die Umsetzung ab dem Jahr 2020 in der Region „Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung“ (Abbildung 35). Zwischen den Jahren 2020 und 2030 erhöht sich der Anteil der EinwohnerInnen innerhalb von 15 Minuten Fußwegentfernung von durchschnittlich rund zehn Prozent auf 30 Prozent. Zwischen den Jahren 2025 und 2035 erhöht sich die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs in der Region „Ländlich mit guter ÖV-Anbindung“ von durchschnittlich rund 22 Prozent auf 30 Prozent. In der Region „Suburban“ erhöht sich die Zugänglichkeit zwischen 2030 und 2040 von durchschnittlich rund 32 Prozent auf 60 Prozent. Abschließend erhöht sich die Zugänglichkeit in der Region „Urban“ zwischen 2035 und 2045 von durchschnittlich rund 72 Prozent auf 80 Prozent. Die Umsetzung erfolgt linear in jährlich gleichmäßigen Schritten. In der Region „Wien“ bleibt die Zugänglichkeit im gesamten Zeitraum unverändert auf dem Ausgangsniveau.

Abbildung 35: Entwicklung der Haltestellenerreichbarkeit nach Region Szenarien 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) und 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) (Quelle: eigene Darstellung)



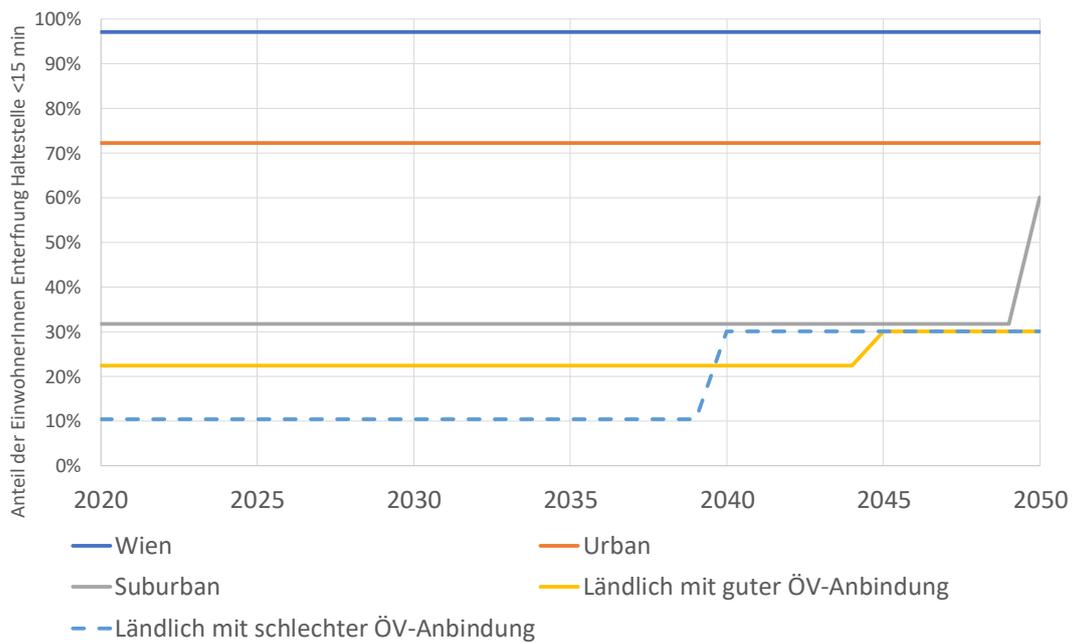
Im **Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung)** beginnt die Umsetzung ab dem Jahr 2020 ebenfalls in der Region „Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung“ (Abbildung 36). Zwischen den Jahren 2020 und 2030 erhöht sich der Anteil der EinwohnerInnen innerhalb von 15 Minuten Fußwegentfernung von durchschnittlich rund zehn Prozent auf 50 Prozent. Zwischen 2025 und 2035 erhöht sich die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs in der Region „Ländlich mit guter ÖV-Anbindung“ von durchschnittlich rund 22 Prozent auf 50 Prozent. In der Region „Suburban“ erhöht sich die Zugänglichkeit zwischen 2030 und 2040 von durchschnittlich rund 32 Prozent auf 75 Prozent. Abschließend erhöht sich die Zugänglichkeit in der Region „Urban“ zwischen 2035 und 2045 von durchschnittlich rund 72 Prozent auf 90 Prozent. In der Region „Wien“ erhöht sich die Zugänglichkeit zwischen 2040 und 2050 von durchschnittlich 97 Prozent auf 100 Prozent. Die Umsetzung erfolgt linear in jährlich gleichmäßigen Schritten.

Abbildung 36: Entwicklung der Haltestellenerreichbarkeit nach Region Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) (Quelle: eigene Darstellung)



Im **Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung)** beginnt die Umsetzung erst im Jahr 2040 (Abbildung 37). In der Region „Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung“ erhöht sich die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs in diesem Jahr schlagartig von durchschnittlich rund zehn Prozent auf 30 Prozent. Im Jahr 2045 erhöht sich die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs in der Region „Ländlich mit guter ÖV-Anbindung“ von durchschnittlich rund 22 Prozent auf 30 Prozent. In der Region „Suburban“ erhöht sich die Zugänglichkeit dann 2050 von durchschnittlich rund 32 Prozent auf 60 Prozent. In den Regionen „Urban“ und „Wien“ bleibt die Zugänglichkeit im gesamten Zeitraum unverändert auf dem Ausgangsniveau.

Abbildung 37: Entwicklung der Haltestellenerreichbarkeit nach Region Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung)
(Quelle: eigene Darstellung)



4.5. Verkehrsrelevante Wirkungen der Szenarien

Übersicht 15 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Modellierung der vier Szenarien sowie eines Business as Usual-Szenarios. Dort werden die Werte der Indikatoren-Anteile der Hauptverkehrsmittel an den Wegen (Modal Split), Personenkilometer nach Verkehrsmittel, Kfz-Kilometer, Anzahl der Wege nach Verkehrsmittel und CO₂-Emissionen jeweils in den Jahren 2030 und 2050 sowie des Basisjahrs 2015 dargestellt. Die Verkehrsmittel ÖV und Pkw inkludieren hier jeweils sowohl nicht-automatisierte als auch automatisierte Fahrzeuge.

Übersicht 15: Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Modellierung der SAFiP-Szenarien 2030 und 2050

Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total
Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie	Modal Split - Wege	2030	13.9%	7.2%	15.4%	63.4%	100.0%
		2050	10.2%	4.9%	15.7%	69.2%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.28	1.60	16.40	87.08	107.36
		2050	1.65	1.07	17.47	90.37	110.56
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	66.40	66.40
		2050	-	-	-	72.66	72.66
	Mrd. Wege	2030	1.03	0.53	1.14	4.69	7.39
		2050	0.75	0.36	1.16	5.08	7.34
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	13.66
		2050	-	-	-	-	6.19
Szenario 2: Politik- getriebene AV- Steuerung	Modal Split - Wege	2030	14.2%	7.3%	16.9%	61.5%	100.0%
		2050	11.1%	4.9%	19.4%	64.7%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.25	1.57	18.45	82.47	104.73
		2050	1.63	0.96	21.43	83.44	107.47
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	62.74	62.74
		2050	-	-	-	64.30	64.30
	Mrd. Wege	2030	1.01	0.52	1.20	4.38	7.12
		2050	0.74	0.32	1.29	4.31	6.66
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	11.80
		2050	-	-	-	-	3.09
Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV- Entwicklung	Modal Split - Wege	2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%
		2050	11.3%	5.5%	15.8%	67.4%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45
		2050	1.86	1.22	16.10	97.83	117.01
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	67.44	67.44
		2050	-	-	-	75.88	75.88
	Mrd. Wege	2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63
		2050	0.84	0.41	1.17	4.99	7.41
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	15.05
		2050	-	-	-	-	9.28
Szenario 4: Community- getriebene breite AV-Euphorie	Modal Split - Wege	2030	14.9%	7.8%	16.0%	61.4%	100.0%
		2050	12.4%	5.7%	17.1%	64.8%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.41	1.71	17.55	84.83	106.50
		2050	1.93	1.20	19.55	88.61	111.28
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	64.54	64.54
		2050	-	-	-	68.25	68.25
	Mrd. Wege	2030	1.08	0.57	0.96	4.48	7.09
		2050	0.87	0.40	0.98	4.56	6.81
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	12.14
		2050	-	-	-	-	3.28
BAU: Business as Usual*	Modal Split - Wege	2015	16,1%	8,6%	14,9%	60,4%	100,0%
		2030	14,7%	7,8%	14,5%	63,0%	100,0%
		2050	13,0%	6,7%	14,0%	66,3%	100,0%
	Mrd. Personen-km	2015	2,42	1,75	15,57	79,74	99,48
		2030	2,49	1,78	15,50	88,68	108,45
		2050	2,26	1,59	14,09	102,57	120,52
	Mrd. Kfz-km	2015	-	-	-	60,85	60,85
		2030	-	-	-	67,44	67,44
		2050	-	-	-	78,05	78,05
	Mrd. Wege	2015	1,09	0,58	1,01	4,10	6,78
		2030	1,12	0,59	1,11	4,80	7,63
		2050	1,02	0,53	1,10	5,22	7,87
	Mio. t CO2	2015	-	-	-	-	15,28
		2030	-	-	-	-	15,05
2050		-	-	-	-	9,54	

*Das im Projekt SAFiP verwendete Business as Usual Szenario entspricht dem Szenario „With Existing Measures“ (WEM) des vom österreichischen Umweltbundesamt geleiteten Projekts „Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“ (vgl. Krutzler et al., 2017). In diesem Szenario gibt es keine über das Level 3 hinausgehende Automatisierung. Die private Nutzung von Pkws bleibt im Vergleich zur gemeinschaftlichen Nutzung dominant.

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der einzelnen Szenarien dargestellt und miteinander verglichen. Dabei werden die Indikatoren „Pkw-Verkehrsaufwand nach Region und Tageszeit“, „Verkehrsmittelanteile nach Wegen“ und „direkte und indirekte Treibhausgasemissionen nach Region“ betrachtet. Die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands wird relativ zur Entwicklung ohne Automatisierung (Business as Usual) dargestellt. Die Entwicklung der Verkehrsmittel-Anteile wird absolut dargestellt und mit der Entwicklung im Szenario Business as Usual verglichen. Die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen wird relativ zum Wert des Jahres 2015 dargestellt und mit den Zielen des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT 2018) verglichen. Entsprechend dieser Ziele sollen die Treibhausgasemissionen relativ zu heute um rund 30 Prozent verringert werden.

4.5.1 Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 38 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum leicht ab. Im Jahr 2050 liegt er rund sieben Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Es gibt deutliche regionale Unterschiede. In Wien liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 um rund 16 Prozent über jenem des Szenarios Business as Usual. In den zentralen Bezirken liegt er dagegen um rund 14 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Vor allem in der Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands in der Region Großstädte (ohne Wien) sind die durch die Einführung automatisierter Dienstleistungen auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs verursachten Sprünge gut erkennbar.

Abbildung 38: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)

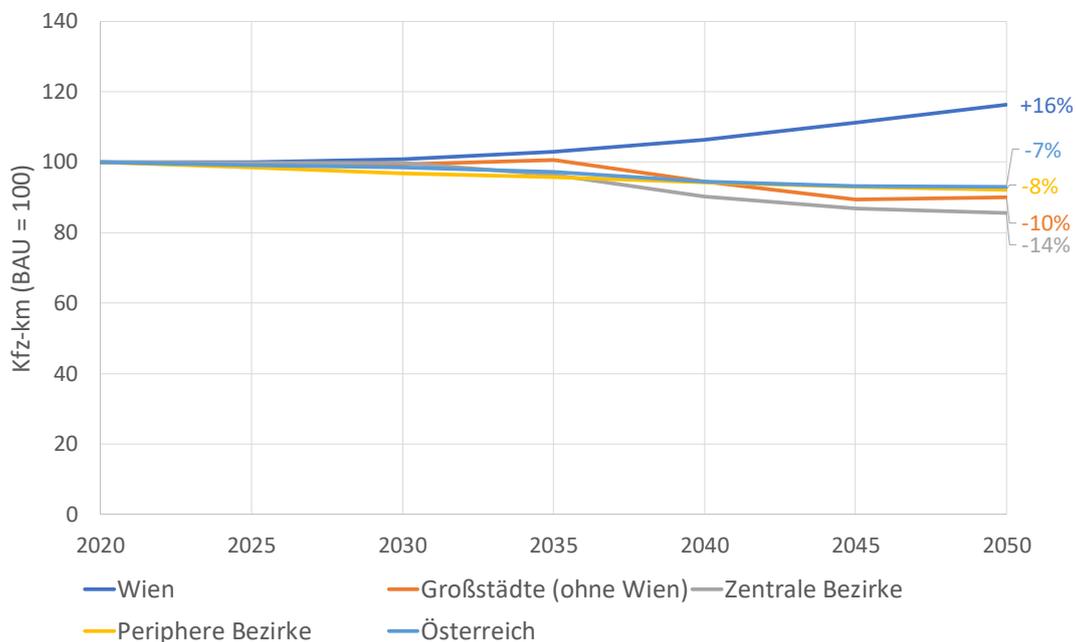
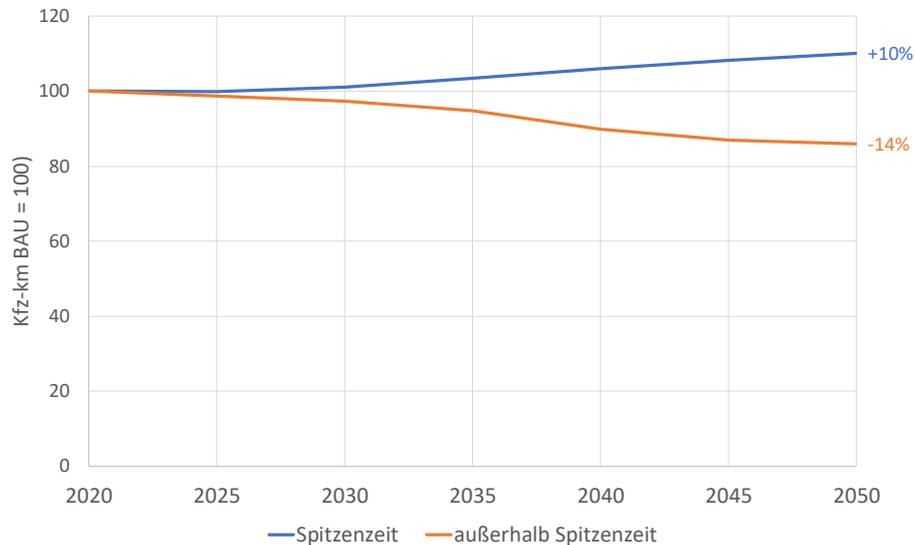


Abbildung 39 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) steigt der Pkw-Verkehrsaufwand während der Spitzenzeit relativ zum Szenario Business as Usual an. Im Jahr 2050 liegt er um rund zehn Prozent über jenem des Szenarios Business as Usual. Außerhalb der Spitzenzeit sinkt der Pkw-Verkehrsaufwand relativ zum Szenario Business as Usual. Im Jahr 2050 liegt er um rund 14 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual.

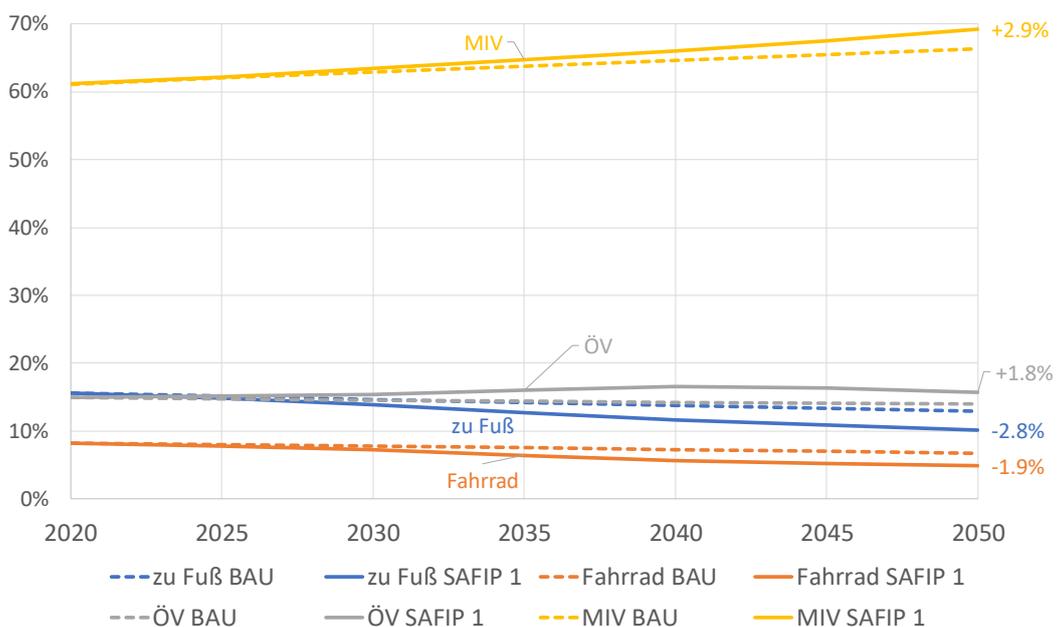
Abbildung 39: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit (Spitzenzeit/ außerhalb Spitzenzeit) im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Verkehrsmittelanteile

Abbildung 40 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen in den Szenarien Business as Usual und Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie). Im Szenario Business as Usual steigt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege kontinuierlich leicht an. Im Jahr 2050 liegt er bei rund zwei Drittel. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege gehen dagegen kontinuierlich leicht zurück. Im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) steigt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs stärker an. Im Jahr 2050 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs um knapp drei Prozentpunkte über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs nimmt ebenfalls relativ zu und liegt im Jahr 2050 um knapp zwei Prozentpunkte über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil der nicht motorisierten Wege nimmt dagegen relativ ab und zwar um knapp drei Prozentpunkte im Fußverkehr bzw. beim Zu Fu Gehen und um knapp zwei Prozentpunkte im Fahrradverkehr.

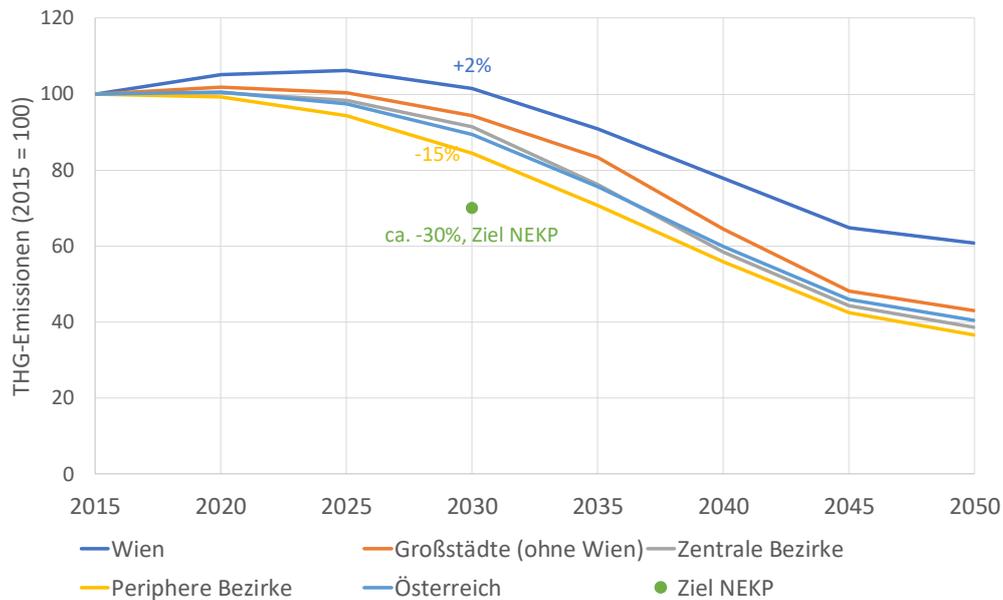
Abbildung 40: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen - Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Treibhausgasemissionen

Abbildung 41 stellt die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen nach Region relativ zum Jahr 2015 dar. Im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis zum Jahr 2050 auf rund 40 Prozent des Wertes von 2015. Hauptverantwortlich dafür ist dabei die Elektrifizierung des Pkw-Antriebs. Im Jahr 2030 wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT 2018) mit minus elf Prozent allerdings deutlich verfehlt. Im Jahr 2030 reicht die regionale Bandbreite von plus zwei Prozent in Wien bis minus 15 Prozent in den peripheren Bezirken.

Abbildung 41: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) nach Region relativ zum Jahr 2015 und mit dem Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplan (Quelle: eigene Darstellung)



4.5.2 Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 42 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum relativ deutlich ab. Im Jahr 2050 liegt er rund 18 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Es gibt deutliche regionale Unterschiede. In Wien liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 nur um rund drei Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. In den Großstädten (ohne Wien) liegt er dagegen um rund 24 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Vor allem in der Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands in der Region Großstädte (ohne Wien) sind die durch die Einführung automatisierter Dienstleistungen auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs verursachten Sprünge gut erkennbar.

Abbildung 42: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)

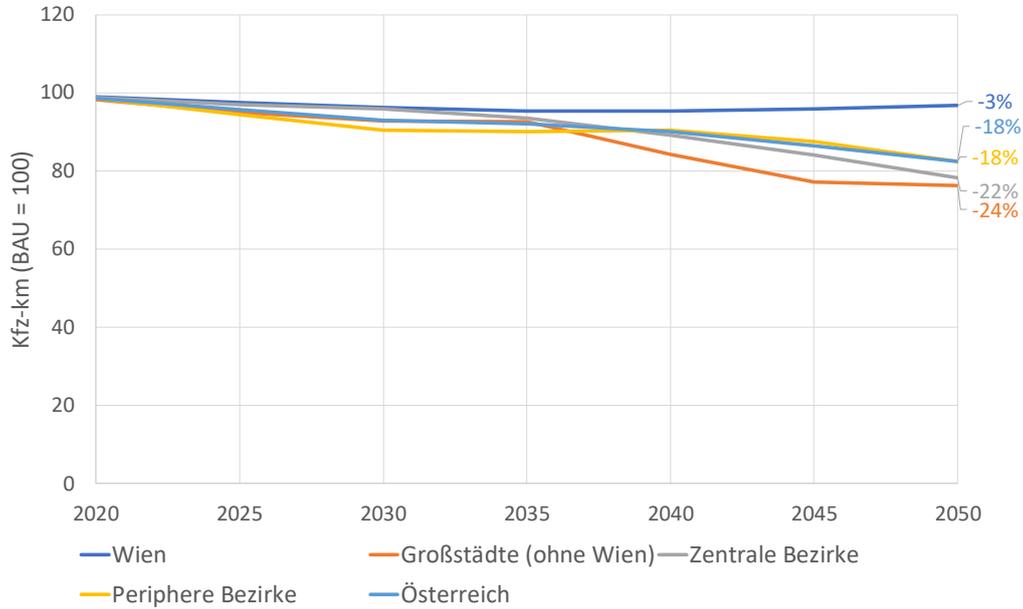
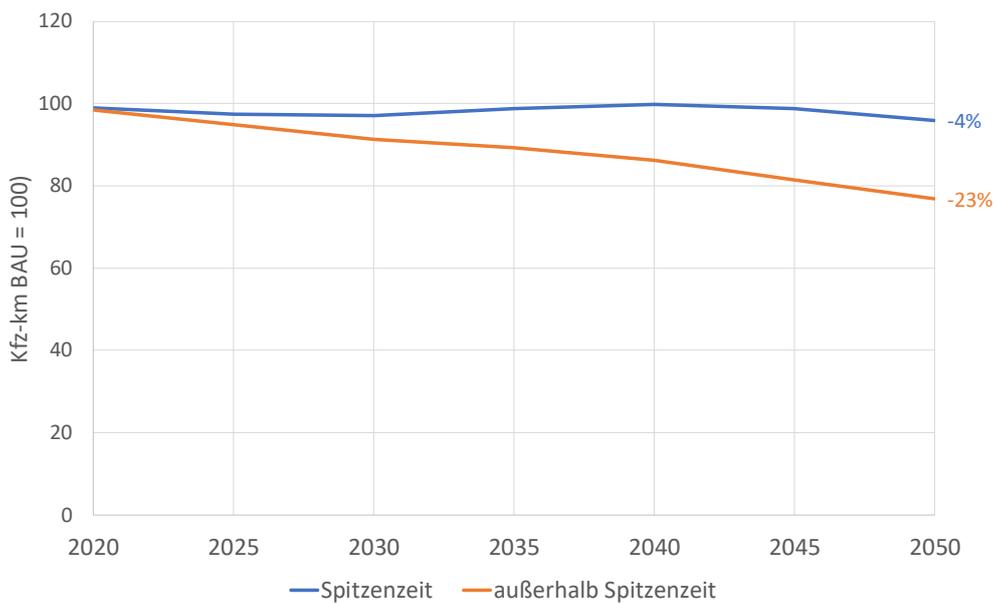


Abbildung 43 verdeutlicht die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit relativ zum Szenario Business as Usual. Im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) nimmt der Pkw-Verkehrsaufwand während der Spitzenzeit relativ zum Szenario Business as Usual zunächst ab, um dann wieder ungefähr auf den Ausgangswert anzusteigen (2040). Danach nimmt er wieder leicht ab. Im Jahr 2050 liegt er um rund vier Prozent unter jenem des Szenario Business as Usual. Außerhalb der Spitzenzeit sinkt der Pkw-Verkehrsaufwand relativ zum Szenario Business as Usual kontinuierlich. Im Jahr 2050 liegt er um rund 23 Prozent unter jenem des Szenario Business as Usual.

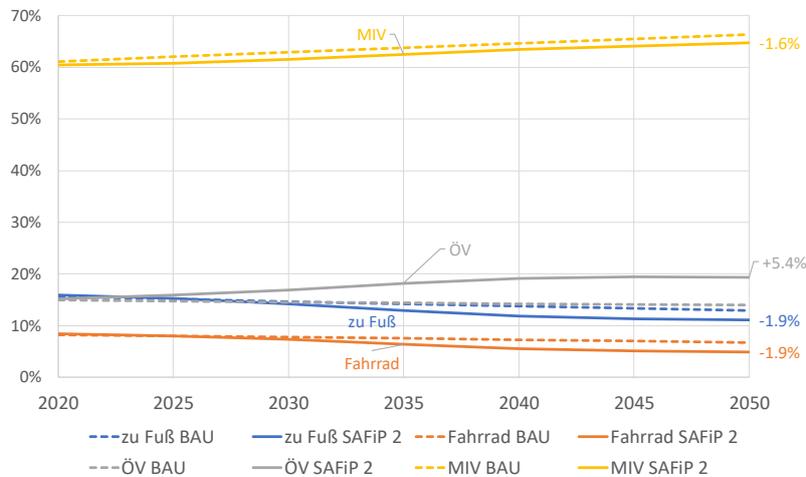
Abbildung 43: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit (Spitzenzeit/außerhalb Spitzenzeit) im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Verkehrsmittelanteile

Abbildung 44 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen in den Szenarien Business as Usual und Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung). Im Szenario Business as Usual steigt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege kontinuierlich leicht an. Im Jahr 2050 liegt er bei rund zwei Drittel. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege gehen dagegen kontinuierlich leicht zurück. Im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) steigt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs weniger stark an. Im Jahr 2050 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs um etwas weniger als zwei Prozentpunkte unter jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs nimmt relativ stark zu und liegt im Jahr 2050 um etwas mehr als fünf Prozentpunkte über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil der nicht motorisierten Wege nimmt dagegen relativ ab und zwar sowohl im Fußverkehr als auch im Fahrradverkehr um knapp zwei Prozentpunkte.

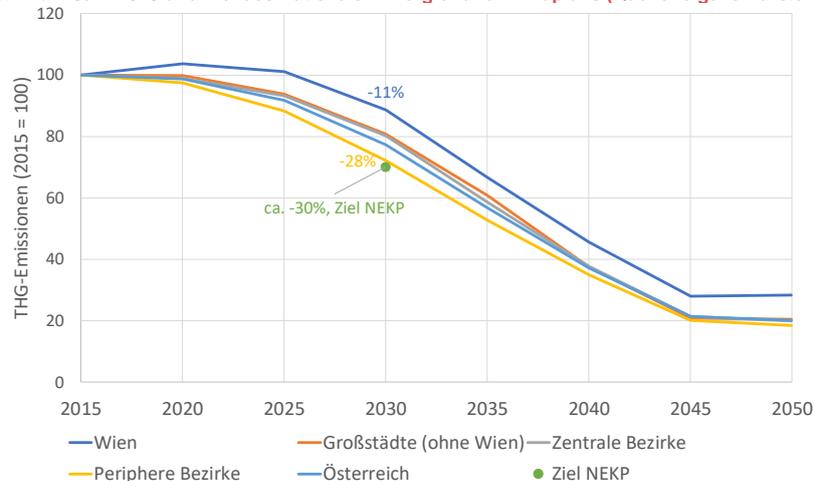
Abbildung 44: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) und im Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Treibhausgasemissionen

Abbildung 45 stellt die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen nach Region relativ zum Jahr 2015 dar. Im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis zum Jahr 2050 auf rund 20 Prozent des Wertes von 2015. Verantwortlich dafür ist die völlige Elektrifizierung des Pkw-Antriebs im Jahr 2050. Im Jahr 2030 wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes mit minus 23 Prozent nicht ganz erreicht. Im Jahr 2030 reicht die regionale Bandbreite dabei von minus elf Prozent in Wien bis minus 28 Prozent in den peripheren Bezirken.

Abbildung 45: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) nach Region relativ zum Jahr 2015 und Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes (Quelle: eigene Darstellung)



4.5.3 Szenario 3: Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 46 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamte Betrachtungszeitraum leicht ab. Im Jahr 2050 liegt er rund drei Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Es gibt leichte regionale Unterschiede. In Wien liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 um rund ein Prozent über jenem des Szenarios Business as Usual. In den zentralen und peripheren Bezirken liegt er dagegen um rund vier Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual.

Abbildung 46: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)

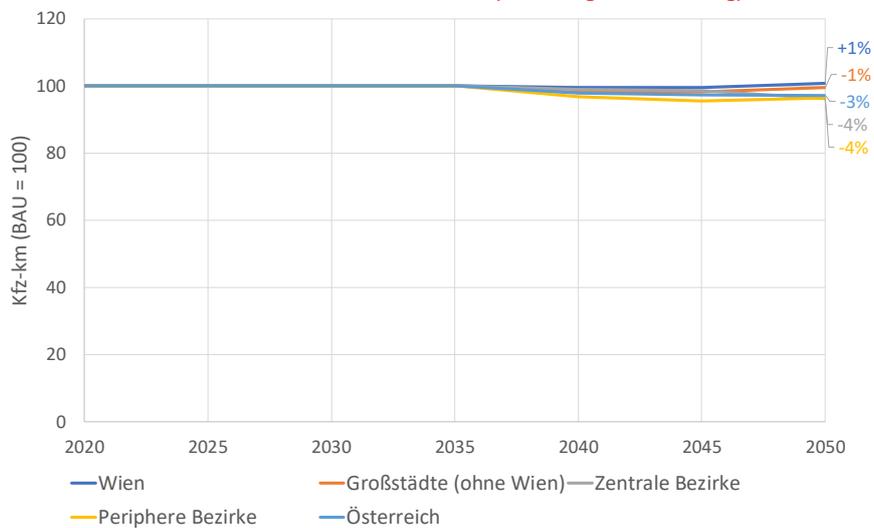
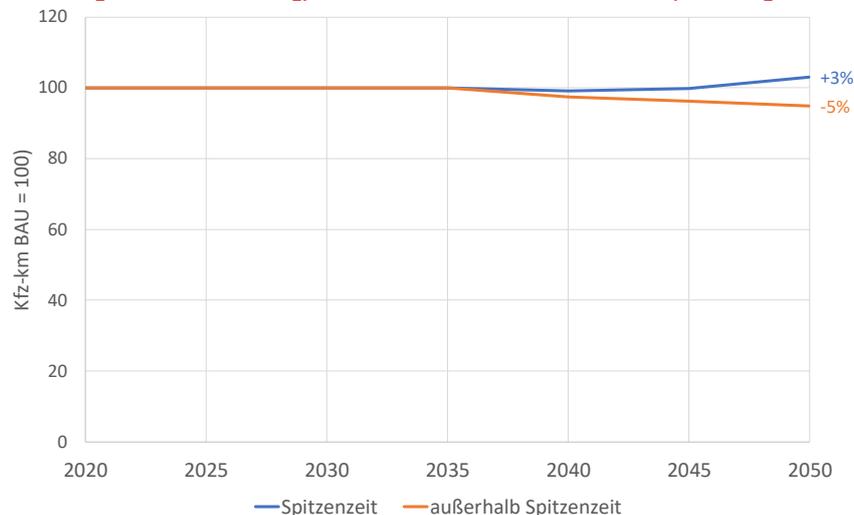


Abbildung 47 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) steigt der Pkw-Verkehrsaufwand während der Spitzenzeit relativ zum Szenario Business as Usual leicht an. Im Jahr 2050 liegt er um rund drei Prozent über jenem des Szenario Business as Usual. Außerhalb der Spitzenzeit sinkt der Pkw-Verkehrsaufwand relativ zum Szenario Business as Usual. Im Jahr 2050 liegt er um rund fünf Prozent unter jenem des Szenario Business as Usual.

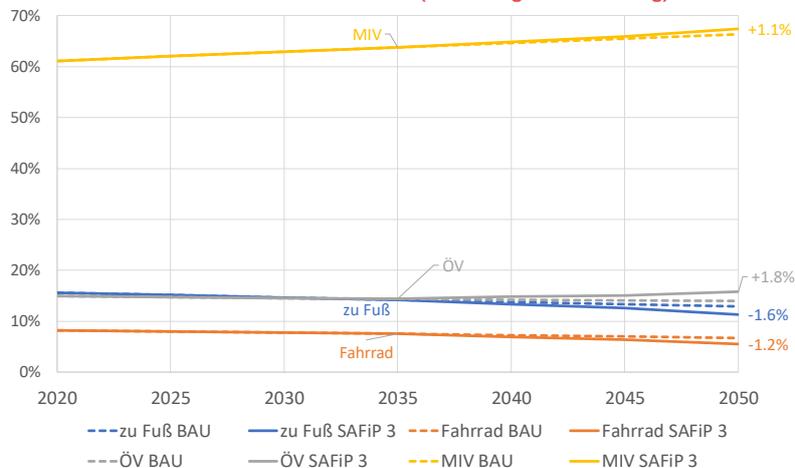
Abbildung 47: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit (Spitzenzeit/außerhalb Spitzenzeit) im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Verkehrsmittelanteile

Abbildung 48 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen in den Szenarien Business as Usual und Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung). Im Szenario Business as Usual steigt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege kontinuierlich leicht an. Im Jahr 2050 liegt er bei rund zwei Drittel. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege gehen dagegen kontinuierlich leicht zurück. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) steigt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs etwas stärker an. Im Jahr 2050 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs um rund einen Prozentpunkt über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs nimmt ebenfalls relativ zu und liegt im Jahr 2050 um knapp zwei Prozentpunkte über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil der nicht motorisierten Wege nimmt dagegen relativ ab und zwar um knapp zwei Prozentpunkte im Fußverkehr und um rund einen Prozentpunkt im Fahrradverkehr.

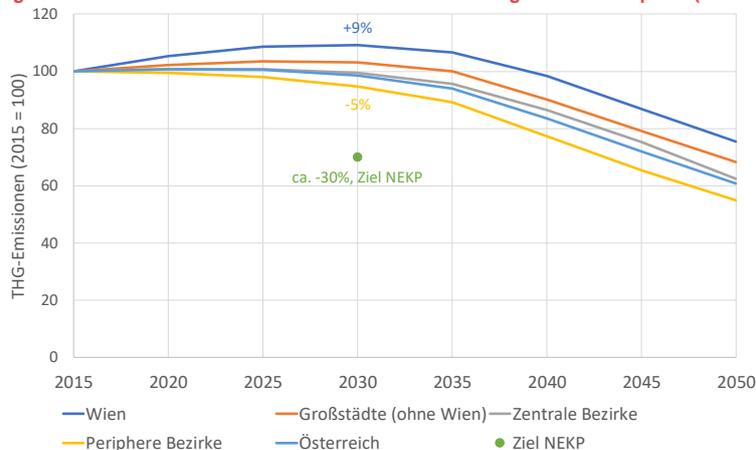
Abbildung 48: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) und im Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Treibhausgasemissionen

Abbildung 49 verdeutlicht die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen nach Region relativ zum Jahr 2015. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis zum Jahr 2050 auf rund 60 Prozent des Wertes von 2015. Hauptverantwortlich dafür ist dabei die Elektrifizierung des Pkw-Antriebs. Im Jahr 2030 wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes mit minus ein Prozent bei weitem nicht erreicht. Im Jahr 2030 reicht die regionale Bandbreite von plus neun Prozent in Wien bis minus fünf Prozent in den peripheren Bezirken.

Abbildung 49: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) nach Region relativ zum Jahr 2015 und Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes (Quelle: eigene Darstellung)



4.5.4 Szenario 4: Community-getriebene breite AV-Euphorie

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 50 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum ab. Im Jahr 2050 liegt er rund 13 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Es gibt jedoch deutliche regionale Unterschiede. In Wien liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 um rund ein Prozent über jenem des Szenarios Business as Usual. In den Großstädten (ohne Wien) liegt er dagegen um rund 18 Prozent unter jenem des Szenarios Business as Usual. Vor allem in der Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwandes in der Region Großstädte (ohne Wien) sind die durch die Einführung automatisierter Dienstleistungen auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs verursachten Sprünge gut erkennbar.

Abbildung 50: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) nach Region relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)

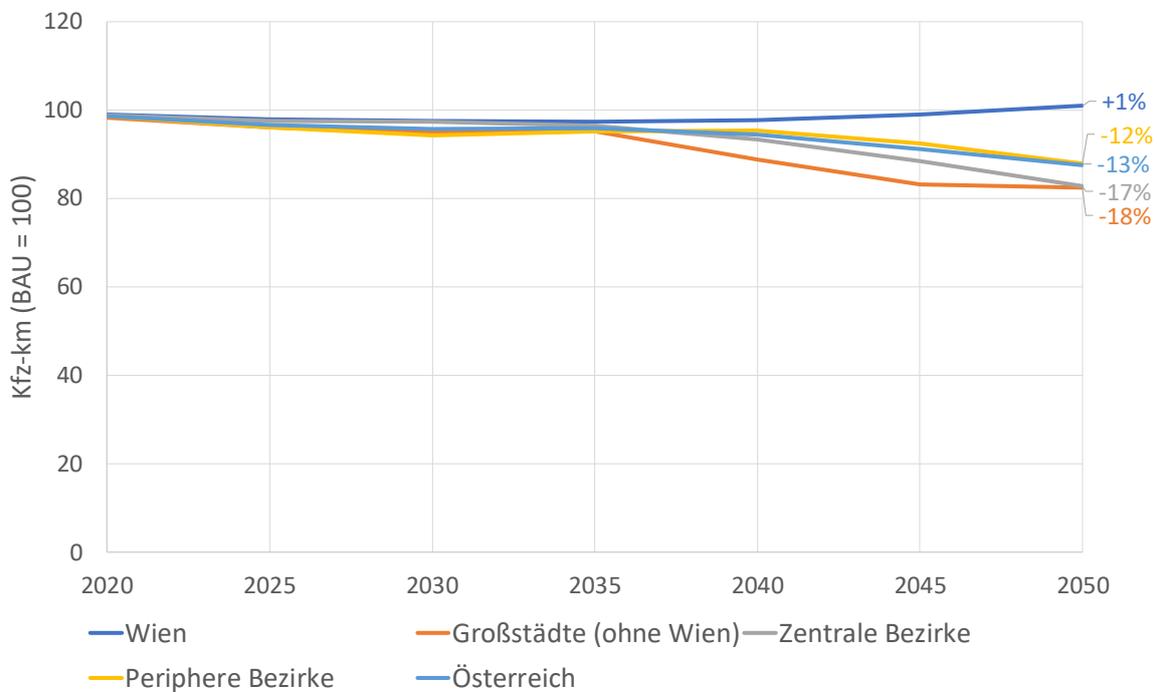
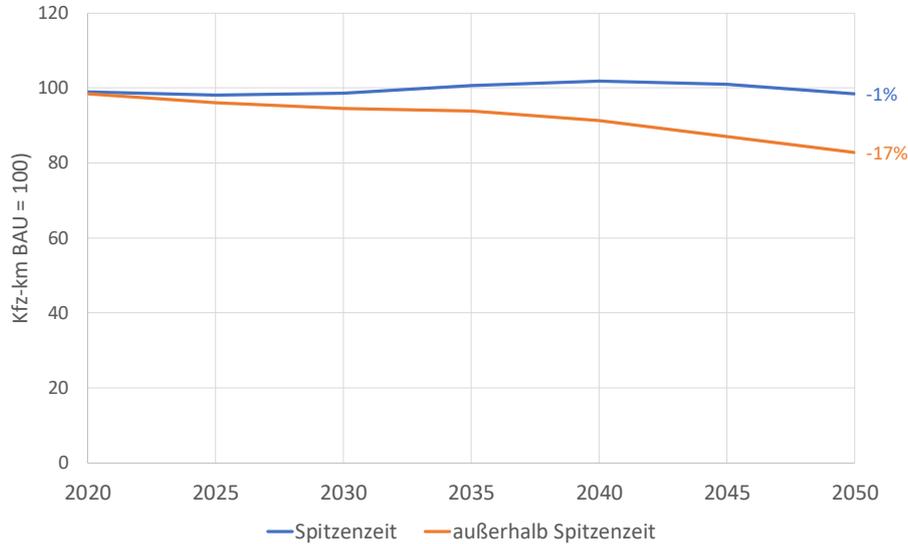


Abbildung 51 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit relativ zum Szenario Business as Usual dar. Im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) nimmt der Pkw-Verkehrsaufwand während der Spitzenzeit relativ zum Szenario Business as Usual zunächst ganz leicht ab, um dann wieder knapp über den Ausgangswert anzusteigen (2040). Danach nimmt er wieder leicht ab. Im Jahr 2050 liegt er um rund ein Prozent unter jenem des Szenario Business as Usual. Außerhalb der Spitzenzeit sinkt der Pkw-Verkehrsaufwand relativ zum Szenario Business as Usual kontinuierlich. Im Jahr 2050 liegt er um rund 17 Prozent unter jenem des Szenario Business as Usual.

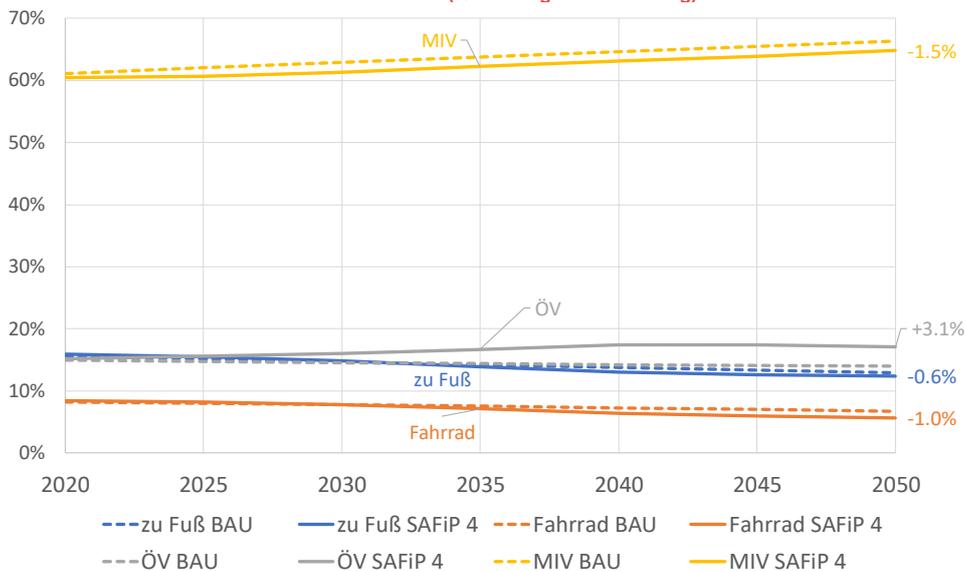
Abbildung 51: Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Tageszeit (Spitzenzeit/außerhalb Spitzenzeit) im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) relativ zum Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Verkehrsmittelanteile

Abbildung 52 beschreibt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen in den Szenarien Business as Usual und Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie). Im Szenario Business as Usual steigt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege kontinuierlich leicht an. Im Jahr 2050 liegt er bei rund zwei Drittel. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege sind dagegen kontinuierlich leicht rückläufig. Im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) steigt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs weniger stark an. Im Jahr 2050 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs um etwas weniger als zwei Prozentpunkte unter jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs nimmt zu und liegt im Jahr 2050 um rund drei Prozentpunkte über jenem des Szenarios Business as Usual. Der Anteil der nicht motorisierten Wege nimmt dagegen relativ ab und zwar sowohl im Fußverkehr als auch im Fahrradverkehr um rund einen Prozentpunkt.

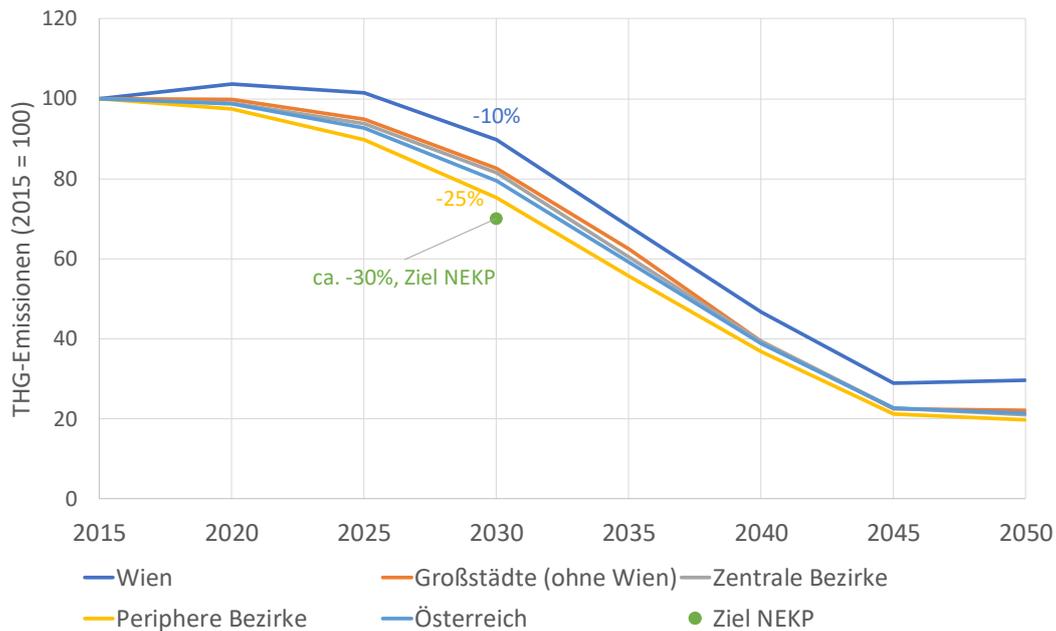
Abbildung 52: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) und im Szenario Business as Usual (Quelle: eigene Darstellung)



Treibhausgasemissionen

Abbildung 53 verdeutlicht die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen nach Region relativ zum Jahr 2015. Im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis zum Jahr 2050 auf rund 20 Prozent des Wertes des Jahres 2015. Verantwortlich dafür ist die völlige Elektrifizierung des Pkw-Antriebs im Jahr 2050. Im Jahr 2030 wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplan mit minus 21 Prozent nicht erreicht. Im Jahr 2030 reicht die regionale Bandbreite dabei von minus zehn Prozent in Wien bis minus 25 Prozent in den peripheren Bezirken.

Abbildung 53: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen im Szenario 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) nach Region relativ zum Jahr 2015 und Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplan (Quelle: eigene Darstellung)



4.5.5 Sensitivitätsanalysen

Im Folgenden wird untersucht, welchen Einfluss die Elemente Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs und Elektrifizierung des Antriebsstrangs der Pkws auf den Pkw-Verkehrsaufwand, die Verkehrsmittelanteile und die Treibhausgasemissionen haben.

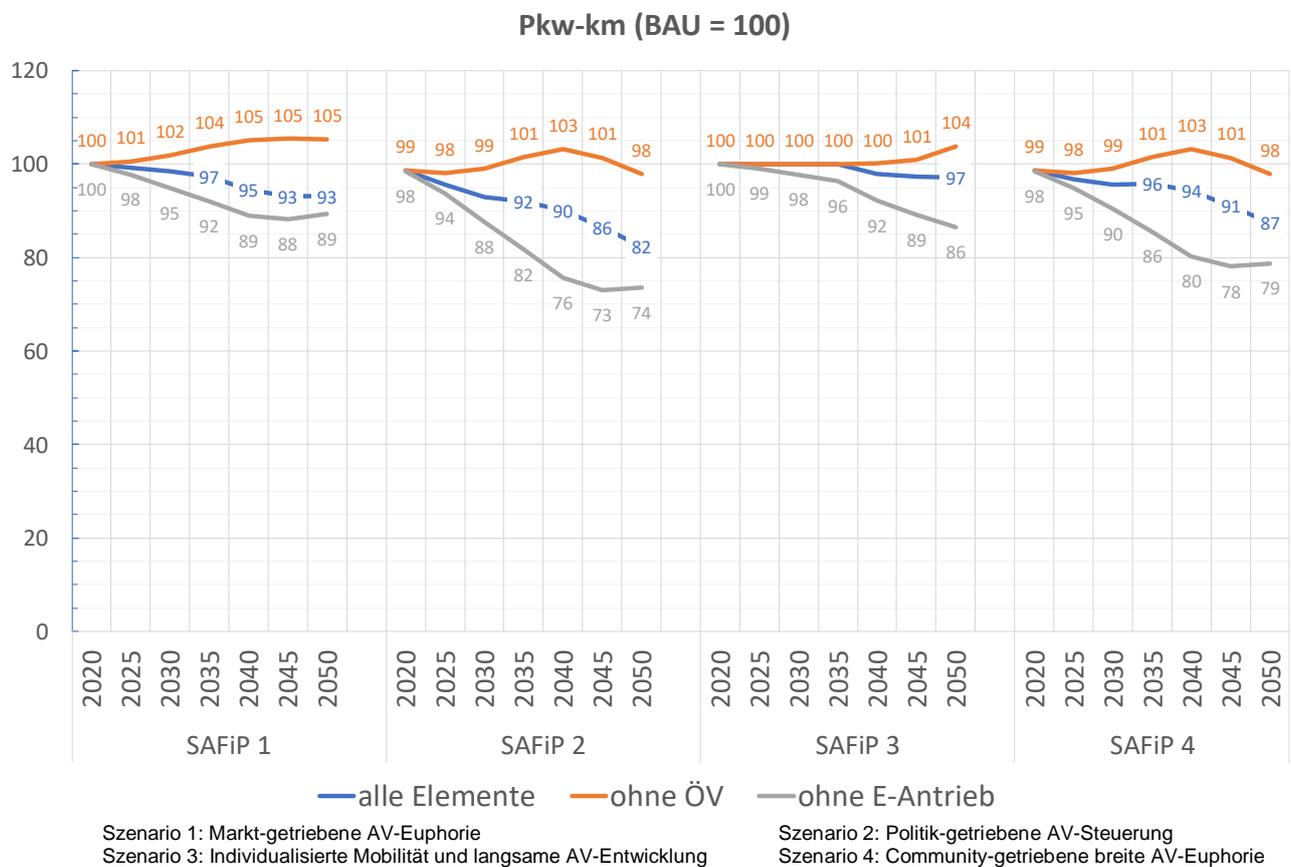
Pkw-Verkehrsaufwand

Mit der Abbildung 54 wird der Vergleich des Einflusses der Elemente Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs und batterieelektrischer Antrieb auf die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands der vier Szenarien dargestellt.

Ohne die Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs erhöht sich der Pkw-Verkehrsaufwand in allen vier Szenarien deutlich. In den Szenarien 1 und 3 liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im gesamten Betrachtungszeitraum sogar über dem Business as Usual Szenario. In den Szenarien 2 und 4 liegt nur gegen Ende des Betrachtungszeitraums knapp unter dem Business as Usual Szenario. Je nach Szenario erhöht sich der Pkw-Verkehrsaufwand durch den Wegfall des Elements Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs um bis zu 15 Prozentpunkte.

Ohne weitere Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in allen vier Szenarien deutlich. Grund dafür sind die im Vergleich zum Elektroantrieb höheren Treibstoffkosten der konventionellen Pkws. In allen Szenarien liegt der Pkw-Verkehrsaufwand im gesamten Betrachtungszeitraum deutlich unter dem Business as Usual Szenario. Je nach Szenario verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand durch den Wegfall des Elements Elektrifizierung des Pkw-Antriebsstrangs um bis zu 14 Prozentpunkte.

Abbildung 54: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands der vier Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



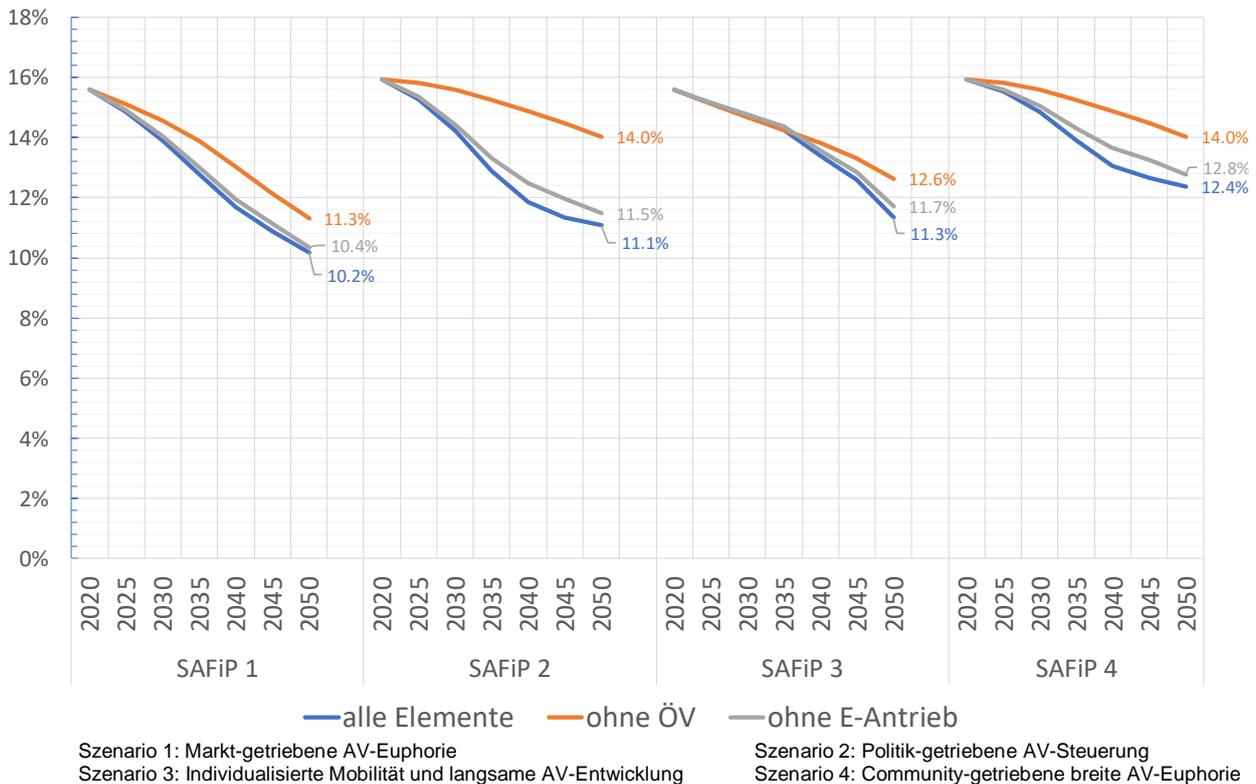
Verkehrsmittelanteile

Abbildung 55 bis Abbildung 58 zeigen einen Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile des öffentlichen Verkehrs und batterieelektrischer Antrieb auf die Entwicklung der Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel an den Wegen der vier Szenarien.

Anmerkung: Die Wege, welche mit Car- und Ride Sharing Angeboten durchgeführt werden, werden im Folgenden dem motorisierten Individualverkehr zugerechnet. Wege, die mit automatisierten Fahrzeugen auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs zurückgelegt werden, werden dagegen dem öffentlichen Verkehr zugerechnet.

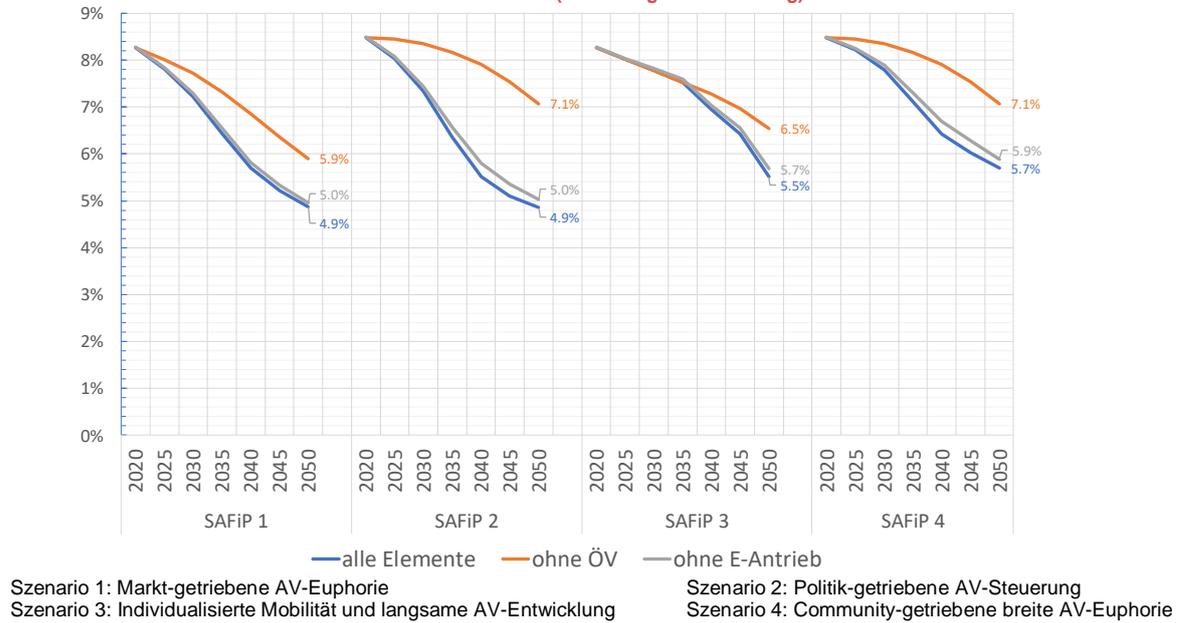
In allen hier betrachteten Varianten der Szenarien geht der Anteil des **Fußverkehrs** an den Wegen in Österreich über den gesamten Beobachtungszeitraum kontinuierlich zurück (Abbildung 55). Der Wegfall der Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs hat hingegen nur geringfügige Effekte. In allen Szenarien erhöht sich der Anteil des Fußverkehrs leicht. Im Gegensatz dazu hat der Wegfall der Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs deutlichere Auswirkungen. Der Anteil des Fußverkehrs erhöht sich dadurch relativ um bis zu plus drei Prozentpunkte, liegt aber trotzdem noch um etwa zwei Prozentpunkte unter dem Ausgangsniveau.

Abbildung 55: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung der Anteile der Wege im Fußverkehr der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



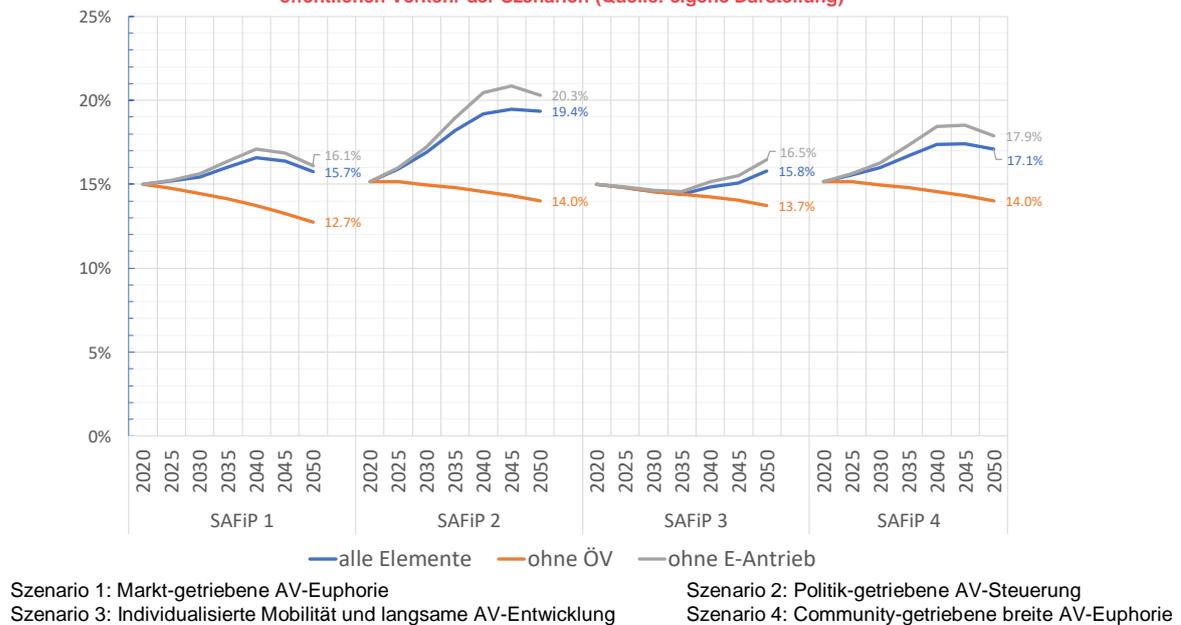
In allen hier betrachteten Varianten der Szenarien geht der Anteil des **Radverkehrs** an den Wegen in Österreich über den gesamten Beobachtungszeitraum kontinuierlich zurück (Abbildung 56). Der Wegfall der Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs hat nur geringfügige Effekte. In allen Szenarien erhöht sich der Anteil des Radverkehrs leicht. Im Gegensatz dazu hat der Wegfall der Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs deutlichere Auswirkungen. Der Anteil des Radverkehrs erhöht sich dadurch relativ um bis zu rund zwei Prozentpunkte, liegt aber trotzdem noch um etwa eineinhalb Prozentpunkte unter dem Ausgangsniveau.

Abbildung 56: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung der Anteile der Wege im Radverkehr der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



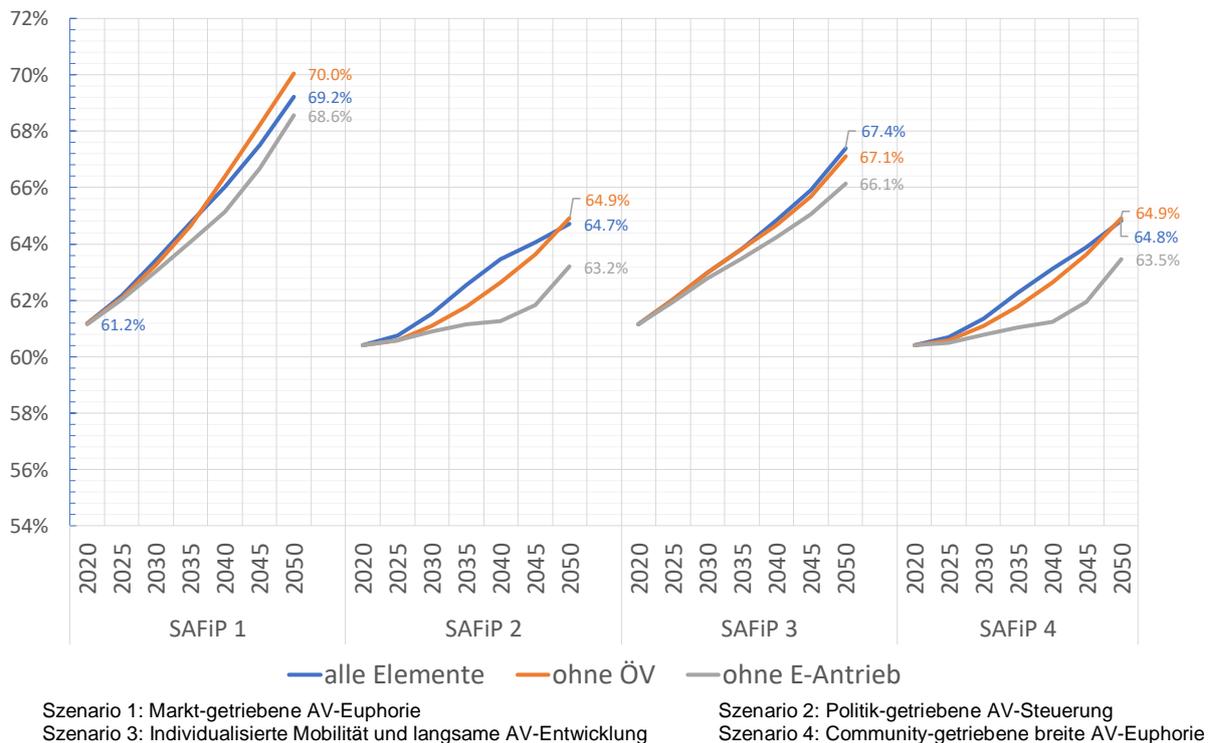
In der Variante ohne Automatisierung der letzten Meile geht der Anteil des **öffentlichen Verkehrs** an den Wegen in Österreich über den gesamten Beobachtungszeitraum kontinuierlich zurück (Abbildung 57). Relativ zum Szenario mit Automatisierung der letzten Meile und Elektrifizierung des Pkw-Antriebs reduziert sich in dieser Variante der Anteil des öffentlichen Verkehrs deutlich um bis zu fünf Prozentpunkte. Der Wegfall der Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs führt relativ zum Szenario mit Automatisierung der letzten Meile und Elektrifizierung des Pkw-Antriebs zu einem weiteren leichten Anstieg des Anteils des öffentlichen Verkehrs um bis zu einem Prozentpunkt.

Abbildung 57: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung der Anteile der Wege im öffentlichen Verkehr der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



In allen hier betrachteten Varianten der Szenarien nimmt der Anteil des **motorisierten Individualverkehrs** an den Wegen in Österreich über den gesamten Beobachtungszeitraum kontinuierlich zu (Abbildung 58). Der Wegfall der Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs führt zu einem Rückgang des Anteils des motorisierten Individualverkehrs um bis zu zwei Prozentpunkte. Der Grund dafür sind die im Vergleich zum E-Antrieb höheren Treibstoffkosten. Der Wegfall der Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs hatte deutlich geringere Auswirkungen. In den Szenarien 1 und 3 erhöht sich der Anteil des motorisierten Individualverkehrs durchgehend. In den Szenarien 2 und 4 geht zunächst der Anteil des motorisierten Individualverkehrs leicht zurück, was aber gegen das Jahr 2050 wieder aufgeholt wird. In diesen Varianten werden längere durch kürzere Wege mit dem Pkw ersetzt.

Abbildung 58: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung der Anteile der Wege im motorisierten Individualverkehr der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



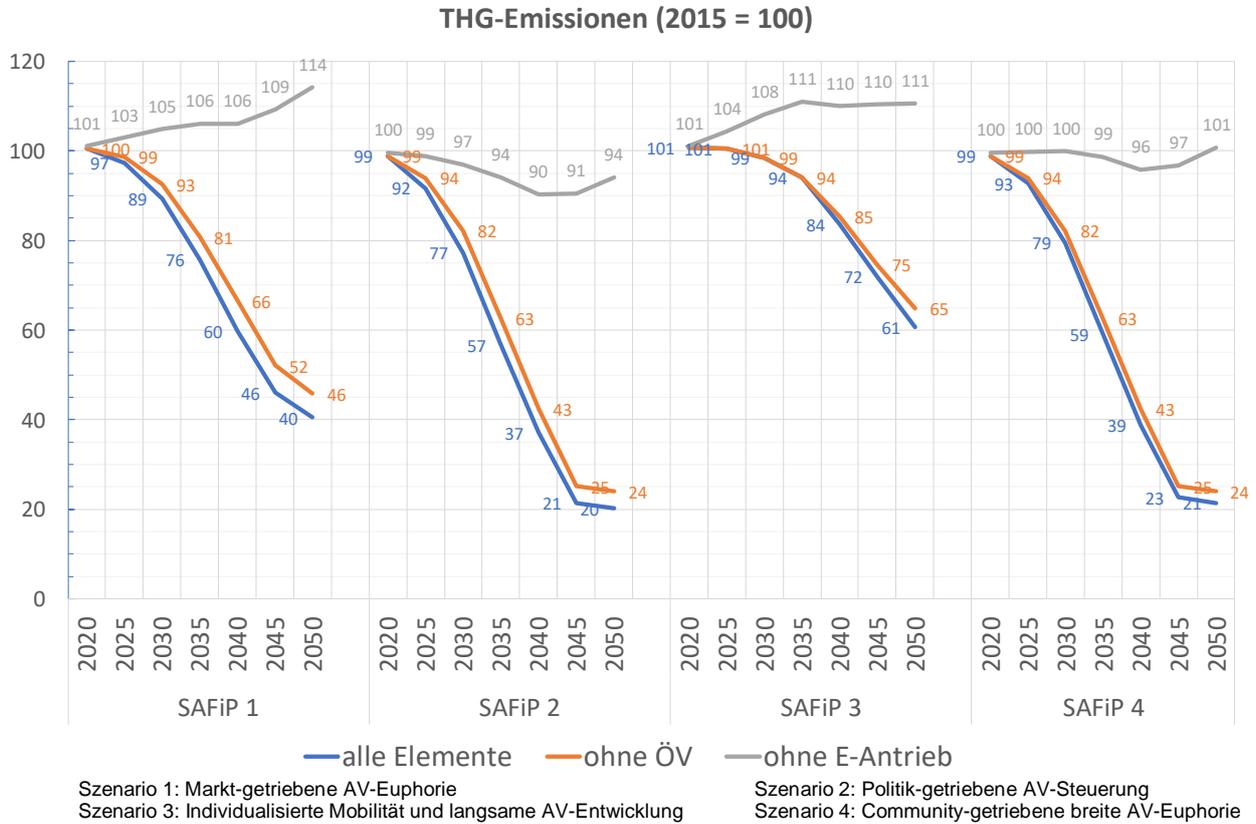
Treibhausgasemissionen

Abbildung 59 zeigt einen Vergleich des Einflusses der Elemente Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs und batterieelektrischer Antrieb auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen der vier Szenarien.

Ohne die Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs erhöhen sich Treibhausgasemissionen in allen vier Szenarien moderat, liegen aber über den gesamten Betrachtungszeitraum deutlich unter dem Basisjahr 2015. Je nach Szenario und Jahr erhöhen sich die Treibhausgasemissionen durch den Wegfall des Elements Automatisierung der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs um bis zu sieben Prozentpunkte.

Die Auswirkungen des Wegfalls des Elements Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs sind dagegen dramatisch. Ohne weitere Elektrifizierung des Pkws-Antriebsstrangs erhöhen sich die Treibhausgasemissionen in allen vier Szenarien je nach Jahr relativ um bis zu 87 Prozentpunkte. In den Szenarien 1 und 3 liegen die Treibhausgasemissionen im gesamten Betrachtungszeitraum über den Werten des Basisjahrs 2015. Im Szenario 2 liegen die Treibhausgasemissionen im gesamten Betrachtungszeitraum leicht unter den Werten des Jahres 2015. Im Szenario 4 liegen sie zuerst ebenfalls unter dem Wert des Jahres 2015, erreichen im Jahr 2050 aber in etwa wieder den Ausgangswert. Das bedeutet, dass signifikante Beiträge zur Erreichung der Energie- und Klimaziele nur in Verbindung mit einer Elektrifizierung des Antriebsstrangs zu erwarten sind.

Abbildung 59: Vergleich des Einflusses der Elemente automatisierte letzte Meile und E-Antrieb auf die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



4.6. Exkurs: Vergleich der Modellergebnisse mit anderen Ergebnissen aus der Literatur

Studie „Energie- und Treibhausgaswirkungen von automatisiertem und vernetztem Fahren im Straßenverkehr“

Die Studie „Energie- und Treibhausgaswirkungen von automatisiertem und vernetztem Fahren im Straßenverkehr“ ist im Rahmen der wissenschaftlichen Beratung des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie entstanden (vgl. Krail et al. 2019). Projektpartner waren das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, die PTV AG, die PTV Transport Consult GmbH, das Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TU Hamburg-Harburg und die M-Five GmbH.

Die Studie geht nicht von einer hundertprozentigen Marktdurchdringung fahrerloser Kraftfahrzeuge auf der Straße in Deutschland aus, sondern von einem bis zum Jahr 2050 als realisierbar eingeschätzten Markthochlauf automatisierter Fahrzeuge der Stufen 1 bis 5. Dazu wurden zwei unterschiedliche Szenarien definiert:

- Szenario 1 – Welt des Fahrzeugbesitzes (auch in Zukunft ist der private Fahrzeugbesitz weiterhin das dominierende Modell) und
- Szenario 2 - Welt der Mobilitätsdienstleistungen (es kommt zu einem breiteren Einsatz von Car Sharing und Ride Sharing Diensten („Mobility as a Service“)).

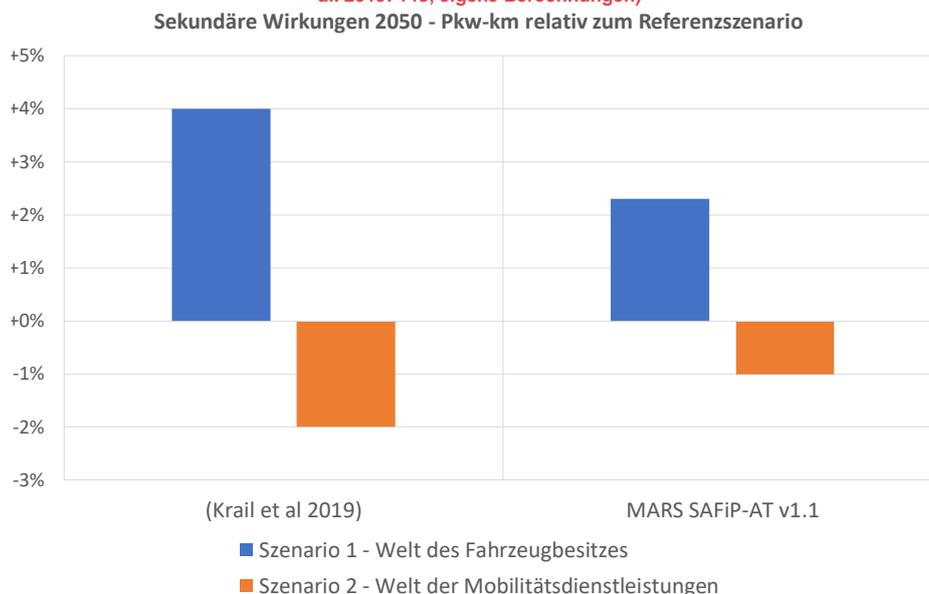
Im Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 rund 28 Prozent der Pkws über Level 4 und rund sechs Prozent über Level 5 verfügen. Im Szenario 2 liegen die Pkw-Flottenanteile etwas höher bei 34 Prozent für Level 4 und sieben Prozent für Level 5. Der angenommene Automatisierungsgrad liegt damit deutlich unter jenen, die den SAFiP-Szenarien zugrunde gelegt wurden (siehe Kapitel 4.4.1)

Das Hauptziel der Studie war die Quantifizierung der Potenziale des automatisierten Fahrens im Straßenverkehr zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und des Endenergieverbrauchs in Deutschland bis zum Jahr 2050. Zu diesem Zweck wurde zwischen primären und sekundären Wirkungen unterschieden. Unter **primären Wirkungen** werden solche verstanden, die aus Effizienzvorteilen automatisierter Fahrzeuge entstehen. *Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge sind effizienter und verbrauchsärmer, weil durch die Automatisierung Brems- und Beschleunigungsvorgänge reduziert werden können, das Fahrzeug frühzeitig auf die Topographie und auch den Verkehrsfluss reagieren kann* (vgl. Krail *et al.*, 2019: 10). **Sekundäre Wirkungen** des automatisierten und vernetzten Fahrens entstehen durch verkehrliche Änderungen, beispielsweise die Änderung der Verkehrsmittelwahl und der Verkehrsverteilung bzw. der Distanzen durch sich ändernde Kosten, Fahrzeiten und der Wahrnehmung der Fahrzeit. Darüber hinaus kann sich bei einer hohen Marktdurchdringung hochautomatisierter und vernetzter Fahrzeuge die Kapazität der Straßen ändern. Zur Bestimmung der sekundären Wirkungen wurde das Modell ASTRA¹¹ (**A**SSessment of **T**RANSPORT Strategies) eingesetzt. Veränderungen der Verkehrsverteilung und der Verkehrsmittelwahl werden in ASTRA mittels eines Elastizitätsansatzes quantifiziert.

Für einen Vergleich der Modellergebnisse hinsichtlich der sekundären Wirkungen wurde versucht, die beiden Szenarien im Modell MARS SAFiP-AT v1.1 nachzubauen. Zur Definition der beiden Szenarien wurden die folgenden Annahmen verwendet. Die Reisezeit der automatisierten Fahrzeuge erhöht sich im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen um bis zu vier Prozent (vgl. Krail *et al.*, 2019: 56). Die Bewertung der Reisezeit automatisierter Fahrzeuge reduziert sich um 50 Prozent (vgl. Krail *et al.*, 2019: 59). Neue NutzerInnengruppen werden nicht berücksichtigt (Krail *et al.*, 2019) S. 60. Im Jahr 2050 liegt der Anteil batterieelektrischer Pkws bei rund 30 Prozent, jener von Plug-in-Hybrid Pkws bei rund 20 Prozent (vgl. Krail *et al.*, 2019: 68). Die Treibstoffkosten automatisierter Pkws sind im Jahr 2050 rund vier Prozent niedriger als jene konventioneller Pkws (Krail *et al.*, 2019: 140). Im Anwendungsfall automatisiertes Ride Sharing erhöht sich der Besetzungsgrad auf 2.5 Personen je Fahrzeug (vgl. Krail *et al.*, 2019 142).

Durch die sekundären Wirkungen erhöht sich der Pkw-Verkehrsaufwand im **Szenario 1** - Welt des Fahrzeugbesitzes im Jahr 2050 relativ zum Referenzszenario um rund vier Prozent (vgl. Krail *et al.*, 2019: 143). Im mit dem Modell MARS SAFiP-AT v1.1 nachgestellten Szenario erhöht sich der Pkw-Verkehrsaufwand um knapp 2.5 Prozent (Abbildung 60). Im **Szenario 2** - Welt der Mobilitätsdienstleistungen verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand dagegen um rund zwei Prozent (vgl. Krail *et al.*, 2019: 143). Im mit dem Modell MARS SAFiP-AT v1.1 nachgestellten Szenario verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand um rund ein Prozent. Angesichts des Umstands, dass die Annahmen nicht im Detail bekannt und auch nicht eins zu eins übertragbar sind, kann die Übereinstimmung der Modellergebnisse als durchaus gut eingestuft werden.

Abbildung 60: Vergleich der sekundären Wirkungen – Änderung des Pkw-Verkehrsaufwands 2050 relativ zum Referenzszenario (Quelle: Krail *et al.*, 2019: 143, eigene Berechnungen)



¹¹ Details siehe <http://www.astra-model.eu/>

4.7. Zwischenfazit

a) Methodenreflexion

- Das Modell MARS ist ein strategisches, räumlich relativ hoch aggregiertes, dafür aber dynamisches Modell. D.h. mikroskopische Effekte, wie z.B. die Kapazitätssteigerung durch geringere Fahrzeugfolgezeiten, können nicht intern modelliert werden.
- Mit Hilfe des systemdynamischen Modells MARS können jedoch die sekundären Wirkungen der Automatisierung der Fahrzeugflotte simuliert werden. Unter sekundären Wirkungen werden Effekte verstanden, welche durch Änderungen in der Verkehrsnachfrage entstehen. Diese betreffen sowohl die Verkehrsmittelwahl als auch die Zielwahl (vgl. Krail et al., 2019: 10).
- Das MARS Modell beinhaltet keine interne Modellierung der Akzeptanz und Marktentwicklung automatisierter Fahrzeuge. Die Entwicklung der Marktanteile von Level 4 und 5 Fahrzeugen kommt als Szenariovariable aus externen Quellen. Im Modell MARS werden die Marktanteile mit Hilfe eines Stock-Flow-Modells in Flottenanteile umgerechnet.
- Primäre Wirkungen, d.h. Effekte die aus Effizienzvorteilen automatisierter Fahrzeuge entstehen, sind ebenfalls extern definierte Szenario-Variablen. Über geänderte Nutzungskosten verursachen Effizienzgewinne aber gegebenenfalls wieder Nachfrageänderungen.
- Die Akzeptanz von Car Sharing Angeboten ist derzeit nicht intern im Modell abgebildet, sondern wird über Szenario-Annahmen berücksichtigt. D.h. das Modell liefert keine Rückschlüsse, welche Politiken dafür notwendig sind, damit die Transformation von Privat-Pkws hin zu geteilten Pkws erfolgt, sondern nur welche Nachfrageeffekte im Fall der Transformation zu erwarten sind.
- Der Effekt von Ride Sharing Angeboten wird vereinfacht über eine Zunahme des Besetzungsgrads abgebildet. D.h. es sind keine direkten Aussagen möglich, wieviel Fahrzeuge für einen Betrieb notwendig wären und wie dieser organisiert werden müsste. Gleiches gilt für die Automatisierung der letzten Meile im öffentlichen Verkehr. Auch hier sind keine direkten Aussagen über die konkrete Ausgestaltung des Betriebs möglich.

Um das SAFiP-Projekt in den Kontext anderer Studien zu den Effekten des automatisierten Fahrens zu stellen ist insbesondere die Metastudie von Soteropoulos et al. (2019) relevant. Dort liegen die Spannen bei den Wirkungen automatisierter Fahrzeuge beim Verkehrsaufwand zwischen +1% und +59% bei privaten automatisierten Fahrzeugen und zwischen +8% bis +80% bei AV Car Sharing. Diese Zunahmen beim Verkehrsaufwand ergeben sich aufgrund von Verlagerungen von anderen Verkehrsmodi sowie Leerfahrten. Eine Reduktion des Verkehrsaufwands in der Spanne von -25% bis -10% zeigt sich allein bei der Annahme eines sehr hohen Anteils von Ride Sharing und damit eines hohen Besetzungsgrades (vgl. Soteropoulos et al. 2019: 40). Die Ergebnisse werden durch zahlreiche Einflüsse wie der verwendeten Methodik, den betrachteten Wirkungszusammenhängen, dem betrachteten Raum sowie den verwendeten Annahmen beeinflusst. Diese Einflussgrößen werden im Folgenden in Bezug auf das Forschungsprojekt SAFiP diskutiert.

- **Unterschiede in der Methodik:** Obwohl die methodischen Zugänge sehr unterschiedlich sind, führen diese nicht unbedingt zu größeren Unterschieden in den Ergebnissen verkehrsrelevanter Wirkungsspektren. Die Zugänge reichen von mikroskopischen Modellen bzw. agenten-basierten-Modellen (z.B. MATSim) bis zu makroskopischen Modellen (vgl. Soteropoulos et al. 2019: 32). Mit mikroskopischen Modellen gelingt es besser die Maßnahmenreagibilität detaillierter abzubilden, was für Dimensionierungsaufgaben (z.B. Wie groß soll eine Ride Sharing-Flotte in einer bestimmten Region sein?) wichtig ist (vgl. von Möriener 2018). Um langfristige Veränderungstendenzen abzuschätzen zu können, sind makroskopische Modelle adäquat, insbesondere bei Sensitivitätsbetrachtungen handelt.
- **Unterschiede in den betrachteten Wirkungszusammenhängen:** In Studien zu den verkehrlichen Wirkungen des automatisierten Fahrens werden ähnliche Wirkungszusammenhänge wie im Projekt SAFiP (z.B. neue Nutzergruppen, Kapazitätserhöhungen, Bewertung der Fahrzeit, etc.) betrachtet. Im Projekt SAFiP wurden diese Wirkungszusammenhänge sehr umfassend berücksichtigt. Bleiben Wirkungszusammenhänge wie potentiell neue AV-Nutzergruppen (Kinder, Jugendliche, Personen ohne Führerschein) wie in der Studie von Krail et al. (2019) unberücksichtigt, so hat dies deutliche Auswirkungen auf die Ergebnisse (siehe Kapitel 4.6).
- **Unterschiede im betrachteten Raum:** Unterschiedliche räumliche Abgrenzungen z.B. gesamtes Land, Großstadt, Stadtregion erschweren die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Ergebnisse aus den genannten Studien. Sowohl im Projekt SAFiP als auch bei Gruber et al. (2018) ist der Betrachtungsraum Österreich. Hierbei zeigt sich, dass sich die Wirkungsspektren des automatisierten Fahrens in ähnlicher Größenordnung abbilden.
- **Unterschiede in den Annahmen:** Derzeit basieren die Studien zu Effekten des automatisierten Fahrens sehr stark auf getroffenen Annahmen z.B. Durchdringungsrate bzw. Marktanteile automatisierter Fahrzeuge, Veränderungen bei der Bewertung der Fahrzeit, Steigerung der Straßenkapazität, Fahrtkosten und

Besetzungsgrad bei AV-Ride Sharing. Diese Annahmen beeinflussen sehr stark die Ergebnisse, wie die sehr differenzierte Sensitivitätsanalyse im Projekt SAFiP zeigt (siehe Anhang A5). Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Annahmen noch wenig empirisch fundiert sind und somit Forschungsbedarf besteht. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse für Österreich weitestgehend zu gewährleisten, wurden die Annahmen aus dem Projekt AUTONOM (vgl. Gruber et al. 2018) zugrunde gelegt. Um Aussagen zu einer Veränderung der Treibhausgasemissionen treffen zu können, ist neben der Veränderung des Verkehrsaufwandes auch die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte relevant. Wie sich die Fahrzeugflotte in Folge der Automatisierung zukünftig verändern wird, ist bislang kaum Gegenstand von Arbeiten, außer z.B. Krail et al. (2019), deren Arbeit lediglich auf Annahmen zukünftiger Zusammensetzungen der Fahrzeugflotten beruht. Derzeit ist den Autoren keine fundierte Empirie bekannt, die das individuelle Kaufverhalten hinsichtlich unterschiedlicher AV-Fahrzeuge, also Gewicht, Größe etc. empirisch abbildet. Der aktuelle Trend zeigt eigentlich eher, dass immer größere und schwerere Fahrzeuge gekauft werden (vgl. de Haan & Fischer 2018: 10). Außerdem bleibt vage und empirisch schwer fassbar, wie sich Flottenbetreiber von Car und Ride Sharing hinsichtlich der Fahrzeuggröße, Antriebssystem etc. entscheiden werden.

Zudem ist grundsätzlich festzuhalten, dass die Maßnahmenreagibilität in Folge des AV empirisch noch wenig abgesichert ist. Es fehlen derzeit beispielsweise Stated-Choice-Experimente, um individuelle Entscheidungsräume der Zukunft auszuloten. Großer Forschungsbedarf besteht in der empirischen Forschung, wie sich – differenziert nach sozialen Gruppen und räumlichen Strukturen – zukünftig das Kauf- und Verkehrsverhalten verändern wird, wenn automatisiertes Fahren möglich sein wird.

Übersicht 16: Qualitative Abschätzung hinsichtlich der Varianz der Wirkungseffekte unterschiedlicher Einflussgrößen

Einflussgröße	Relevanz hinsichtlich der Varianz der Wirkungseffekte
Methodik	•
Wirkungszusammenhänge	••
Raum	•
Annahmen	•••
Soziale Differenzierung	••

Legende: • = gering •• = mittel ••• = hoch

b) Reflexion der Ergebnisse aus dem MARS-Modell

Aus den quantitativen Modellierungen der entwickelten Szenarien (siehe Übersicht 15) können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

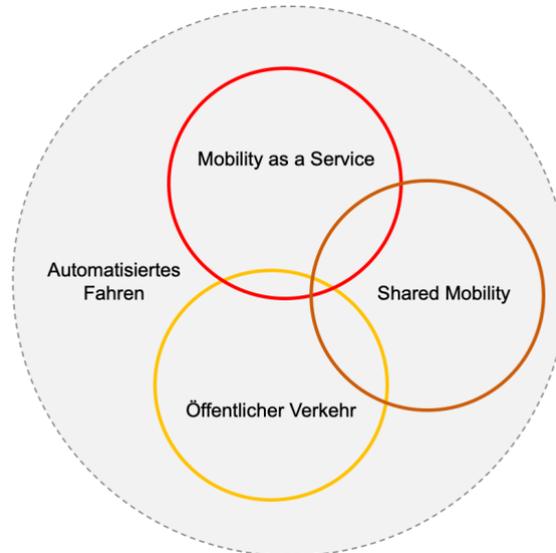
- Szenarien, ohne Angebotsverbesserungen durch einen starken automatisierten öffentlichen Verkehr, welche nur auf private automatisierte Pkws oder Car Sharing setzen, führen selbst bei Ride Sharing mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Zunahme der mit individuellen Kraftfahrzeugen zurückgelegten Kilometer (siehe Abbildung 54).
- Ohne einen Wechsel der Antriebstechnologie steigen die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 2015 in den Szenarien 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) und 3 (Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung) sogar an (siehe Abbildung 59), während sie in den Szenarien 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) und 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) nur sehr schwach rückläufig sind. Die Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT, 2018) werden in jedem Fall um ein Vielfaches verfehlt.
- Selbst in den Szenarien mit Angebotsverbesserungen durch einen starken automatisierten öffentlichen Verkehr und einem Wechsel der Antriebstechnologie werden die Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT 2018) in keinem der Szenarien erreicht. Mit einer auf das Jahr 2015 bezogenen Abnahme der Treibhausgasemissionen von 23 bzw. 21 Prozent kommen die Szenarien 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) und 4 (Community-getriebene breite AV-Euphorie) dem Ziel noch am nächsten.
- Um die Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT, 2018) für 2030 zu erreichen, sind neben den in den SAFiP-Szenarien beschriebenen Veränderungen des Verkehrssystems zusätzliche verkehrspolitische Maßnahmen notwendig. Diese werden in Kapitel 6.6. im Rahmen eines Backcasting-Ansatzes beispielhaft getestet.

5. Vertiefung Automatisiertes Fahren und öffentlicher Verkehr

Eine nähere Beschäftigung mit dem öffentlichen Verkehr (ÖV) vor dem Hintergrund des automatisierten Fahrens ist unumgänglich, da mit der Technologie des automatisierten Fahrens verschiedene Chancen und Potentiale, aber auch Herausforderungen und Risiken für den klassischen öffentlichen Verkehr einhergehen.

Bei den Überlegungen zur Auswirkung des AV auf den ÖV wird oft von einer weiteren Verschiebung der Grenzen zwischen dem klassischen ÖV und dem motorisierten Individualverkehr (MIV) und von einem Übergangsbereich des öffentlichen Individualverkehrs (ÖIV) mit automatisierten Fahrzeugen bzw. von einer Individualisierung des öffentlichen Verkehrs gesprochen (vgl. Lenz & Fraedrich 2015: 189; Röhrleef 2017: 14; Bruns et al. 2018: 12): Schon heute differenziert sich das Mobilitätsangebot durch neue Angebotsformen (z.B. Shared Mobility) aus, was vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung weiter zunehmen wird (vgl. Lenz & Fraedrich 2015: 183). Mit der technologischen Entwicklung des automatisierten Fahrens bieten sich neue Möglichkeiten für die Entwicklung von Geschäftsmodellen, welche neuen Anbietenden den Markteintritt eröffnen. Aufgrund der Automatisierung und Vernetzung sind disruptive Entwicklungen im Mobilitätsbereich und eine weitere Transformation der heute bekannten Angebotsformen vorstellbar (vgl. Gertz & Dörnemann 2016: 5). In diesem Zusammenhang gewinnt das Konzept „Mobility as a Service“ an Bedeutung, welches öffentliche und private Verkehrsangebote sowie unterschiedliche Verkehrsarten mittels einheitlichem, digitalem Zugangsportal (Plattform, App) kombiniert und so auf individuelle Bedürfnisse angepasste, maßgeschneiderte Mobilitätslösungen anbietet (vgl. EPOMM 2017; Jittrapirom et al. 2017: 14). Bislang ist jedoch kaum geklärt, welche Rolle der öffentliche Verkehr dabei einnehmen wird (vgl. Aapaoja et al. 2017: 9ff).

Abbildung 61: Automatisiertes Fahren, Mobility as a Service und öffentlicher Verkehr (Quelle: eigene Darstellung)



In bisherigen Szenarien-Studien zum automatisierten Fahren fand der öffentliche Verkehr bisher noch wenig Beachtung. Lediglich in der Szenarien-Studie des VDV (2015) stand der ÖV im Mittelpunkt, während sich die AutorInnen in den sonstigen Studien allenfalls am Rande mit dem ÖV auseinandergesetzt hatten. Eine nähere Thematisierung des öffentlichen Verkehrs vor dem Hintergrund des automatisierten Fahrens ist jedoch von besonderer Bedeutung, da zum einen der Planungshorizont öffentlicher Verkehrsbetriebe für die Beschaffung von Bussen, Schienenverkehrsmitteln und den Infrastrukturausbau im mittel- bis langfristigen Bereich liegt (vgl. Beckmann 2019) und zum anderen völlig neue Geschäftsmodelle für hybride Angebotsformen notwendig sein werden (vgl. Gertz & Dörnemann 2016: 20).

In diesem Kapitel wird daher die Relevanz der Automatisierung für den öffentlichen Verkehr hervorgehoben. Besonders wichtig ist es, verschiedene Use Cases des automatisierten Fahrens im öffentlichen Verkehr zu berücksichtigen sowie die Themen Organisation, Rollen und Aufgaben des ÖV sowie die Bereiche Kosten, Finanzierung und Tarifstruktur näher zu analysieren. Die Ergebnisse dieser Betrachtung fließen auch in die Erarbeitung der vorherigen Kapitel, insbesondere der entwickelten Szenarien ein. Daher erfolgt am Ende des Kapitels noch eine vertiefende, räumlich differenzierte Betrachtung des öffentlichen Verkehrs vor dem Hintergrund des automatisierten Fahrens innerhalb der Szenarien für das Jahr 2030.

5.1. Angebotsformen im öffentlichen Verkehr und Use Cases AV

Grundsätzlich fallen unter den öffentlichen Verkehr alle Angebote zur regelmäßigen und gewerbsmäßigen Personenbeförderung. Diese zeichnen sich vor allem durch eine geteilte und für jedermann unter gleichen Bedingungen zugängliche Nutzung aus (vgl. Hörold, 2016: 38; Bruns et al. 2018: 15). Die Bereitstellung des ÖV Angebotes wird zumeist als öffentliche Aufgabe im Rahmen der Daseinsvorsorge für Mobilität betrachtet (Rollinger et al. 2009: 6). Dies führt dazu, dass die ÖV Angebote im Betrieb zumeist nicht vollständig kostendeckend sind und demnach öffentliche Zuschüsse erhalten.

Der öffentliche Personenverkehr ist in Österreich im öffentlichen Personennah- und Regionalverkehrsgesetz (ÖPNRV-G) bundesweit geregelt; das Kraftfahrliiniengesetz (KfIG) ist die gesetzliche Grundlage für den Straßenpersonennahverkehr (bmvit 2019). Das ÖPNRV-G unterscheidet hierbei zwischen dem Personennahverkehr und dem Personenregionalverkehr. Hierbei werden unter dem Personennahverkehr solche Verkehrsdienste verstanden, die den Verkehrsbedarf innerhalb eines Stadtgebietes (Stadtverkehr) oder zwischen einem Stadtgebiet und seinem Umland (Vorortverkehre) befriedigen. Personenregionalverkehr sind solche Verkehre, die den Verkehrsbedarf einer Region bzw. des ländlichen Raumes befriedigen (vgl. Öffentliches Personennah- und Regionalverkehrsgesetz 1999). Öffentliche Verkehrsangebote zeichnen sich zudem durch folgende Merkmale aus, die im KfIG verankert sind und wodurch sich die bekannten heute weitestgehend fixen Elemente des öffentlichen Verkehrs, wie Abfahrtszeiten, Haltestellen und Linienführung ergeben (vgl. Kraftfahrliiniengesetz 1999; Bruns et al. 2018):

- Ausführung durch berechnigte Verkehrsunternehmen auf konzessierten Linien/Routen
- Fahrplanpflicht: Aufstellung und Publikation eines Fahrplans
- Betriebspflicht: Durchführung des publizierten Angebots unabhängig von den äußeren Bedingungen und der momentanen Nachfrage
- Tarifpflicht: Fixierung und Veröffentlichung der Beförderungsbedingungen und Preise

Zusätzlich zu dem eher klassischen Linienverkehr finden sich jedoch auch Angebotsformen, die durch eine Flexibilisierung der Abfahrtszeit (on-demand Verkehr), der Route/Linie, variable Halte (ohne ortsfeste Haltestellen) oder eine Kombination dieser Elemente stärker an den individuellen Bedürfnissen der Fahrgäste orientiert sind (vgl. Bruns et al. 2018: 15). Hierbei lassen sich flexible Angebotsformen, d.h. Mikro-ÖV-Systeme oder Bedarfsverkehre, und alternative Angebotsformen wie das Car Sharing, Ride Sharing oder Bike Sharing unterscheiden. Während Erstere unter das Gelegenheitsverkehrsgesetz (GelverkG) fallen, welches die gewerberechnigten Rahmenbedingungen für den nicht linienmäßigen Personentransport regelt (vgl. Gelegenheitsverkehrs-Gesetz 1996), ist der Geltungsbereich von Letzteren meist gesetzlich ungerichtet. Sommer (2018: 3 f.) spricht in diesem Zusammenhang von öffentlich zugänglichen Angeboten eines „erweiterten“ öffentlichen Verkehrs.

Klassischer Linienverkehr

Der klassische Linienverkehr ist durch feste Haltestellen gekennzeichnet, die nach einem festen Fahrplan in vorgegebener Reihenfolge bedient werden. Da die Fahrgäste bei diesen Angeboten davon ausgehen können, dass die im Fahrplan ausgewiesenen Angebote tatsächlich durchgeführt werden (auch Fahrten werden durchgeführt, bei denen keine oder nur eine sehr geringe Fahrgastnachfrage besteht), ist eine Anmeldung durch den Fahrgast nicht erforderlich. Der klassische Linienverkehr ist besonders für eine regelmäßige und stetige Fahrgastnachfrage geeignet (vgl. Sommer 2016: 18).

Übersicht 17: Merkmale des klassischen Linienverkehrs

Klassischer Linienverkehr	
Eigenschaften	Festgelegte Bedienung, Fahrplan und eindeutiger Linienweg
Beispiele	Übergeordnetes Bahn-Bus-Grundnetz; Lokaler Linienverkehr zur Erschließung
Verkehrsmittel	U-Bahn, S-Bahn/Regionalbahn, Straßenbahn, Gelenkbus, Standardbus, Minibus (Bürgerbus)
Rechtsgrundlagen	Öffentliches Personennah- und Regionalverkehrsgesetz (ÖPNRV-G), Kraftfahrliiniengesetz (KfIG)

Flexible Angebotsformen

Flexible, bedarfsgesteuerte Angebotsformen werden insbesondere in Zeiten und Räumen schwacher Nachfrage zur Reduzierung des betrieblichen und finanziellen Aufwandes eingesetzt. Solche Angebotsformen können sich flexibel auf eine veränderte Nachfrage der Fahrgäste einstellen und auch in Kombination mit Linienverkehrsmitteln angeboten werden. Unter Berücksichtigung von Form und Struktur des Bedienungsgebietes sowie der Anzahl fest bedienter Haltestellen können verschiedene Angebotsformen unterschieden werden. Angebote ohne Fahrplanbindungen können in 1) Bedarfslinienverkehren mit linienförmigen Bedienungsgebiet, 2) Richtungsbandbetriebe mit korridorförmigen Bedienungsgebieten und

i.d.R. zwei festen Haltstellen sowie 3) Sektorbetriebe mit einem sektorförmigen Bedienungsgebiet und nur einem Verknüpfungspunkt unterschieden werden. Flexible Angebotsformen ohne Fahrplan- und Linienbindung verkehren als Flächenbetriebe im Gegensatz zu den anderen Angebotsformen nicht in Form von Umläufen. Hier werden die Fahrtwünsche in einer Dispositionszentrale gesammelt und rechnergestützt den FahrerInnen mitgeteilt (Sommer et al. 2016: 23ff).

Übersicht 18: Merkmale der flexiblen Angebotsformen

Flexible Angebotsformen	
Eigenschaften	für den Einsatz in Zeiten und Räumen schwacher Nachfrage
Beispiele	Mit Fahrplan: <ul style="list-style-type: none"> • linienförmiges Bedienungsgebiet: Bedarfslinienverkehr • korridorförmiges Bedienungsgebiet (i.d.R. zwei feste Haltstellen): Richtungsbandbetrieb (z.B. Rufbus) • sektorförmiges Bedienungsgebiet (ein Verknüpfungspunkt): Sektorbetrieb (z.B. Anruf-Sammeltaxi, Zubringer) Ohne Fahrplan <ul style="list-style-type: none"> • flächenförmiges Bedienungsgebiet und mit Fahrtenbündelung (Flächenbetrieb bzw. Flächenbedienung)
Verkehrsmittel	Standardbus, Rufbus, Minibus, Van, Anruf-Sammeltaxi
Rechtsgrundlagen	Gelegenheitsverkehrsgesetz (GelverkG)

Alternative Angebotsformen

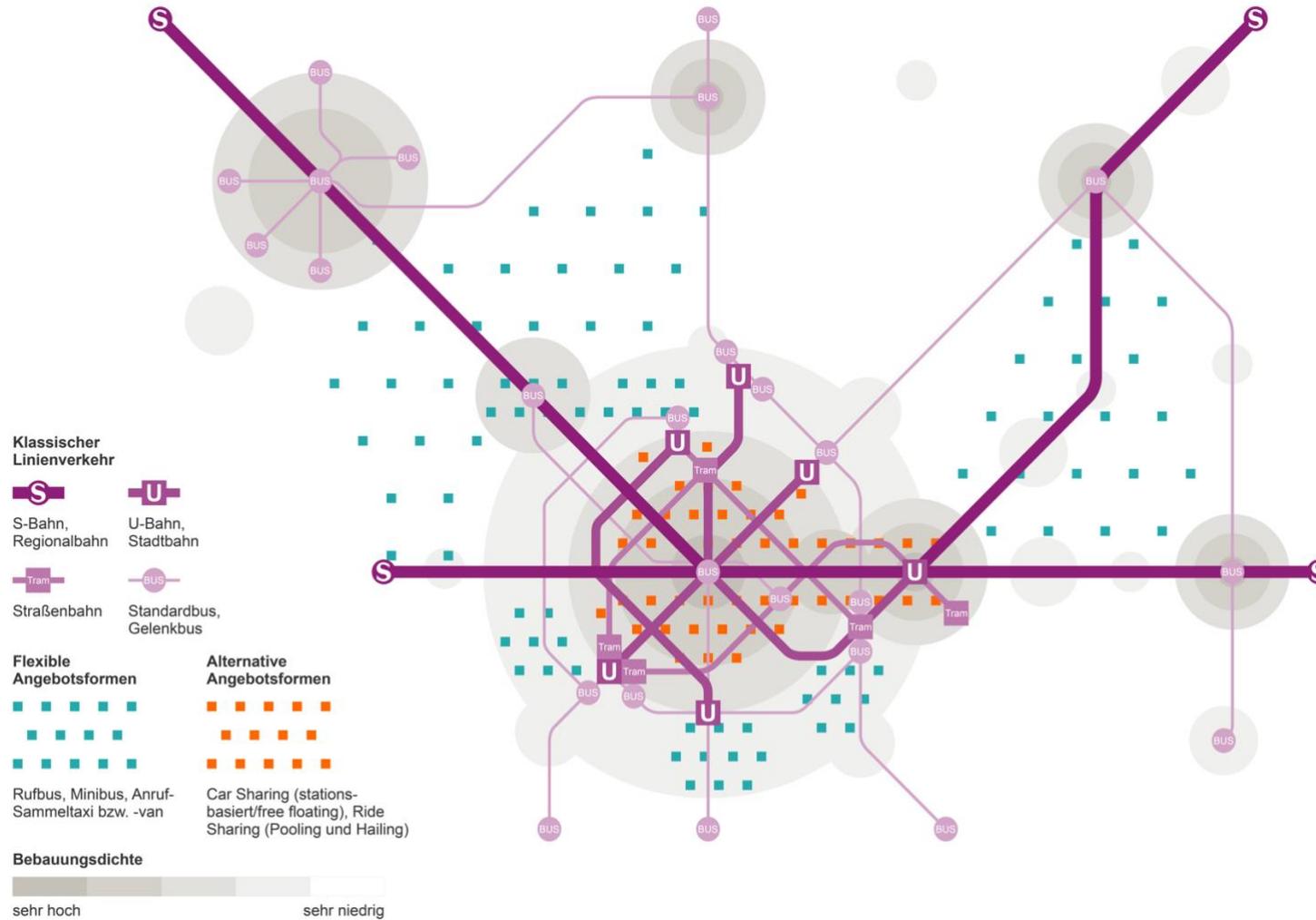
Alternative Angebotsformen werden bislang überwiegend noch nicht in den Gesetzeswerken des öffentlichen Verkehrs geregelt. Sie bilden Verkehrsdienstleistungen, die öffentlich verfügbar sind, aber mit Ausnahme der sozialen Fahrdienste kein professionelles Fahrpersonal einsetzen bzw. benötigen. Hierzu gehören insbesondere die Angebotsformen der Shared Mobility, also das Teilen von Fahrzeugen (Car Sharing) sowie das Teilen von Fahrten, das mit dem (Ober-)Begriff Ride Sharing beschrieben werden kann. Bei Letzteren (sowie sozialen Fahrdiensten) werden KundInnen von anderen FahrerInnen mitgenommen, beim Car Sharing (stationsbasiert/ free floating) fahren die KundInnen selbst. Das Teilen von Fahrten kann dabei je nach Fahrtenanbieter in das Ride Pooling, das Ride Selling bzw. Ride Hailing unterschieden werden. Bei den alternativen Angebotsformen gibt es in der Regel keine Beförderungsgarantie und die gewünschte Fahrt der Kundin bzw. des Kunden findet nur statt, wenn ein entsprechendes Verkehrsmittel verfügbar oder eine relevante Mitfahrgelegenheit vorhanden ist. Zudem ist mit Ausnahme der sozialen Fahrdienste eine einmalige Registrierung bzw. Anmeldung vor der ersten Nutzung erforderlich (vgl. Sommer et al. 2016: 29).

Übersicht 19: Merkmale der alternativen Angebotsformen

Alternative Angebotsformen	
Eigenschaften	in der Regel genehmigungsfrei, in der Regel keine Beförderungsgarantie, einmalige Registrierung bzw. Anmeldung erforderlich (außer sozialer Fahrdienst)
Beispiele	Fahrgast als Mitfahrende/r <ul style="list-style-type: none"> • Privater Fahrtenanbieter <ul style="list-style-type: none"> ○ Ride Pooling: Anbieter = Verkehrs-, Taxi- und Mietwagenunternehmen mit Betriebspflicht, Beförderungspflicht, Pflichtfahrgebiet Tarifvorgaben ○ Ride Sharing (öffentliche Mitnahme): Fahrt findet auch statt, wenn keine dritte Person mitfährt oder wenn nur Personen mitfahren, die nicht über eine Plattform vermittelt wurden; ohne Betriebspflicht, Beförderungspflicht, Pflichtfahrgebiet und Tarifvorgaben (z.B. BlaBla Car) ○ Ride Selling bzw. Ride Hailing: Anbieter = kommerzielle Plattform-Anbieter wie Uber, Moia etc. ohne Betriebspflicht, Beförderungspflicht, Pflichtfahrgebiet und Tarifvorgaben • Soziale Institution/Verein als Fahrtenanbieter <ul style="list-style-type: none"> ○ Sozialer Fahrdienst Fahrgast als Selbstfahrer <ul style="list-style-type: none"> • Car Sharing (stationsbasiert/ free floating) (öffentlicher Pkw)
Verkehrsmittel	Sammeltaxi/Van/Pkw, Einzeltaxi/Pkw
Rechtsgrundlagen	Geltungsbereich (meist) außerhalb der bestehenden oben angeführten Rechtsgrundlagen

Abbildung 62 gibt einen schematischen Überblick über die derzeitige Ausgestaltung der unterschiedlichen Angebotsformen im Raum:

Abbildung 62: Überblick über die derzeitige Ausgestaltung der unterschiedlichen Angebotsformen im Raum (Quelle: eigene Darstellung)



Die Erweiterung und Kombination des klassischen Linienverkehrs durch flexible und alternative und hierbei auch private Angebotsformen wird derzeit vor allem im Kontext von Mobilitätsdienstleistungen („Mobility as a Service“ – MaaS) diskutiert. Die Kombination findet dabei mittels einheitlichem, digitalem Zugangsportal (z.B. Plattform, App) statt. Das Mobilitätsangebot ermöglicht das Zusammenspiel unterschiedlicher Modi, die den jeweiligen persönlichen Bedürfnissen am besten gerecht werden – es werden also individuell maßgeschneiderte Mobilitätslösungen angeboten (vgl. EPOMM 2017; Jittrapirom et al., 2017: 14). Durch MaaS – so die Idee – soll die Effizienz von bestehenden Mobilitätssystemen vor allem in dispers besiedelten Räumen sowie die öffentlichen Ressourcen verbessert werden (vgl. Hoadley 2017: 5ff).

Die Automatisierung im Straßenverkehr bietet in Anbetracht der bestehenden Angebotsformen im erweiterten öffentlichen Verkehr Optionen für eine weitere Ausdifferenzierung des Angebots.

Die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr ist jedoch keineswegs neu (vgl. Jonuschat et al. 2016: 47). Automatisierte U-Bahnen verkehren beispielsweise bereits schon länger in europäischen Hauptstädten wie Paris, Kopenhagen oder Barcelona und zukünftig auch in Wien und sind hier insbesondere aufgrund von reduzierten Personalkosten, geringeren Störwahrscheinlichkeiten und einer einfacheren Überwachung eingerichtet worden (vgl. Beckmann 2016: 38; Allianz pro Schiene 2016). Auch sogenannte Personal Rapid Transit (PRT) Systeme gibt es schon seit Jahren beispielsweise am Flughafen Heathrow in London oder im Businesspark Rivium in Rotterdam (vgl. Liang 2016: 115).

Während diese Fahrzeuge jedoch auf eigens für sie vorgesehenen Trassen (gesichert durch Zäune und Schranken) operieren, also spurgeführte Fahrzeuge sind, wären zukünftige automatisierte Fahrzeuge mit fortschreitender technologischer Entwicklung zunehmend nicht mehr auf solche Infrastrukturen angewiesen und könnten im normalen Straßenverkehr verkehren (vgl. Beckmann 2016: 38). Dies bietet für den öffentlichen Verkehr Möglichkeiten für die Neugestaltung der Intermobilität, für eine weitere Flexibilisierung und Individualisierung sowie für die zeitliche und räumliche Verdichtung des Angebotes (vgl. Lenz & Fraedrich 2015: 189). Ermöglicht wird dies durch den Wegfall von Personalkosten, die im öffentlichen Verkehr einen hohen Anteil der Gesamtkosten ausmachen (vgl. Hell 2006: 169; Forrest & Kunca 2007: 44). Durch den Wegfall bzw. die Reduktion der Personalkosten (s. Kap. 5.3) könnten die Angebote wirtschaftlicher betrieben werden (vgl. Gertz & Dörnemann 2016: 22). Ungeklärt ist jedoch inwieweit dennoch Begleitpersonal benötigt wird, welche die Sicherheit gegenüber anderen Fahrgästen sicherstellt (vgl. Salonen & Haavisto 2019: 13).¹²

Die Automatisierung im Straßenverkehr könnte zu neuen Angebotsformen bzw. Verkehrsmitteln im klassischen Linienverkehr (z.B. AV-Standardbus, AV-Gelenkbus) sowie bei den flexiblen Angebotsformen (z.B. AV-Minibus/Shuttle, AV-Van (AV-Ride Sharing)) oder den alternativen Angebotsformen (z.B. AV-Sammeltaxi (AV-Ride Sharing), AV-Einzeltaxi (AV-Car Sharing)) führen (vgl. Bruns et al. 2018: 21). Im klassischen Linienverkehr werden auch unter AV-Bedingungen große Fahrzeuge verkehren, mit denen das Mindestangebot der öffentlichen Hand abgedeckt werden wird, während die flexiblen und alternativen Angebotsformen eher mit kleinen Fahrzeugen abgedeckt werden wird. Ihre Marktnischen ergeben sich durch zusätzliche Angebote bzw. Angebote zur Kombination mit dem Linienverkehr auf der ersten und letzten Meile insbesondere in Zeiten und Räumen schwacher Nachfrage (vgl. Ohnemus & Perl 2016: 591).

Mit der Übersicht 20 wird ein Überblick über die Merkmale verschiedener Angebotsformen bzw. Verkehrsmittel im erweiterten öffentlichen Verkehr unter Berücksichtigung der Automatisierung im Straßenverkehr gegeben.

¹² Eine kurze Darstellung der erwarteten Änderungen durch AV auf unterschiedliche Elemente des öffentlichen Verkehrs auf Grundlage von Gesprächen mit Experten der Wiener Lokalbahnen findet sich im Anhang A6.

Übersicht 20: Merkmale verschiedener Angebotsformen bzw. Verkehrsmittel im erweiterten öffentlichen Verkehr unter Berücksichtigung der Automatisierung im Straßenverkehr (Quelle: eigene Darstellung, nach Wolf-Eberl et al. 2011: 27ff; Weidmann et al. 2011: 89ff; Sommer et al. 2016: 23ff; Bruns et al. 2018: 20; Sommer 2018: 10; Liu 2018: 66).

Charakteristika/ Elemente									
	S-Bahn/ Regionalbahn	U-Bahn	Straßenbahn	(AV-) Gelenkbus	(AV-) Standardbus	(AV-) Minibus/ Shuttle	(AV-)Van (Ride Sharing)	(AV-) Sammeltaxi (Ride Sharing)	(AV-) Einzeltaxi (Car Sharing)
Zeitliche Verfügbarkeit									
fixer Fahrplan	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Verkehr on-demand						✓	✓	✓	✓
Takt (min)	15 bis 60	2 bis 15	3 bis 30	3 bis 60	3 bis 120	5 bis 30 / -	-	-	-
Anmeldefrist (min)	-	-	-	-	-	- / 15 bis 45	10 bis 45	5 bis 30	4 bis 20
Räumliche bzw. örtliche Verfügbarkeit									
fixe Haltestellen	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Halt on-demand						✓	✓	✓	✓
Haltestellen-distanzen (m)	2500 bis 3500	500 bis 900	300 bis 700	300 bis 700	300 bis 700	250 bis 500 / -	-	-	-
Beförderungsgeschwindigkeit (km/h)	30 bis 60	30	15 bis 40	15 bis 30	15 bis 30	20 bis 40	25 bis 50	25 bis 50	25 bis 60
Komfort	mittel	mittel	mittel	gering	gering	mittel	hoch	hoch	sehr hoch
Bezahlungssystem									
Vielnutzungstarif	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zahlung pro Fahrt	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
entfernungs-/zeitabhängig	✓				✓			✓	✓
Fahrzeug- bzw. Gefäßgröße (Personen)	1000	750	140-200	75-140	25-75	8-20	5-8	2-5	1-2
Betreiber	eher öffentlich	öffentlich/ Privat	öffentlich/ Privat	öffentlich/ Privat	öffentlich/ Privat				
Angebotsart	Linie	Linie	Linie	Linie	Linie/ flexibel	Linie/ flexibel/	flexibel/ alternativ	flexibel/ alternativ	flexibel/ alternativ
Benötigte Nachfrage	Hoch	Sehr hoch	Hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Gering	Gering	Gering

Betrachtet man speziell die möglichen flexiblen und alternativen Angebotsformen mit Automatisierung im Detail, zeigt sich, dass sich diese für unterschiedliche Bedienungsformen eignen könnten (siehe Übersicht 21). So eignet sich der (AV-)Minibus bzw. -Shuttle am ehesten für den Linienbetrieb oder als Rufbus mit Richtungsbandbetrieb. Der (AV-)Van (Ride Sharing) und das (AV-)Sammeltaxi (Ride Sharing) eignen sich hingegen am ehesten als Anruf-Sammeltaxi, als Zubringer d.h. für den Sektorbetrieb oder für den Flächenbetrieb bzw. für die Flächenbedienung. Auch das (AV-)Einzeltaxi (Car Sharing) eignet sich am ehesten für den Sektorbetrieb sowie den Flächenbetrieb.

Übersicht 21: Bedienungsformen von flexiblen und alternativen Angebotsformen mit Automatisierung (Quelle: eigene Darstellung, nach Wolf-Eberl et al. 2011: 27; Sommer et al. 2016: 23; von Mörner 2018; 11; Sommer 2018: 6).

	Bezeichnung	Schema	Nach Fahrplan	Anmeldung erforderlich	Abfahrt von	Fahrt zu
 (AV-) Minibus/ Shuttle	Linienbetrieb		Ja	Nein		
	Ruftbus (Richtungsbandbetrieb)		Ja	Ja		
 (AV-)Van (Ride Sharing)	Anruf-Sammel-Taxi (Sektorbetrieb)		Ja	Ja		
 (AV-) Sammeltaxi (Ride Sharing)	Zubringer (Sektorbetrieb)		Ja	Ja		
 (AV-) Einzeltaxi (Car Sharing)	Flächenbetrieb (Flächenbedienung)		Nein	Ja		

 Haltestelle wird nach Fahrplan angefahren

 Haltestelle wird bei Bedarf angefahren

 Bedienungsgebiet innerhalb dessen überall in oder ausgestiegen werden kann

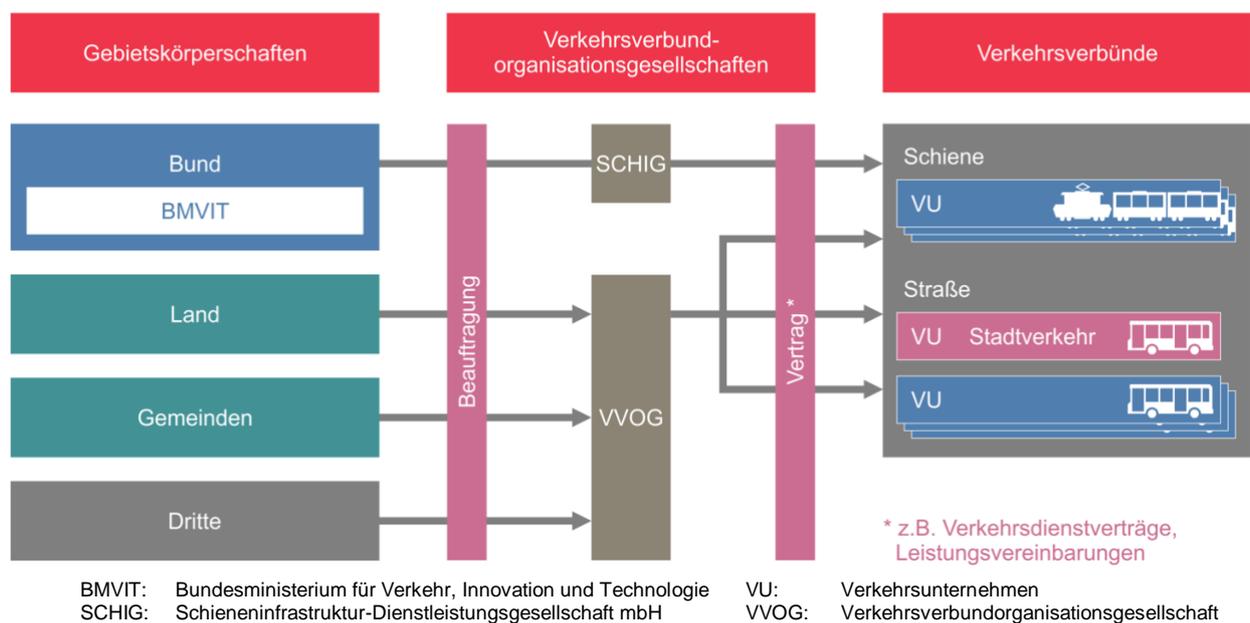
 Fahrt von/ zu einer Haltestelle

 Fahrt von/ zur Haustür

5.2. Organisation, Rollen und Aufgaben

In Österreich sind die Kompetenzen für den Personenverkehr derzeit zwischen den Gebietskörperschaften, also dem Bund, den Ländern und Gemeinden aufgeteilt. Für die Planung und Organisation des Angebotes sind Verkehrsverbünde gegründet worden, die mittlerweile in ganz Österreich vorhanden sind (vgl. Rollinger et al. 2009: 16). Die Verkehrsunternehmen werden über diese Struktur beauftragt, entsprechende Verkehrsdienstleistungen zu erbringen und zu betreiben: Die Gebietskörperschaften beauftragen die Verkehrsverbundorganisationsgesellschaften (VVOG) über Grund- und Finanzierungsverträge sowie Finanzierungsvereinbarungen. Die jeweiligen VVOGs bestimmen über privatrechtliche Verkehrsdienstverträge von Verkehrsunternehmen die zu erbringenden Verkehrsdienstleistungen. Bei der Bestellung des Grundangebotes „Schiene“ nimmt der Bund die Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft (SCHIG) in Anspruch (vgl. Mitterer et al. 2016: 16).

Abbildung 63: Akteure im öffentlichen Verkehr in Österreich (Quelle: eigene Darstellung, nach Mitterer et al. 2016: 16)



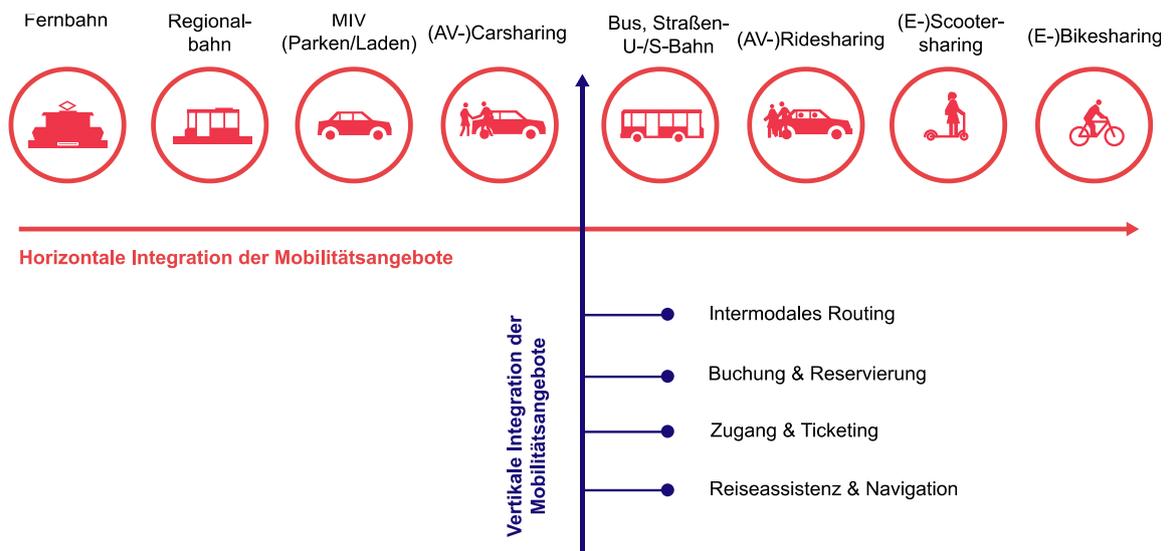
Im Zusammenhang mit dem Angebot von Mobilitätsdienstleistungen (Mobility as a Service) und der Verknüpfung und Bereitstellung von klassischen öffentlichen Linienverkehren mit flexiblen, alternativen (oft auch privaten) Angebotsformen, werden derzeit zwei Rollen des öffentlichen Verkehrs diskutiert:

- ÖV als Betreiber:** Die bereits bekannte Marke wird genutzt, um ergänzende Dienstleistungen zu integrieren, um das Hauptangebot – den öffentlichen Verkehr – zu unterstützen. Vorteile dieses Modells sind die gesicherte langfristige Stabilität und einer garantierten regionalen Abdeckung. Durch die institutionellen Rahmenbedingungen, die rund um den ÖV existieren (politische Entscheidung über Tarife, Dienstleistungsangebote usw.), kann jedoch die Maximierung der Auslastung des ÖV im Vordergrund stehen und nicht die Erhöhung der Zufriedenheit der KundInnen mit dem Gesamtservice (vgl. Holmberg et al. 2015: 34f).
- ÖV als Marktteilnehmer:** Die Betreiberfunktion wird von einem externen (kommerziellen) Anbieter übernommen, der ÖV fungiert als einer unter verschiedenen Mobilitätsdienstleistern. Der Betreiber verfolgt ein kommerzielles Interesse, mit dem vorrangigen Ziel, die Zahl der KundInnen des integrierten Service zu maximieren. In der Praxis erweist sich das Integrieren des ÖV-Angebots in das übergeordnete MaaS allerdings zum Teil noch aufgrund der starren ÖV-Betreiberstrukturen und funktionalen Barrieren (z.B. Anbieten eines digitalen Tickets) als Herausforderung (vgl. Holmberg et al. 2015: 35ff).

Ein Vorteil des öffentlichen Verkehrs ist, dass die öffentlichen Verkehrsunternehmen und Verbünde sich schon heute proaktiv darum bemühen, die ergänzenden Mobilitätsangebote zu integrieren und so eine koordinierende Leitfunktion einnehmen. Durch die Vernetzung von Bussen und Bahnen mit Car Sharing, Bike Sharing und Ride Sharing kann der ÖPNV heute schon eine wichtige Rolle in einem wachsenden Markt der Mobilitätsdienstleistungen einnehmen.

Hinsichtlich der Vernetzung und Integration der Angebote lassen sich dabei zwei Dimensionen unterscheiden: (1) Die horizontale Integration zu einer App oder Plattform, auf denen die Angebote unterschiedlicher Mobilitätsanbieter wie ÖV, Shared Mobility oder Taxi zu finden sind, und (2) die vertikale Integration, die sich auf die Hauptfunktionen Information, Zugang und Abrechnung für jedes Verkehrsmittel bezieht (vgl. Jonuschat et al. 2016: 70).

Abbildung 64: Horizontale und vertikale Integration von Mobilitätsangeboten (Quelle: eigene Darstellung, nach Jonuschat et al. 2016: 70)



Um das Gesetz des Handelns bei der Einführung des AV zu behalten, sollten die ÖV-AnbieterInnen den Weg zum umfassenden Mobilitätendienstleister weiter vorantreiben und die sich weiter ausdifferenzierenden Mobilitätsangebote weiter vernetzen und integrieren – trotz gegebenenfalls geringerer finanzieller Ressourcen als andere (vgl. VDV 2015: 20). Dies ist deshalb wichtig, weil alternative private Angebotsformen wie Car Sharing und Ride Sharing mit automatisierten Fahrzeugen preislich attraktiver sein werden und dem klassischen ÖV eine starke Konkurrenz bilden werden, wenn ihre Angebote nicht mit dem ÖV integriert sind (Kapitel 5.3). Daher sollte sich die öffentliche Hand über gesetzliche Regelungen und lokale Konzessionsvergaben ein Mitspracherecht zur Sicherstellung der Gemeinwohlinteressen schaffen bzw. sichern (vgl. Friedrich & Hartl 2016: 64; Uday et al. 2017: 11). Auch die UITP (2017) betont, dass automatisierte Fahrzeuge zu lebenswerteren, wettbewerbsfähigeren und grüneren Städten beitragen können, wenn die öffentliche Hand bzw. öffentliche Verkehrsbetriebe hierbei eine aktive Rolle spielen und automatisierte Fahrzeuge in das öffentliche Verkehrsnetz integrieren (vgl. UITP 2017: 1). Genauere Schritte für das Handeln öffentlicher Verkehrsunternehmen bleiben in der Literatur aber ungeklärt und sollten im Zuge weiterer Forschungsprojekte genauer untersucht werden.

5.3. Kosten, Finanzierung und Tarifstruktur

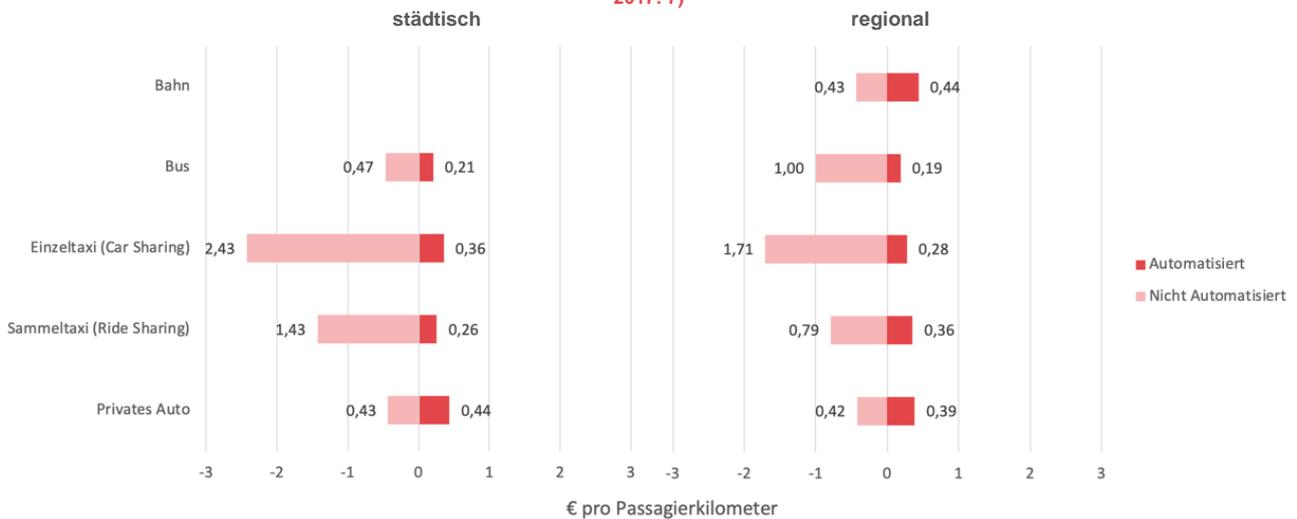
Kosten

Durch die Automatisierung und die Möglichkeit, neue ergänzende alternative Angebotsformen in Form kleinerer, flexiblerer Einheiten einzusetzen sowie Fahrzeugkonzepte bedarfsgerecht zu nutzen, bietet sich die Chance für einen wirtschaftlicheren, effizienteren und nachfragegerechteren Einsatz von Mobilitätsangeboten. Diese Angebote können durch die Reduktion der Personalkosten – wenn kein/e FahrerIn mehr benötigt wird – wirtschaftlicher betrieben werden (vgl. Gertz & Dörnemann 2016: 22). Dennoch entstehen jedoch auch neue bzw. zusätzliche Kosten beispielsweise für die Informations- und Kommunikationstechnologie, Dispositionssysteme, für zusätzliches Personal sowie für Reparatur und Reinigung der Fahrzeuge (vgl. Bruns et al. 2018: 5).

Bösch et al. (2017) haben für die Schweiz eine ausführliche Kostenrechnung für automatisierte Mobilitätsangebote differenziert nach städtischen und regionalen Gebieten durchgeführt. Als Folge der Automatisierung werden die technische Ausstattung, die Versicherungs- und Energiekosten sowie die wegfallenden Fahrerkosten als wichtige Einflussgrößen für die Investitions- und Betriebskosten berechnet. Im Vergleich zeigt sich, dass automatisierte Angebote, insbesondere AV-Busse sowie AV-Einzel- und Sammeltaxis (Car und Ride Sharing) deutlich kostengünstiger bereitgestellt werden könnten als ohne Automatisierung – dies ergibt sich vor allem aus der Einsparung der Personalkosten (vgl. Bösch et al. 2017: 7). Siehe hierzu auch Kapitel 4.3.6 und Anhang A4. Noch nicht berücksichtigt und noch weitestgehend ungeklärt ist jedoch

inwieweit dennoch Begleitpersonal benötigt wird, welche die Sicherheit gegenüber anderen Fahrgästen sicherstellt (vgl. Salonen & Haavisto 2019: 13).

Abbildung 65: Kostenvergleich unterschiedlicher Verkehrsarten mit und ohne Automatisierung (Quelle: eigene Darstellung, nach Bösch et al. 2017: 7)

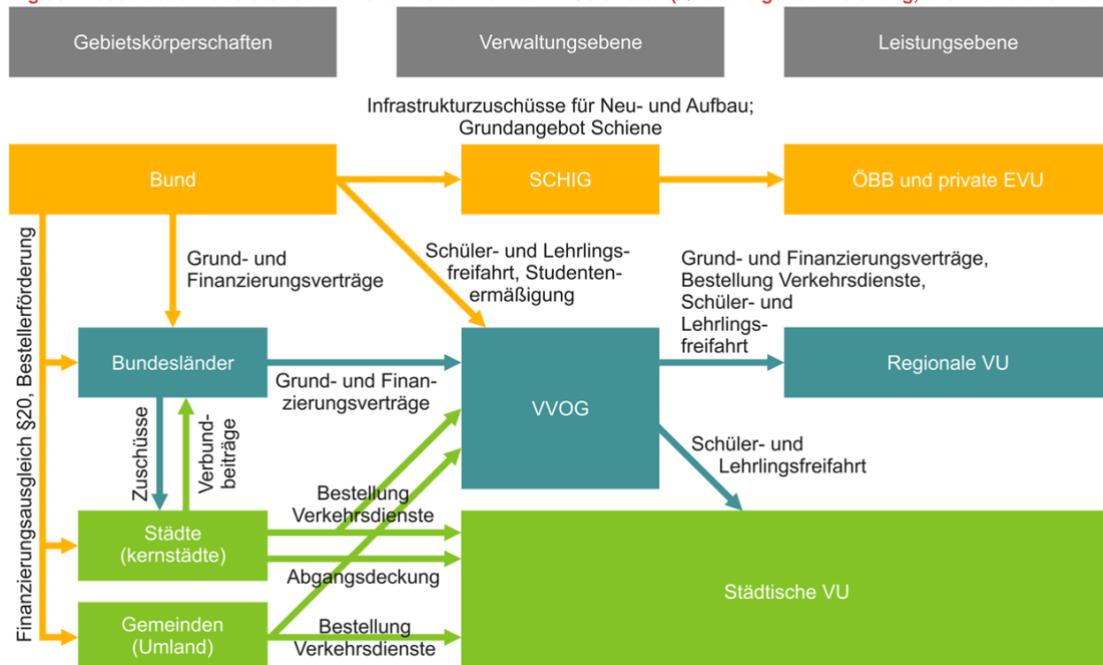


Finanzierung

Die kostengünstigere Bereitstellung von Angeboten und eine mögliche Umgestaltung des öffentlichen Verkehrs mit zusätzlichen bedarfsgerechten Einheiten machen auch neue, vor allem einfachere Finanzierungsmodelle für den öffentlichen Verkehr notwendig.

Derzeit ist die Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in Österreich sehr komplex (Abbildung 66).

Abbildung 66: Wesentliche Transferströme im öffentlichen Verkehr in Österreich (Quelle: eigene Darstellung, nach Mitterer et al. 2016: 18)



Grundsätzlich tragen hierbei alle drei Gebietskörperschaftsebenen (Bund, Länder und Gemeinden) zur Finanzierung des öffentlichen Verkehrs bei (vgl. Mitterer et al. 2016: 17):

- Der Bund finanziert das „Grundangebot Schiene“ und stellt im Rahmen der SchülerInnen- und Lehrlingsfahrten wesentliche Mittel bereit. Hinzu kommen Transfers für die Grund- und Finanzierungsverträge sowie die Bestellerförderung, die an die Länder, die VVOGs bzw. Verkehrsunternehmen gehen. Zudem werden den Städten im Rahmen des Finanzausgleichs rund 80 Mio. Euro zur Verfügung gestellt; hinzu kommen projektspezifische Bundeszuschüsse, beispielsweise für den U-Bahn-Bau in Wien.
- Die Länder leisten an die VVOGs und teilweise auch direkt an Städte Finanzierungsbeträge. Zudem leiten die VVOGs Transfers an städtische Verkehrsunternehmen bzw. Städte weiter, die vorrangig der Bestellung von Verkehrsdienstleistungen dienen.
- Städte bezuschussen teilweise in bedeutendem Umfang die städtischen Verkehrsunternehmen und tragen damit auch einen Teil in der Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in Österreich.

Mit der Automatisierung und einer möglichen kostengünstigen Bereitstellung von Angeboten im öffentlichen Verkehr wäre statt der bestehenden Komplexität bei der Finanzierung des öffentlichen Verkehrs beispielsweise auch ein pauschalisiertes, über Steuern oder Abgaben pro Kopf finanziertes Angebot an alle EinwohnerInnen denkbar. Eine solche flächendeckende Pauschalabgabe könnte durch die hohe Bediendichte mit neuen automatisierten Angebotsformen auch in suburbanen und sogar ländlichen Räumen gerechtfertigt werden (vgl. Lenz & Fraedrich 2015: 191).

Die Automatisierung bietet somit die Möglichkeit, die derzeitigen Finanzierungsstrukturen für den öffentlichen Verkehr in Österreich zu hinterfragen und neue Finanzierungsmodelle und -strukturen anzuwenden. Dies ist letztlich vor dem Hintergrund notwendiger Investitionen in die digitale Infrastruktur im Zuge der Automatisierung von Seiten der öffentlichen Hand, insbesondere der Städte relevant, die wesentlich zur Finanzierung des öffentlichen Verkehrs beitragen. Zudem machen die durch die Automatisierung wegfallenden Einnahmen aus Parkgebühren (bei rückläufiger Zahl an zugelassenen Pkws) es notwendig, neue Finanzierungsinstrumente zu entwickeln (vgl. Soteropoulos et al. 2018: 106 ff.).

Tarifstruktur

Im öffentlichen Verkehr in Österreich ist heute überwiegend ein System mit **regulierten Tarifen** (vor dem Hintergrund eines für jedermann unter gleichen Bedingungen nutzbaren öffentlichen Verkehrs) anzutreffen. Der Tarif selbst kann für eine einzelne Fahrt geregelt sein, es gibt aber auch Zeittarife bei denen die Benützung des Verkehrsmittels innerhalb des Zeitraumes beliebig oft möglich ist. In Verkehrsverbänden gibt es zumeist auch noch Tarifgebiete. In diesen ist im jeweiligen Gebiet eine Nutzung aller Verkehrsmittel, die am Verbundsystem teilnehmen, möglich.

Eine gänzlich freie Preisbildung im öffentlichen Verkehr in Österreich kommt derzeit nicht vor, da diese dem Grundsatz der Nutzung unter gleichen Bedingungen widerspricht. In einigen Bereichen des Umweltverbundes gibt allerdings schon heute eine freie Preisbildung (z.B. freie Preisbildung im Bereich Mietwagen versus regulierte Taxitarife oder freie Preisbildung in Zeiten von Spitzenauslastungen).

Kombinierte Formen, die sich auf mehreren Komponenten zusammensetzen sind heut noch schwer vorstellbar. Dies vor allem dann, wenn öffentliche Zuschüsse, nicht kostendeckende Fahrtpreise und weitere Finanzierungsquellen, etwa in Form der zusätzlichen Vermarktung von Daten, zusammentreffen würden. Da derartige Formen in einer globalisierten Ökonomie nicht mehr an Ländergrenzen halt machen, ist sogar eher davon auszugehen, dass diese Modelle von „außen importiert“ einfach auftreten werden.

Denkbar sind im Zuge von Mobility as a Service und mit dem automatisierten Fahren jedoch ganz neue Tarifmodelle, um die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs zu steigern: Die Differenzierung der Angebote – flexible und alternative Angebotsformen – mit kleineren und größeren Fahrzeugen, die Fahrten für Einzelpersonen oder auch kollektiven Verkehr ermöglichen, bieten die Chance, unterschiedliche Angebote (Low-Cost und Premiumangebote) zu gestalten und für unterschiedliche Gruppen diversifizierte Angebote vorzuhalten (vgl. Gertz & Dörnemann 2016: 22). Derzeit wird dies im öffentlichen Verkehr nur in einer eher rudimentären Form mit dem Angebot unterschiedlicher Klassen oder distanz-, zeit-, orts- und tageszeitabhängiger Preise vor allem im Schienenverkehr umgesetzt, könnte jedoch noch weiter differenziert und ausgeweitet werden (vgl. Lenz & Fraedrich 2015: 191, vgl. Axhausen 2016: 9).

Mit der zunehmenden Bedeutung von Mobilitätsdienstleistungen werden auch innovative Mobilitätspakete (individuell aufladbare Kilometer- oder Minuten-Konten, inklusive Mengen-Rabatt, flat-rate-Lösungen) bedeutsam. Diese ermöglichen zudem durch die Nutzung von angelegten Profilen oder Daten der Vergangenheit eine Personalisierung von Angeboten (vgl. Kieslinger 2017: 2).

Im Folgenden wird beispielhaft versucht anhand von drei denkmöglichen neuen Geschäftsmodellen die unterschiedliche Eignung für einzelne Angebotsformen herzuleiten (siehe Übersicht 22). Als Voraussetzung für alle Modelle ist unterstellt, dass eine Plattform nach Prinzip „two-sided market“ vorhanden ist. Diese verbindet die Endkunden mit den Mobilitätsdienstleistern.

Grundrichtungen für denkbare Geschäftsmodelle:

- Eine **Grundgebühr** bildet den Kern des Geschäftsmodelles, über das damit gegebene Kundenvolumen und die vorhandene Kundenbindung (z.B. bei Jahreskarten) werden Zusatzservices aus anderen, kleineren Bereichen (Mietwagen, Parken, ...) vergünstigt angeboten. Add-On's zum Kerngeschäft werden nur gegen extra Bezahlung bereitgestellt (z.B. Point-to-Point mit Grundgebühr, Door-to-Door mit Premium Mitgliedschaft).
- Service der auf **Crowdfunding** und **Nutzerbeteiligung** basiert (z.B. Gaubitzer Stromgleiter). Entweder Pay per use oder Pay as you want kombiniert mit Kümmererfunktion. Zusätzliches Element: Nutzen durch Peer-to-peer Vernetzung stiften – Nutzergemeinschaft.
- **Datenbasiertes Geschäftsmodell:** Ergänzend zu anderem Grundmodell (z.B. Werbungsfinanziert oder Grundgebühr) werden Kundendaten aus der Nutzung des Services vermarktet, um so eine Kostendeckung zu erhalten und das Service selbst weiterzuentwickeln.

Die einzelnen Geschäftsmodelle eignen sich unterschiedlich für verschiedene (AV-) Angebotsformen:

Übersicht 22: Überblick über die Eignung verschiedener Geschäftsmodelle für unterschiedliche (AV-) Angebotsformen (Quelle: eigene Darstellung)

Geschäftsmodell (AV-) Angebotsform		Grundgebühr + kostenpflichtige Add-on's	Crowdfunding + Nutzerbeteiligung	Datenbasiert + Werbungsfinanziert
 (AV-) Minibus/ Shuttle	Linienbetrieb	••	•	••
	Ruftbus (Richtungs- bandbetrieb)	•••	•	••
 (AV-)Van (Ride Sharing)	Anruf-Sammel-Taxi (Sektorbetrieb)	•	••	••
	Zubringer (Sektorbetrieb)	•	••	••
 (AV-) Sammeltaxi (Ride Sharing)		•	•••	•••
 (AV-) Einzeltaxi (Car Sharing)	Flächenbetrieb (Flächenbedienung)			

Legende: • = gering •• = mittel ••• = hoch

Letztlich könnte die Entwicklung von Mobilitätsdienstleistungen und des automatisierten Fahrens auch einen Impuls dafür liefern, eine übergeordnete und integrierte Tarifstruktur für ganz Österreich einzuführen. Als einheitliches Bezahlungssystem könnte hierbei eine übergreifende Karte für den öffentlichen Verkehr, ähnlich der im Jahr 2012 in den Niederlanden eingeführten OV-chipkaart dienen, die die Abrechnung unterschiedlicher Angebote (z.B. auch Fahrradverleihsysteme) ermöglicht (vgl. Berger 2016: 34).

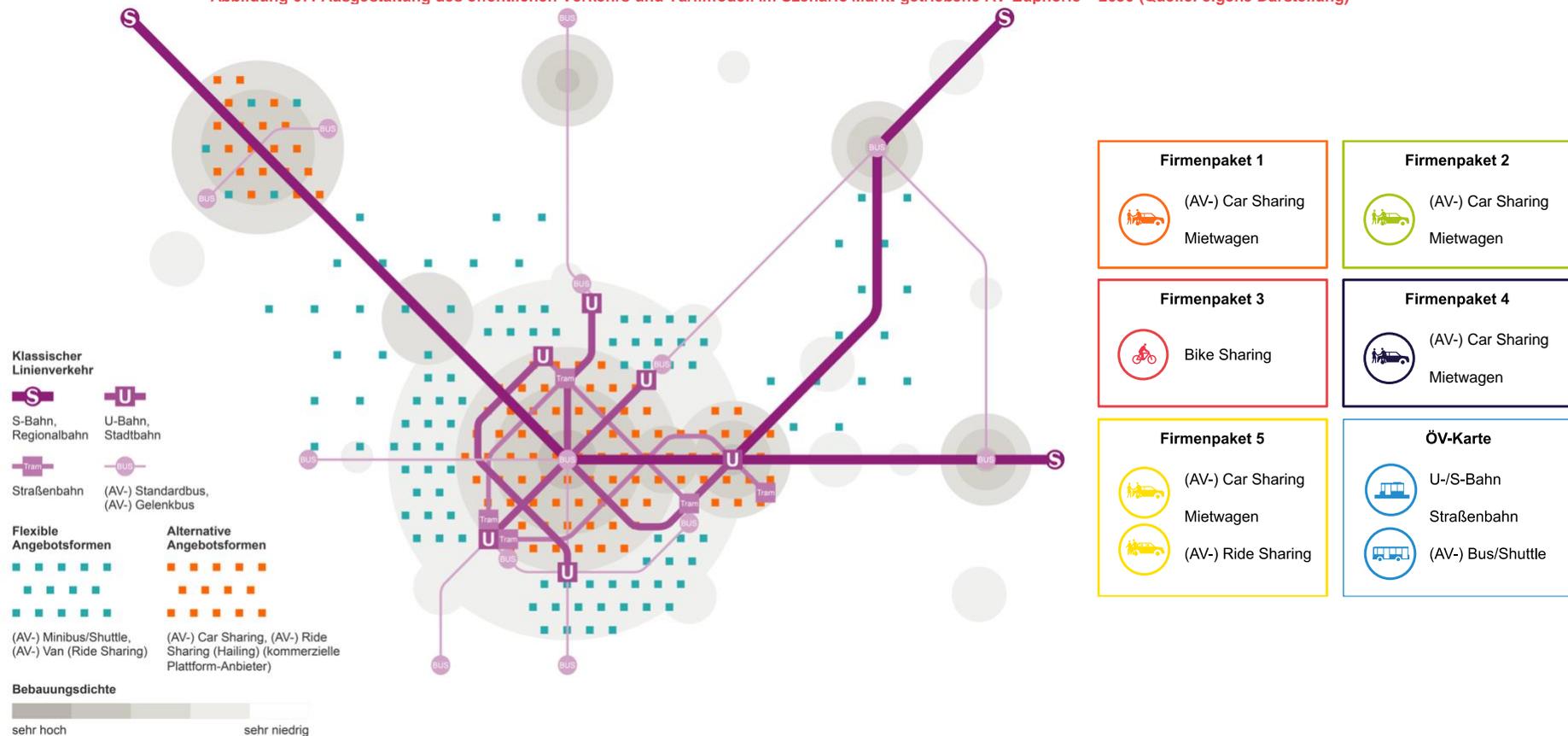
5.4. Vertiefende Betrachtung AV für ÖV innerhalb der Szenarien für das Jahr 2030

Die folgenden Abbildungen (Abbildung 67 bis 69) geben einen Überblick über die Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrs in den drei für das Jahr 2030 entwickelten Szenarien 1) Markt-getriebene AV-Euphorie, 2) Politik-getriebene AV-Steuerung und 3) Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung. Durch die Darstellung unterschiedlicher Siedlungsräume erfolgt eine räumlich differenzierte Darstellung der Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrs in unterschiedlichen Verkehrsraumtypen wie Innenstadt, Stadtrand, ÖV-Achse und ländlicher Raum (vgl. Matthes & Gertz 2014: 61).

Markt-getriebene AV-Euphorie – 2030

In diesem Szenario spielt der öffentliche Verkehr eine eher untergeordnete Rolle. Mobilitätsdienstleistungen (Mobility as a Service) und insbesondere alternative Angebotsformen wie (AV-)Car Sharing (sowie vereinzelt auch Ride Sharing) werden überwiegend von privaten Unternehmen angeboten; der ÖV ist in diesem Modell nur sehr schwach integriert. Da die privaten Unternehmen insbesondere ihre Gewinne optimieren, werden diese Leistungen vor allem in den dichten Siedlungsbereichen in den Zentren der Städte angeboten. Durch die Konkurrenz der neuen Angebote mit fortgeschrittenen AV-Technologien in diesen ohnehin übersorgten Bereichen und den damit verbundenen Einnahmerückgängen konzentrieren sich die Angebote des öffentlichen Verkehrs vor allem auf die Haupttrouten des klassischen Linienverkehrs, also insbesondere U-Bahnen und S-Bahnen. Zum Teil mussten S-Bahn-Strecken jedoch auch aufgelassen und durch Busverkehre ersetzt werden. Auch Buslinien am Stadtrand wurden aufgelassen. Hier versucht man nun vor allem flexible Formen wie (AV-) Minibusse bei Bedarf einzusetzen, die jedoch aufgrund der Fläche deutlich teurer sind als die Angebote privater Unternehmen in den Stadtzentren.

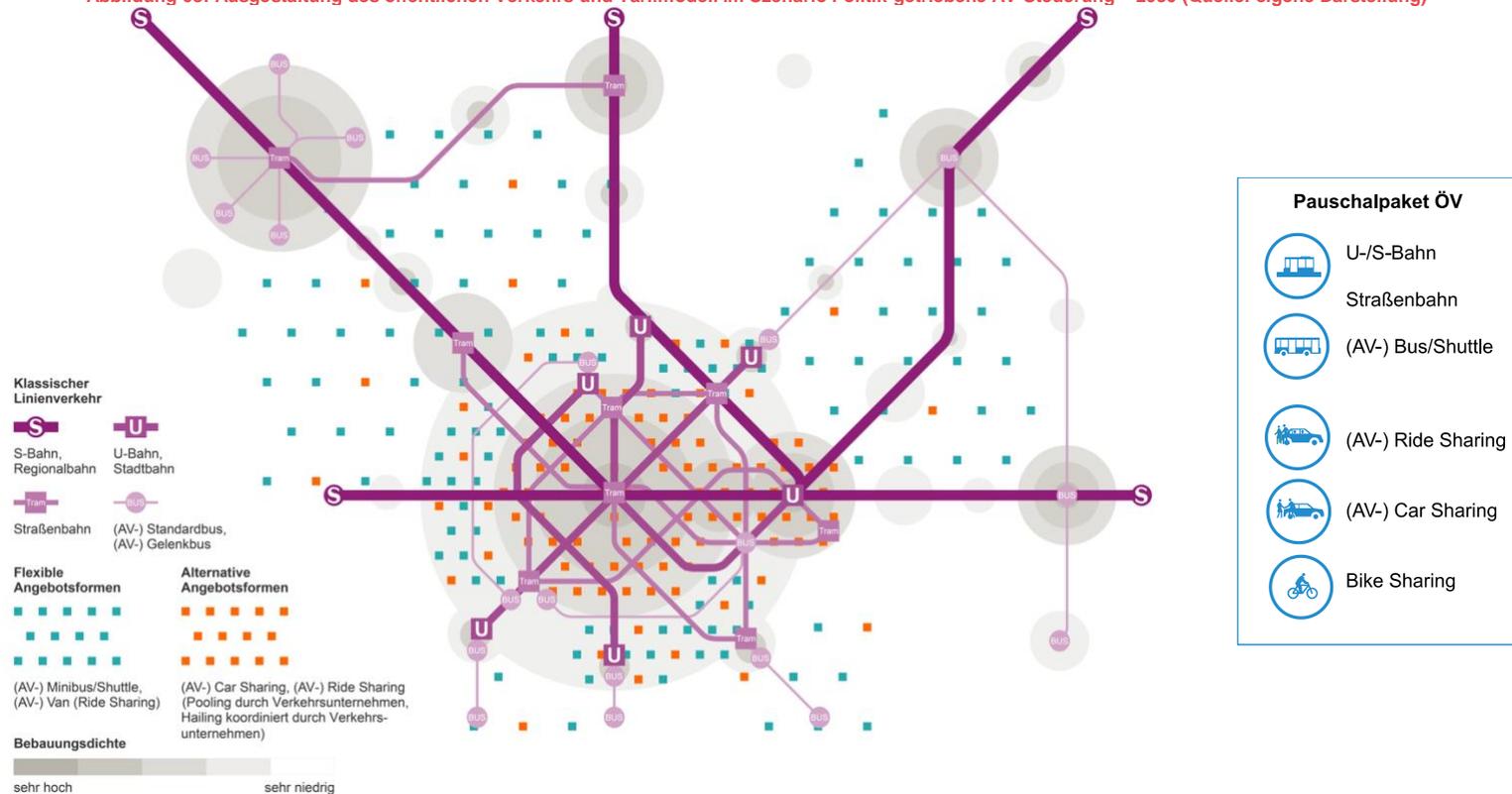
Abbildung 67: Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrs und Tarifmodell im Szenario Markt-getriebene AV-Euphorie – 2030 (Quelle: eigene Darstellung)



Politik-getriebene AV-Steuerung – 2030

In diesem Szenario ist der öffentliche Verkehr maßgeblicher Integrator von Mobilitätsangeboten und nimmt eine wesentliche Rolle in der Bereitstellung von Mobilität ein. Angebote im klassischen Linienverkehr (z.B. U-Bahn, Straßenbahn) wurden ausgebaut und über den Stadtrand hinaus erweitert. Diese Entwicklung wurde mit der Siedlungsentwicklung koordiniert, indem ‚transit-oriented developments‘ um Haltestellen neuer oder erweiterter Linien des klassischen Linienverkehrs herum umgesetzt wurden. Flexible Angebotsformen wie AV-Shuttles werden in einfachen Anwendungskontexten vermehrt als Zubringer zum klassischen Linienverkehr in weniger dicht besiedelten Regionen genutzt. Auch alternative Angebotsformen wie (AV-)Ride- und Car Sharing werden entweder durch die öffentlichen Verkehrsunternehmen selbst angeboten oder mit speziellen Konzessionsvorgaben ergänzend zum Linienverkehr eingesetzt, wobei sich solche Formen weiterhin vor allem auf den städtischen Raum konzentrieren. Durch die Ausweitung und verstärkte Zusammenarbeit im Rahmen von öffentlichen MaaS-Plattformen sind die verschiedenen Angebote gut vernetzt und integriert.

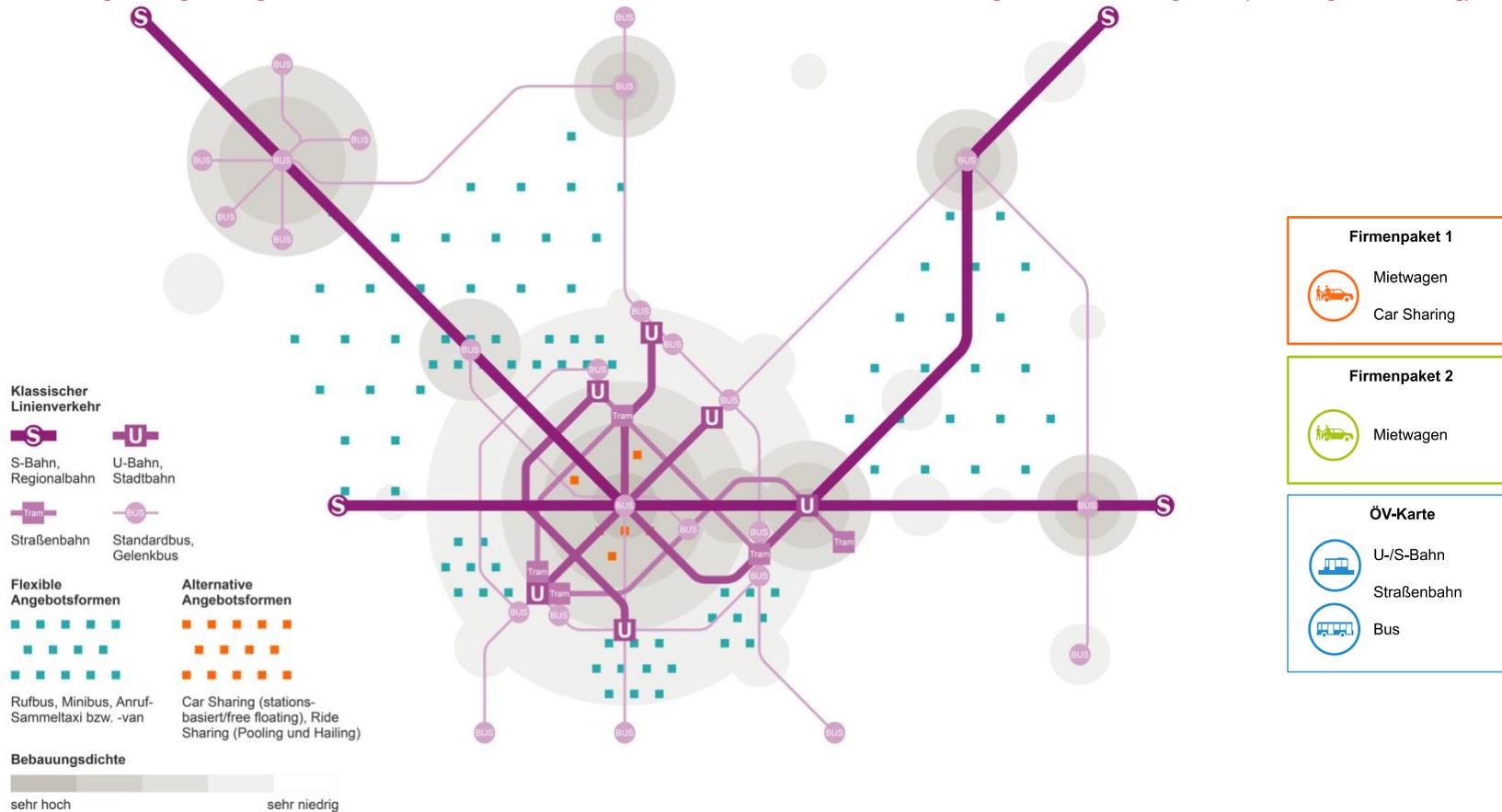
Abbildung 68: Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrs und Tarifmodell im Szenario Politik-getriebene AV-Steuerung – 2030 (Quelle: eigene Darstellung)



Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2030

Dieses Szenario weist im Vergleich zum derzeitigen Status-Quo (Abbildung 62) keine wesentlichen Änderungen auf, da die Automatisierungstechnologie hier noch nicht so weit fortgeschritten ist. Der öffentliche Verkehr betreibt weiterhin vor allem den klassischen Linienverkehr, insbesondere U-Bahnen und Straßenbahnen in dichten Gebieten sowie aber auch flexible Angebotsformen wie Bedarfsverkehre in Gebieten geringer Dichte. Neue AV-Angebote können aufgrund der wenig fortgeschrittenen Automatisierung noch nicht eingesetzt werden. Zudem haben sich sowohl das Konzept des MaaS, als auch die Shared Mobility kaum durchgesetzt; hier gibt es nur wenige Car- und nur vereinzelte Ride Sharing-Angebote in dichten Bereichen.

Abbildung 69: Ausgestaltung des öffentlichen Verkehrs und Tarifmodell im Szenario Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung – 2030 (Quelle: eigene Darstellung)



5.5. Zwischenfazit

Der öffentliche Verkehr wurde in den bisherigen Szenarien-Studien allenfalls am Rande und sehr oberflächlich behandelt. Durch die differenzierte Betrachtung der Rolle des öffentlichen Verkehrs im Kontext der Automatisierung sowie neuen Formen der Mobilitätsdienstleistungen innerhalb des Projekts SAFiP konnte nicht nur gezeigt werden, dass diese neuen technischen Entwicklungen sich massiv auch auf den öffentlichen Verkehr auswirken werden, sondern es wurden auch erste Differenzierungen hinsichtlich der Chancen und Risiken vorgenommen. Dies betrifft nicht nur neue Angebotsformen, sondern auch die Organisation und Rolle des ÖV sowie mögliche Veränderungen bei den Kosten, der Finanzierung und den Tarifstrukturen.

Die jeweilige Betrachtung des öffentlichen Verkehrs in den Szenarien zeigt mögliche Zukunftsbilder des ÖVs auf. Soll auch zukünftig ein starker und integrierter öffentlicher Verkehr nicht nur wettbewerbsfähig sein, sondern auch einen Beitrag zur Verringerung des MIV leisten, sollten folgende Aspekte in den Vordergrund gerückt werden (vgl. Friedrich & Hartl 2016: 64; Zech et al. 2017: 225; Bruns et al. 2018: 49). Hierbei besteht meist jedoch ein weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der genauen Implementierung.

- Massenverkehre des klassischen Linienverkehrs weiterhin als Rückgrat des öffentlichen Verkehrs im städtischen bzw. stadtreionalen Verkehr begreifen.
- Angebotsformen mit automatisierten Fahrzeugen als Möglichkeit zur kostengünstigen Ergänzung des klassischen Linienverkehrs auf der ersten/letzten Meile entwickeln.
- Weiterer Testbetrieb mit automatisierten Fahrzeugen, um mögliche Angebotskonzepte in der Praxis zu prüfen und nicht nur ein Know-how hinsichtlich des Betriebs, der Reparatur und des Service aufzubauen, sondern auch eine entsprechende Dateninfrastruktur zu erstellen. Hierbei gilt es die NutzerInnenakzeptanz vor allem beim Ride Sharing zu eruieren.
- Untersuchungen hinsichtlich der Frage, inwieweit bei Angebotsformen mit automatisierten Fahrzeugen dennoch Begleitpersonal benötigt wird, welche die Sicherheit gegenüber anderen Fahrgästen sicherstellt, durchführen.
- Mitspracherecht der öffentlichen Hand zur Sicherung der Gemeinwohlinteressen im Zuge des Markteintritts von neuen AV-Car Sharing- und AV-Ride Sharing-Angeboten über gesetzliche Regelungen und Konzessionsvergaben.
- Weitere Integration ergänzender Angebote in bestehende Plattformen, Informations- und Vertriebskanäle und Positionierung als zentraler Mobilitätsdienstleister.
- Automatisierung als Möglichkeit sehen, die derzeitigen Finanzierungsstrukturen für den öffentlichen Verkehr in Österreich zu hinterfragen und neue Finanzierungsmodelle und -strukturen, beispielsweise ein pauschalisiertes, über Steuern oder Abgaben pro Kopf finanziertes Angebot an alle Einwohner, anzuwenden.
- Verknüpfung neuer AV-Angebotsformen im öffentlichen Verkehr mit der Siedlungsentwicklung: flexible und alternative AV-Angebotsformen als Zubringer des klassischen Linienverkehrs und Förderung von transit-oriented developments (TODs), d.h. insbesondere Siedlungsentwicklung im Stationsumfeld fördern und die Verknüpfung für intermodale Wege verbessern.

6. Politikerfordernisse

Bestehende politische Agenden, Instrumente und AkteurInnen werden auch wesentlich über die Politikerfordernisse zum AV mitbestimmen. Speziell die Verkehrspolitik ist die Folge der Aktivitäten einer Vielzahl von AkteurInnen und Organisationen, die nach unterschiedlichen Rationalitäten handeln, sprich zum Teil sehr unterschiedliche Orientierungen und Zielsetzungen haben. Wie sich das Mobilitätssystem im Kontext von AV wandelt, hängt wesentlich vom Handeln der verschiedenen AkteurInnen im Rahmen der jeweiligen institutionellen Bedingungen ab. Es ist daher wichtig, das jeweilige normative Umfeld und die Diversität von Stakeholder-Interessen zu berücksichtigen. Die Analyse verkehrspolitischer, FTI-politischer, umweltpolitischer und raumplanungspolitischer Rahmendokumente schafft einen differenzierten Überblick über bestehende Zielsetzungen und Handlungsempfehlungen zum AV auf unterschiedlichen Politikebenen, wengleich diese teils vage ohne klaren Bezug zu Maßnahmen formuliert sind und sich zudem auch Interessenskonflikte abzeichnen.

Daraus ableitbar ergibt sich, dass sich die weitreichenden Zielsetzungen, die auf die Politik zur automatisierten Mobilität wirken, in einem Bündel aus vier Oberzielen (Sicherheit, Effizienz, Umwelt und Soziales) und zwölf Unterzielen subsumieren lassen. Ein Indikatorenset mit qualitativen und quantitativen Indikatoren, die mit den jeweiligen Zielen verknüpft sind, ergänzt das Zielsystem und dient der Bewertung der Szenarien. Aus den unterschiedlichen Stärken und Schwächen der Szenarien zeichnen sich Anknüpfungspunkte ab, wie die Zielerreichung durch kompensatorische Maßnahmen verbessert werden kann. Dazu steht ein Maßnahmenkatalog zur Verfügung, der auch AV-spezifische Maßnahmen umfasst, denn neue Technologien, Daten etc. ermöglichen auch neue Maßnahmensets. Wie die Zielerreichung der einzelnen Szenarien durch spezifische Maßnahmen verbessert werden kann, wird mittels Backcasting adressiert. Um entsprechende Effekte dieser AV-spezifischen Maßnahmen zu testen, erfolgt eine Rückkopplung zur Modellierung mittels MARS. Zudem wurden ausgewählte Zielsetzungen und Maßnahmen im Rahmen von zwei Konsensuskonferenzen mit StakeholderInnen und BürgerInnen diskutiert. Abschließend wird beziehungnehmend auf bestehende Politikempfehlungen zum AF auf Diskurslücken bzw. auf den weiteren Forschungsbedarf verwiesen.

6.1. AkteurInnen-Analyse

Wie der Einsatz des automatisierten Fahrens auf Österreich wirken wird, wird wesentlich durch die Praktiken und Entscheidungen von verschiedenen AkteurInnen im Rahmen der jeweiligen institutionellen Vorgaben bestimmt (vgl. Mayntz & Scharpf 1995). Von daher ist es wichtig, das jeweilige institutionelle Umfeld und die Vielfalt an Stakeholder-Interessen zu berücksichtigen (vgl. Stilgoe et al. 2013). Um den automatisierten Verkehr nachhaltig und verantwortungsvoll „lenken“ zu können, geht es vor allem darum,

- den jeweiligen Kontext der maßgeblichen Institutionen,
- die darin agierenden StakeholderInnen und
- deren Möglichkeiten und Interessen zur Nutzung der aufgezeigten Spielräume,

zu analysieren.

Da der Einsatz des AF ein breites Feld an Stakeholdern betrifft und auch innerhalb einer Stakeholdergruppe unterschiedliche Interessen vorherrschen können, ist eine differenzierte Betrachtung der politischen und planerischen Institutionen erforderlich. Im Bereich der politischen Steuerung und der planenden Verwaltung ist zwischen den verschiedenen Ebenen (europäisch, national, regional, lokal) sowie zwischen den unterschiedlichen Zuständigkeiten der Steuerung (Politik, Verwaltung und Planung) zu differenzieren, die in vielen Bereichen die formalen Rahmenbedingungen zum AF bilden (siehe Übersicht 23). Über der europäischen Ebene wirken zudem noch die Vereinten Nationen (hier insbesondere der UN-ECE - United Nations Economic and Social Council) als zentraler Steuerungsakteur auf internationaler Ebene.

Übersicht 23: Institutionelle Zuständigkeiten der Politik, Raumplanung und der Unternehmensvertretungen

	Politik	Verwaltung	(Halb)öffentliche und private Planungsinstitutionen
Europäisch	Europäisches Parlament (EP), Europäischer Rat (ER), Rat der EU	Europäische Kommission (Generaldirektionen)	Regionalplanung der EU
National	Bundesregierung	Bundesministerien	Österreichische Raumordnungs- konferenz (ÖROK)
Regional	Landesregierung	Landesverwaltung	Regionalplanung
Lokal	Gemeinderat, BürgermeisterIn	Bauamt, Verkehrsamt	Ortsplanende

Wesentlichen Einfluss auf die Einführung des AF nehmen auch verschiedene Industriezweige, Verkehrsunternehmen sowie sonstige betroffene Wirtschaftszweige, die sich im Kontext des AF stark vervielfältigen (vgl. Schreurs & Steuer 2015) (siehe Übersicht 23).

Übersicht 24: Ausdifferenzierung von Unternehmen und Industrie

	Unternehmen und Industrie			
(Halb-) öffentliche Verkehrsbetriebe	städtische Verkehrsunternehmen	bundesweite Verkehrsunternehmen	regionale Verkehrsunternehmen	Straßenbetreiber (ASFINAG)
Private Verkehrsbetriebe	private Verkehrsunternehmen	Car Sharing Anbieter	Ride Sharing Anbieter	Start-ups
Industrie	IKT-Industrie	Automobilhersteller	Auto-Zulieferindustrie	Mobilfunk-Industrie
Sonstige	Versicherungen	Bauträger und Immobilienwirtschaft	Energieunternehmen	Unternehmensberatungen

In der Akteurslandschaft von Unternehmen und Industrie etablieren sich neue AkteurInnen durch die technologische Entwicklung und Vernetzung. Zwischen der Wirtschaft und der politischen Steuerung stehen zudem verschiedene Forschungseinrichtungen, Vernetzungs- und Interessensvertretungen (siehe Übersicht 24). Da die Vernetzungsplattformen für den AV (vorerst) auf der europäischen und nationalen Ebene platziert sind, dienen diese überwiegend der Umsetzung und Abstimmung der jeweiligen europäischen bzw. nationalen/regionalen politischen Ziele. Auf der Ebene der Forschungseinrichtungen sind allerdings erhebliche Unterschiede zwischen den Einrichtungen zu erwarten, weil diese auf unterschiedlichen Wissenschaften basieren: Ingenieurwissenschaften wie bspw. die Verkehrstechnik, aber auch die Informatik und Verkehrsmodellierung sind wesentlich optimistischer und stärker an der technologischen Machbarkeit orientiert als Geistes- und Sozialwissenschaften (vgl. Dangschat 2019) (siehe Übersicht 24).

Übersicht 25: Ausdifferenzierung von Forschung, Vernetzung und Interessensvertretungen

Forschung, Vernetzung und Interessensvertretungen				
(Inter-)nationale Interessensvertretungen und Vernetzungsplattformen	High Level Group for the automotive industry (GEAR 2030)	Conference of European Directors of Roads (CEDR)	European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC)	European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organisation (ERTICO)
	Trilateral EU-US-Japan Working Group	Europäische Vernetzungsinitiativen (STRIA, CARTRE, SCOUT, C-ITS)	Public-Private Partnerships: ESCEL, 5G-Infrastruktur, etc.	AustriaTech, ITS Austria Plattform
Interessensvertretungen (national)	Alliance of Automotive and Telecom Industries (EATA)	European Cities and Regions Networking for innovative Transport Solutions (POLIS)	European Cyber Security Organisation (ESCO)	International Transport Forum (ITF/OECD)
	Arbeiterkammer	Wirtschaftskammer	ÖAMTC, ARBÖ, Radlobby, etc.	Industriellen-Vereinigung
Forschungseinrichtungen	Universitäten*	Fachhochschulen*	Private Forschungseinrichtungen und Stiftungen (bspw. VCO)	-

Vor dem Hintergrund der zunehmenden gesellschaftlichen Ausdifferenzierungen ist mit sehr unterschiedlichen Einstellungen, Interessen und Mobilitätsstilen zu rechnen. Das ist insbesondere auch deshalb relevant, weil die Bevölkerung in den meisten Ländern Kontinentaleuropas gegenüber dem automatisierten Fahren noch deutlich skeptisch ist (vgl. Eimler & Geisler 2015; Fraedrich & Lenz 2015a, 2015b; DETECTON 2016; Dangschat 2017; Deloitte Development 2017).

Übersicht 26: Ausdifferenzierung der Zivilgesellschaft

Zivilgesellschaft		
Nutzende	unterschiedliche soziale Lagen	Unterschiedliche Wertvorstellungen und Lebensstile
Vereine	Quartiersmanagements	Mobilitätsvereine (Peer-to-peer Car Sharing etc.)
		Unterschiedlicher Zugang zur Mobilität
		Selbstorganisiertes Ride- und Car Sharing

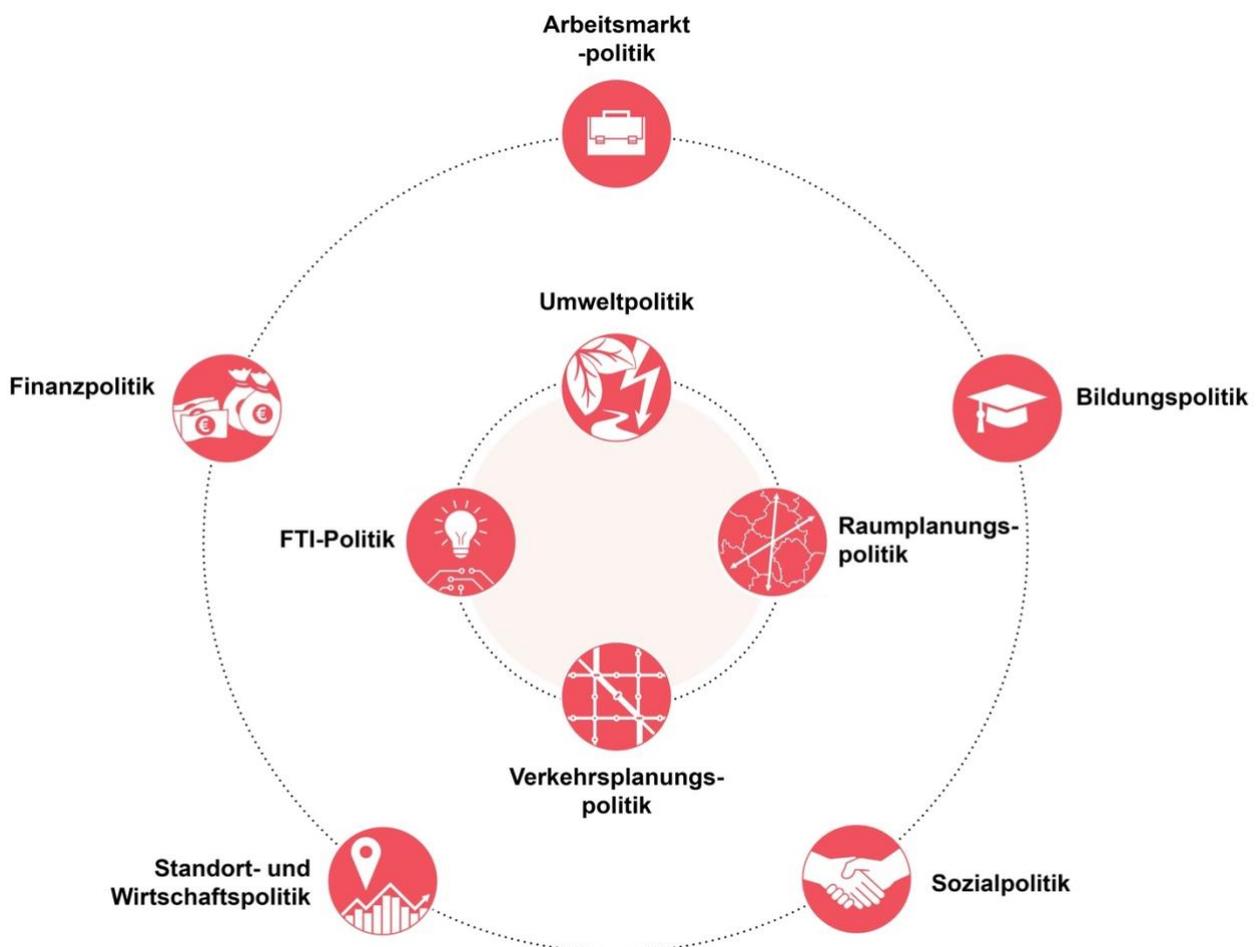
Die AkeurlInnen-Analyse spiegelt die vielfältigen und komplexen Interessensgruppen, die von der Einführung von AF betroffen sein werden. Diese Interessensvielfalt wirkt auch wesentlich auf die Politik zum automatisierten Fahren, bei der es auch darum gehen wird, einen Interessensausgleich zwischen den verschiedenen Stakeholdergruppen zu schaffen.

6.2. Analyse der politischen Rahmendokumente

Politisch-planerische Positionspapiere sind das Ergebnis von umfangreichen politischen Diskussionsprozessen. Diesen geht eine breite Konsensfindung zwischen den wesentlichen Verwaltungseinrichtungen voraus, in die häufig die zentralen StakeholderInnen eingebunden werden. Inhaltlich wird vor allem auf der Ebene der Europäischen Union und der meisten Nationalstaaten auf die Chancen und weniger auf die Risiken der Digitalisierung und Automatisierung verwiesen. In diesem Kontext stehen vor allem die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit und die Hoffnung auf technologischen Fortschritt im Vordergrund; auf der Ebene der Regionen und Städte sind die Zielsetzungen meist vielfältiger und die Vorbehalte größer (vgl. Beckmann 2019). Aufgrund des europäischen Subsidiaritätsprinzips wirken sich die Zielsetzungen der übergeordneten Ebenen als Rahmenbedingungen für die Umsetzungen vor Ort aus.

Die Abbildung 70 zeigt demgegenüber die horizontale Verschränkung der Verkehrspolitik mit weiteren Politikfeldern. Hinsichtlich des AF sind vor allem die Schnittstellen von Verkehrspolitik zur FTI-Politik, Umwelt- und Energiepolitik und Raumplanungspolitik wichtig (innerer Kreis). Ferner betrifft das automatisierte Fahren auch die Arbeitsmarktpolitik, die Bildungspolitik, die Sozialpolitik, die Standort- und Wirtschaftspolitik sowie die Finanzpolitik (äußerer Kreis).

Abbildung 70: Relevante Politikfelder beim AV (Quelle: eigene Darstellung)



Es wurden daher exemplarisch solche Politikdokumente aus dem inneren Kreis ausgewählt, die Resultat umfassender politischer Prozesse auf unterschiedlichen Ebenen sind und die den breiteren Rahmen in den verschiedenen Politikfeldern definieren sowie folglich auch auf die Politik zum AV wirken werden. Diese Rahmendokumente können im heutigen politischen Diskurs nicht ignoriert werden und sollten daher auch als Grundlage einer Politik zum AF erachtet werden. Dabei sind je nach politischer Ebene jeweils eigene Rahmendokumente relevant. Die Zielsetzungen dieser Dokumente wurden analysiert und vor allem deren Verknüpfungen mit der Verkehrspolitik in den Mittelpunkt gerückt (siehe Anhang A7).

Übersicht 27: Ausgewählte Rahmendokumente (Quelle: eigene Darstellung)

Exemplarisch ausgewählte Rahmendokumente	Politikfeld
UN (2015): Pariser Klimaschutzziele	 Umwelt
EU (Europäische Union) (2011): Weißbuch zum Verkehr	 Verkehrsplanung
EU (Europäische Union) (2013): A concept for sustainable urban mobility plans (SUMP)	 Verkehrsplanung
EC (Europäische Kommission): Regionalpolitik der Periode 2014-2020	 Raumplanung
bmvit (Bundesministerium Verkehr, Innovation, Technologie) (2012): Gesamtverkehrsplan für Österreich	 Verkehrsplanung
BMNT (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus) & bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018): Mission 2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie	 Umwelt
bmvit & AIT (2014): FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI Maßnahmen „Mobilität der Zukunft“ im Themenfeld „Personenmobilität innovativ gestalten“	 FTI
Bundeskanzleramt der Bundesregierung (2011): FTI-Strategie des Bundes	 FTI
Stadt Wien (2015): Fachkonzept Mobilität STEP Wien 2025.	 Verkehrsplanung
Land Kärnten (2018): Mobilitäts-Masterplan Kärnten 2035.	 Verkehrsplanung
Land Vorarlberg (2018): Entwurf zum Raumbild Vorarlberg 2030.	 Raumplanung

Die auf internationaler Ebene im Jahr 2015 festgelegten Pariser Klimaschutzziele zur Reduktion der CO₂-Emissionen haben eine hohe Bedeutung für den gegenwärtigen verkehrspolitischen Diskurs. Auf europäischer Ebene sind zudem die regionalpolitischen Zielsetzungen relevant – hier insbesondere jene Ziele, die durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und den Kohäsionsfonds angesprochen werden. Hier sind die Anpassung an den Klimawandel und der Umweltschutz sowie die effiziente Nutzung von Ressourcen zentrale Zielsetzungen. Zudem wird die Förderung eines nachhaltigen Verkehrs und die Verbesserung der Netzwerkinfrastruktur angestrebt. Weitere Ziele sind der Ausbau von Forschung, technischer Entwicklung und Innovation sowie die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Klein- und Mittelbetrieben.

Auf nationaler Ebene liefert der Gesamtverkehrsplan für Österreich (2011) die zentrale Strategie zur Verkehrspolitik. Im Bereich der Umweltpolitik werden mit der Mission2030 auch Forderungen zur umweltfreundlichen Mobilität für Österreich formuliert (2018). Innerhalb der FTI-Politik werden vor allem Innovationen im Verkehrswesen thematisiert, was wiederum wesentlich auf die politischen Zielsetzungen zum AF wirkt.

Lokal spezifisch sind zudem die auf städtischer und der Ebene des Landes festgesetzten Entwicklungskonzepte zum Verkehr und zur Raumentwicklung. Jene betonen sehr stark die Integration von Siedlungs- und Verkehrsentwicklung sowie umweltverträgliche Mobilitätslösungen.

6.3. Politikpapiere zum automatisierten Fahren

Innerhalb der letzten Jahre wird auch das AF selbst immer häufiger im Politikpapieren thematisiert sowie auch verschiedene Politikstrategien in der Forschung analysiert (vgl. Fagnant & Kockelmann 2015, Beckmann 2019, Beckmann & Sammer 2016, Fraedrich et al. 2018, Heinrichs et al. 2018). Mit der folgenden Analyse wird ein Überblick über bestehende Zielsetzungen und Politikempfehlungen zum AF auf unterschiedlichen Politikebenen gegeben. Darüber hinaus werden Forschungsarbeiten, mit denen Empfehlungen an die Politik gerichtet werden, in die Analyse mit einbezogen. Insbesondere wird der Frage nachgegangen, welche Themen politisch bereits diskutiert und welche dabei oft vernachlässigt werden.

Übersicht 28: Ausgewählte Politikpapiere und Politikempfehlungen mit Beteiligung des politisch-administrativen Systems

EBENE	Ausgewählte Politikpapiere / Politikempfehlungen mit Beteiligung des politisch-administrativen Systems
Inter-nationale Ebene	<p>UN-ECE (United Nations Economic and Social Council) (2018): Revised draft resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic.</p> <p>OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2017): Automation of the Driving Task. Some possible consequences and governance challenges.</p>
Europäische Organisationen	<p>ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council) (2017): Automated Driving Roadmap.</p> <p>POLIS (European Cities and Regions Networking for Innovative Transport Solutions) (2018): Road vehicle automation and cities and regions.</p> <p>EC (European Commission) (2018): On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future.</p> <p>CEDR (Conference of European Directors of Roads) (2018): National Road Authority Connected and Automated Driving strategy 2018-28.</p> <p>STRIA (Strategic Transport Research and Innovation Agenda) (2019): Roadmap on Connected and Automated Transport: Road, Rail and Waterborne.</p> <p>EC (European Commission) (2018): Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS).</p>
Nationale Ebene (Österreich)	<p>bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016a): Automatisiert – Vernetzt – Mobil. Aktionsplan Automatisiertes Fahren Juni 2016.</p> <p>bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018a): Aktionspaket automatisierte Mobilität. 2019-2022.</p> <p>ITS Austria (2018): digital : vernetzt : mobil. Arbeitsprogramm der ITS Austria.</p> <p>bmvit (2018b): 5G-Strategie. Österreichs Weg zum 5G-Vorreiter in Europa.</p> <p>bmvit (2016b): C-ITS Strategie Österreich. VerkehrsteilnehmerInnen vernetzen, Effizienz und Sicherheit im Verkehr fördern.</p>
Städtische Ebene (international)	<p>Deutscher Städtetag (2018): Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht. Positionspapier des Deutschen Städtetages.</p> <p>Perret et al. (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz / Zusammenfassung Grundlagenstudie (Phase A) und Vertiefungsstudien (Phase B).</p>

Im nächsten Schritt wird auf die Zielsetzungen der Politikpapiere zum AF eingegangen und jene verglichen. Im Mittelpunkt der politischen Programmatiken stehen vor allem die Themen Sicherheit, Nachhaltigkeit, Konnektivität und Effizienz. Es wird aber auch deutlich, dass sehr unterschiedliche Ziele und Hoffnungen mit dem AF assoziiert werden und dabei ist jedenfalls eine Rückkopplung hinsichtlich der jeweils beteiligten Akteursgruppen und deren Interessen relevant (siehe Anhang A7).

Analyse der Zielsetzungen

Die Analyse der Zielsetzungen in den Politikpapieren zeigt, dass eine Vielzahl an Hoffnungen mit dem AF in Verbindung gebracht werden. Dabei wird auch deutlich, dass je nach beteiligten AkteurlInnen im Zuge des Erstellens der Politikdokumente auch unterschiedliche Gewichtungen bei den Zielsetzungen vorgenommen werden. Die Ziele sind vor allem bei jenen Politikdokumenten, die durch das politisch-administrative System erstellt wurden, relativ allgemein gehalten und werden je nach Interessensgruppe spezifiziert. Während die Europäische Kommission beispielsweise sowohl die Ziele

der Wettbewerbsfähigkeit, der Sicherheit, des Umweltschutzes und der Konnektivität anspricht, sind die Ziele bei der Organisation CEDR (Conference of European Road Directors) alle überwiegend auf die technologischen Aspekte und Konnektivität gerichtet und demnach spezifischer. Jene unterschiedlichen Interessen, die diesen Zielen zugrunde liegen, gilt es im Folgenden weiter zu berücksichtigen.

Analyse der Handlungsempfehlungen

Die Analyse der Politikdokumente gibt auch Einblicke in die als notwendig empfundenen Handlungen in der Politik zum AF. Basierend auf den genannten Politikpapieren wurden die darin erwähnten Handlungsfelder, Aktionen und Maßnahmen untersucht. Diese wurden nach Themenclustern gebündelt und je nach Tiefe ihrer Bearbeitung und Häufigkeit der Nennung in den Politikdokumenten gewichtet. Zudem werden verschiedene Prioritäten innerhalb der Handlungsfelder hervorgehoben (siehe Übersicht 29 – für die Differenzierung nach Szenarien siehe Kapitel 6.5.).

Übersicht 29: Adressierte Handlungsfelder in den Politikpapieren

Wissenszuwachs und Kompetenzbildung	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtzusammenhang Verkehrs- und Siedlungsentwicklung verstehen • Wirkungsanalysen durchführen (bspw. hinsichtlich der Kapazitätseffekte im Verkehrsnetz, der Interaktion mit dem Fuß- und Radverkehr, dem Erkennen von kontraproduktiven Effekten, der Ermittlung der Potentiale, Simulationen) • Wissenszuwachs bei Innovations- und Forschungspolitik vorantreiben • Fortbildungsprogramme für Arbeitskräfte bzw. auch Fahrende entwickeln
Regulationen und Handlungsbereitschaft der öffentlichen Hand	<ul style="list-style-type: none"> • Rechtliche Rahmenbedingungen und Anreizsysteme schaffen • Ordnungs- und Straßenverkehrsrecht für regulatorischen Rahmen überarbeiten • Rechtssicherheit schaffen und das Haftungsrisiko einschätzen • Testbedingungen definieren • Aktive Mitgestaltung der öffentlichen Hand fordern und Handlungsbedarf betonen • Kommunale/regionale Verantwortung fordern und Unterstützung von übergeordneten Ebenen gewährleisten
Datenmanagement und -sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Datensicherheit und Datenschutz definieren: Standardisierung, Datenhoheit, Dateneigentum, Datenqualität, Informationssicherheit, Arbeit mit Daten (Literacy) klären • Bestehende Werkzeuge und Abläufe für die Erhebung behördlicher Messdaten im Mobilitätsbereich weiterentwickeln: drahtlose Übermittlung von Messdaten in (Nah-)Echtzeit in nachgelagerte Systeme • Topographische und verkehrliche Basisdaten bereitstellen und Ereignisdaten für das AF erheben • Bestehende datenverarbeitende Systeme überprüfen (Echtzeitfähigkeit, Big Data-Fähigkeit) • Neue Daten erheben und die Chancen und Risiken unterschiedlicher Datenquellen ermitteln (Artificial intelligence) • Standardisierungs-Vorteile auf internationaler und nationaler Ebene bezüglich Daten, Datenmodellen, Übermittlungskanälen und -protokollen, Best Practices beobachten • Maßnahmen zur Cybersecurity berücksichtigen • Rückfall-Kontroll-Maßnahmen in Notfallsituationen bei der Telekommunikation entwickeln
Verkehrssicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Langfristig die Erhöhung der (Verkehrs-)Sicherheit aller Verkehrsteilnehmenden gewähren • Unfalldaten zur Verfügung stellen • Regulationen zur Produktsicherheit und Fahrzeugzulassung festlegen • Sensorbasierten Perzeptionssysteme standardisieren und Fahrzeug-NutzerInnen-Interaktion (HMI) harmonisieren
Klärung der politisch / gesellschaftlichen Vision und den Zielsetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ziele, Handlungsstrategien, Handlungskonzepte definieren (bspw. Smart City-Strategie mit Umsetzungskonzepten) • Beitrag des AF zu bestehenden Zielen prüfen und bestehende verkehrspolitische Zielsetzungen aufnehmen • Szenarien über die Technologie und Marktentwicklungen diskutieren
Demokratisierung des Einsatzes von automatisiertem Fahren und Inklusion	<ul style="list-style-type: none"> • Offene und langfristige gesellschaftliche Diskussionsprozesse (v.a. über die Risiken des AF) unter Einbindung verschiedener Stakeholdergruppen anstoßen und weiter entwickeln • Bewusstseinsbildung und Akzeptanz unterschiedlicher StakeholderInnen erhöhen • Inklusion neuer NutzerInnen (v.a. mit Mobilitätseinschränkungen) fördern und eine sozial verträgliche Gestaltung des AF vornehmen • Rahmenbedingungen des AF demokratisch debattieren

Pilotprojekte	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungen und Erkenntnisse aus Pilotprojekten sammeln • Zusammenarbeit von unterschiedlichen Ebenen und Stakeholdern bei Pilotprojekten fördern • In Pilotprojekten unterschiedliche Raumstrukturen und Mobilitätskulturen berücksichtigen • Verschiedene Angebotskonzepte (u.a. im ÖPNV) testen • Nur in bestimmten ODDs (Operational Design Domains) testen, um Sicherheit zu gewährleisten • Kleine Schritte bei Tests vornehmen • Monitoring der Piloten garantieren • Europaweite Plattform über Testerfahrungen entwickeln
Aufbau von Netzwerken	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation / Kooperation zwischen Stakeholdern, Erfahrungsaustausch aber auch Datenaustausch fördern • Interessensvertretung der lokalen Ebene auf europäischer / internationaler Ebene, Bedürfnisse und Anliegen der Städte und Agglomerationen einbringen • Institutionelle Strukturen anpassen oder neue Institutionen schaffen
Verkehrsmanagement und Verkehrssteuerung	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsmanagement und -steuerung durch bspw. Priorisierung von Fahrten und Fahrzeugen nach Besetzungsgrad vornehmen: Bepreisung nach Besetzungsgrad, Bepreisung nach Nachfrage und Kapazität, Mindesttransportweite je Fahrt, Zielvorgaben zum bewirkten modal split, Bepreisung von Lehrfahrten, flottenweiter Mindestbesetzungsgrad, räumliche Zufahrtsbeschränkungen oder -erleichterungen, Begrenzung von Mehrverkehr • Integration in bestehende Informations- und Vertriebskanäle fördern • Effiziente Konzepte für die Warenlieferung, City-Logistik entwickeln (klare Definition für Güterumschlag im Siedlungsgebiet, Paketstationen, Paketfachboxen), Bedingungen von automatisierten Zulieferungen klären, unterschiedliche Lösungen überprüfen (End-to-end, last-mile delivery, waste collection, goods-on-vehicle etc.)
Neue Verkehrsangebote	<ul style="list-style-type: none"> • Sharing, öffentlichen Verkehr und nicht-motorisierten Verkehr weiterhin fördern • Push-Maßnahmen für Erschwernisse des individuellen Autoverkehrs: Reduktion der Parkplatzverfügbarkeit entwickeln • Pull-Maßnahmen zur Erhöhung der Attraktivität von neuen Sharing-Angeboten entwickeln: steuerliche Erleichterungen für kollektive Fahrzeugnutzung, Nachhaltigkeitsbonus für hohe Besetzungsgrade • Integrierte Konzepte für kollektive, automatisierte, elektrische und inklusive Mobilität entwickeln • Das gewünschte öffentliche und private Grundangebot in unterschiedlichen Räumen neu organisieren
Digitale Infrastruktur und Infrastrukturplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Kapazitätserfordernisse von Verkehrsrouten, technischer Infrastruktur, Fahrzeugflotten und Instandhaltung ermitteln • Öffentlichen Raum und raumplanerische Sicherung strategischer Flächen neu organisieren: Fahrbahn, Parkraum, Verteilung von Gütern, Zulieferung, Umsteigepunkte, Haltekannten für Sharing Angebote, Ladestationen • Digitale Infrastruktur und Vernetzung gewährleisten (Grundsatzentscheidung, Infrastrukturen definieren, gesetzliche Grundlagen, Betreibermodell, vertragliche Bestimmungen, flächendeckende 5G-Versorgung) • Flächen in Verkehrsknoten optimieren und MIV- Abstellplätze zurückbauen • Markierung und Signalisation im Straßenraum anpassen
Umweltschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilitätsbedingte Emissionen minimieren und Dekarbonisierung v.a. durch Antriebssysteme (E-Mobilität) forcieren • Energieverbrauch durch leichtere Fahrzeuge verringern • Flächennutzung durch Infrastruktur- und Stadtplanung optimieren

Je nach Tiefe der Bearbeitung und Häufigkeit der Nennung von Maßnahmen in den Politikdokumenten wurden die Themencluster gewichtet (siehe Abbildung 71). Auffällig ist dabei die Diskrepanz zwischen den genannten Zielsetzungen und den vorgeschlagenen Handlungsfeldern: Während Themen wie Umweltschutz oder Inklusion zwar als Ziele häufig angesprochen werden, fehlen konkrete Handlungsfelder und Maßnahmen dafür, wie das AF einen Beitrag zu diesen Zielsetzungen leisten könnte. Folglich werden die technischen und sicherheitsbezogenen Themen – wie Regulationen und Handlungsbereitschaft der öffentlichen Hand, Datenmanagement und -sicherheit, Verkehrsmanagement und Verkehrssteuerung, Verkehrssicherheit, digitale Infrastruktur und Infrastrukturplanung sowie Pilotprojekte sehr stark bei den Maßnahmen thematisiert. Häufig genannt, jedoch weniger mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen verbunden, sind die Themen des Wissenszuwachses und der Kompetenzbildung, des Umweltschutzes sowie die Planung integrierter Verkehrsangebote. Bei Umsetzungsmaßnahmen rücken die Bereiche Demokratisierung und soziale Inklusion, die Klärung

der Vision und Zielsetzungen sowie der Aufbau von transdisziplinären Netzwerken überwiegend in den Hintergrund. Auf Veränderungen des Mobilitätsverhaltens wird direkt überhaupt nicht eingegangen. Bevorzugt werden neben technischen Lösungen vor allem top-down-organisierte Maßnahmen resp. Rahmensetzungen, von denen man hofft, die Ziele zu erreichen.

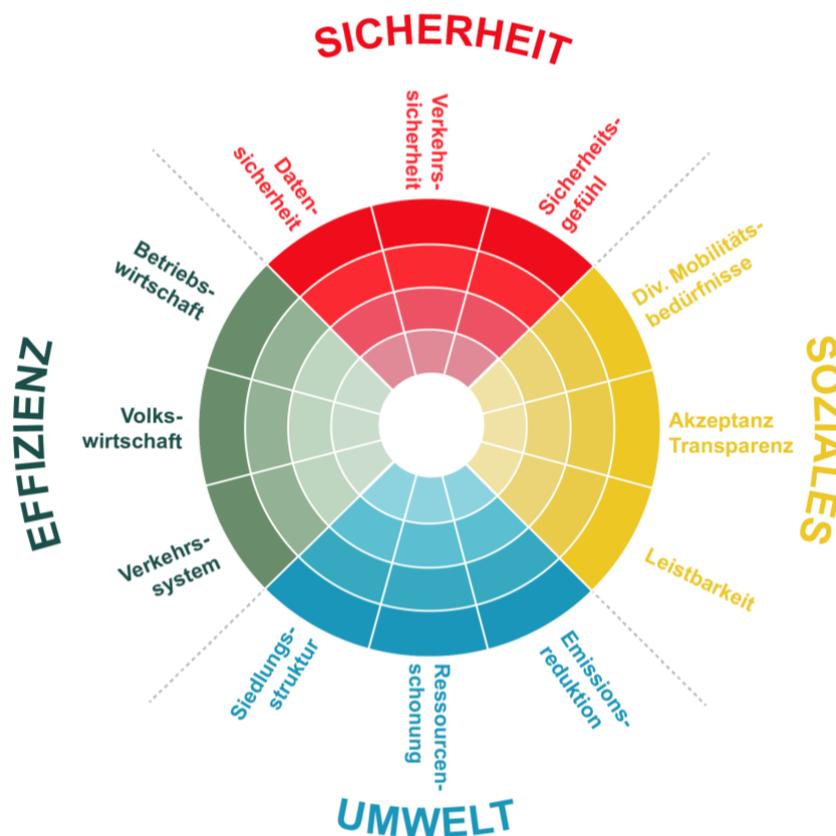
Abbildung 71: Adressierte Handlungsfelder in den Politikpapieren (Quelle: eigene Darstellung)



6.4. Bündelung der politischen Zielsetzungen und Bewertung der Szenarien

Die Analyse der verkehrspolitischen, FTI-politischen, umweltpolitischen und raumplanungspolitischen Rahmendokumente zeigt, dass sich die weitreichenderen Zielsetzungen, die auch auf die Politik zum AF wirken, in einem Bündel aus vier Oberzielen und zwölf Unterzielen subsumieren lassen (siehe Übersicht 30 und Abbildung 72). Dieses Zielsystem bildet die Grundlage für die vorgenommene Bewertung der Szenarien.

Abbildung 72: Die vier Zieldimensionen und zwölf Unterziel-Dimensionen politischer Zielsetzungen (Quelle: eigene Darstellung)



Die 12 Unterziele werden nach den vier Oberzielen – Sicherheit, Effizienz, Umwelt und Soziales – gebündelt. Dabei wird das Ziel der Effizienz in Ziele zur Förderung der Betriebswirtschaft, der Volkswirtschaft sowie der Effizienz des Verkehrssystems differenziert. Das Ziel des Umweltschutzes wird in die Verkehrsvermeidung durch eine gesteuerte Siedlungsentwicklung, die Schonung natürlicher Ressourcen sowie die Emissionsreduktion aufgeteilt. Soziale Ziele betreffen die Berücksichtigung unterschiedlicher Mobilitätsbedürfnisse, die Akzeptanz und Transparenz sowie die Leistbarkeit. Im Bereich der Sicherheit sind zentrale Ziele die Datensicherheit, die Verkehrssicherheit sowie das individuelle Sicherheitsgefühl. Das gesamte politische Zielsystem wird im nächsten Schritt (siehe Kapitel 6.6) für die Bewertung der Szenarien herangezogen. In einem weiteren Schritt (siehe Kapitel 6.8) werden Optionen für ausgleichende Maßnahmen abgeleitet.

Übersicht 30: Die 12 Unterziel-Dimensionen politischer Zielsetzungen

Oberziel	Unterziel
<i>Effizienz</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Betriebswirtschaft: Wirtschaftlichkeit des Betriebs und der öffentlichen Finanzhaushalte 2. Volkswirtschaft: Faire Wettbewerbsbedingungen und Beschäftigungsverhältnisse 3. Effizientes Verkehrssystem und Infrastrukturauslastung
<i>Umwelt</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verkehrsvermeidung durch Siedlungsentwicklung (z.B. Stadt der kurzen Wege) 2. Schonung natürlicher Ressourcen (z.B. flächensparsame Infrastruktur, Versiegelungsgrad) 3. Emissionsreduktion / Erneuerbare Energien / Luft- und Lärmqualität
<i>Soziales</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berücksichtigung von Mobilitätsbedürfnissen unterschiedlicher Zielgruppen (z.B. Barrierefreiheit, Teilhabechancen, Mobilitätsstile) 2. Akzeptanz und Transparenz 3. Leistbarkeit
<i>Sicherheit</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Datensicherheit 2. Verkehrssicherheit 3. Sicherheitsgefühl (soziales Miteinander)

Zur Präzisierung der vier Zieldimensionen (Effizienz, Umwelt, Soziales und Sicherheit) und ihren zwölf Zielfeldern wurden **Indikatoren** festgelegt (siehe Übersichten 31 bis 34), die die Zielerreichung messbar machen können. Anhand der Indikatoren für die jeweiligen Zielfelder können die einzelnen Zielfelder für die jeweiligen Szenarien nachvollziehbarer bewertet werden.

Effizienz

Übersicht 31: Indikatoren - Effizienz

Zielfeld	Indikator	Dimension	Ausprägung	Quelle
Betriebswirtschaft	Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben der österreichischen Unternehmen (Dienstleistungen)	[verbal]	qualitativ	-
	Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben der österreichischen Unternehmen (Produktion)	[verbal]	qualitativ	-
	Beschäftigtenveränderung	[Personen-jahre]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
Volkswirtschaft	Einnahmenänderungen der öffentlichen Hand, der Haushalte und der Unternehmen (aus dem Verkehrsbereich)	[€/Jahr]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005; WBCSD, 2015: 48
Verkehrssystem	Direktverbindungen / Anschlussicherheit	[Anzahl Umsteiger je Pers. und Jahr]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
	Verbindungsqualität	Wartezeit(h)/ Jahr und Person	qualitativ	PTV, 2007: 105
	Pünktlichkeit	[Varianz Reisezeit-abweichung]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
	Transportkapazitätserhöhung Verkehrsnetz	Personen pro Stunde (während Peakzeiten)	qualitativ	WBCSD, 2015: 23

Umwelt

Übersicht 32: Indikatoren - Umwelt

Zielfeld	Indikator	Dimension	Ausprägung	Quelle
Emissionsreduktion	CO-Emissionen	[t/Jahr]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
	CO ₂ -Emissionen	[t/Jahr]	quantitativ	Berger & Gobiet, 2005
	NO _x -Emissionen	[t/Jahr]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
	Lärm	[Lärm-Einw.-gleichwerte]	quantitativ	Berger & Gobiet, 2005
Ressourcenschonung	(End-)Energieverbrauch des Verkehrssektors	[PJ/Jahr]	qualitativ	BMW, 2017: 25
	Energieintensität des Verkehrssektors	[PJ/kfz-km/Jahr]	qualitativ	BMNT, 2018: 23; WBCSD, 2015
	Anteil erneuerbarer Energien am Verbrauch im Verkehr	[%]	qualitativ	BMNT, 2018: 17
	Anteil von Verkehrsflächen oder Gesamtfläche von Verkehrsflächen	[%] oder [m ²]	qualitativ	WBCSD, 2015: 49
Siedlungsstruktur und öffentlicher Raum	Versiegelte Flächen	[m ²]	qualitativ	PTV, 2007: 105
	Straßennetzvermaschung / -verknüpfung: Maschenweite des Straßennetzes (Grad der Vernetzung von Straßen und Wegen und Ermöglichung des direkten Weges zwischen Zielen)	[verbal]	qualitativ	Bachofer et al. 2010; Mozdehi, 2015: 9; Spitzer, 2007: 68
	Nutzungsmischung (Grad der Nähe von Wohn-, gewerblichen und institutionellen Nutzungen)	[verbal]	qualitativ	WBCSD, 2015: 45; Mozdehi, 2015: 9
	Bevölkerungsdichte	Einwohner/ km ²	qualitativ	Siedentop & Hesse, 2005
	Anteil der für den Rad- und Fußverkehr gut geeigneten Straßennetzabschnitte (und Kontinuität des Wegenetzes)	[%]	qualitativ	PTV, 2007: 105; Mozdehi, 2015: 9
	Qualität des öffentlichen Raums	[verbal]	qualitativ	WBCSD, 2015: 44
	Trennwirkung (längengewichteter Mittelwert der Trennwirkung bzw. Querungspunkte)	[verbal]	qualitativ	PTV, 2007: 105

Soziales

Übersicht 33: Indikatoren - Soziales

Zielfeld	Indikator	Dimension	Ausprägung	Quelle
Diverse Mobilitätsbedürfnisse	Erreichbarkeit für mobilitätseingeschränkte Personen	[verbal]	qualitativ	WBCSD, 2015: 35
	Anteil von Personen mit Zugang zu Verkehrsangeboten (Fußläufige Entfernung zu Haltestellen des ÖV)	[%]	qualitativ	WBCSD, 2015: 41
Akzeptanz/Transparenz	Zufriedenheit mit Verkehrsangeboten	[verbal]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
	Informiert-Sein	[verbal]	qualitativ	Berger & Gobiet, 2005
Leistbarkeit	Durchschnittliche Mobilitätskosten	[€/Jahr]	qualitativ	WBCSD, 2015: 32
	Leistbarkeit von ÖV für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)	[%/ Haushalts-einkommen]	qualitativ	WBCSD, 2015: 33

Leistbarkeit von AV (privat) für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)	[%/ Haushaltseinkommen]	qualitativ	-
Leistbarkeit von AV-Sharing für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)	[%/ Haushaltseinkommen]	qualitativ	-

Sicherheit

Übersicht 34: Indikatoren - Sicherheit

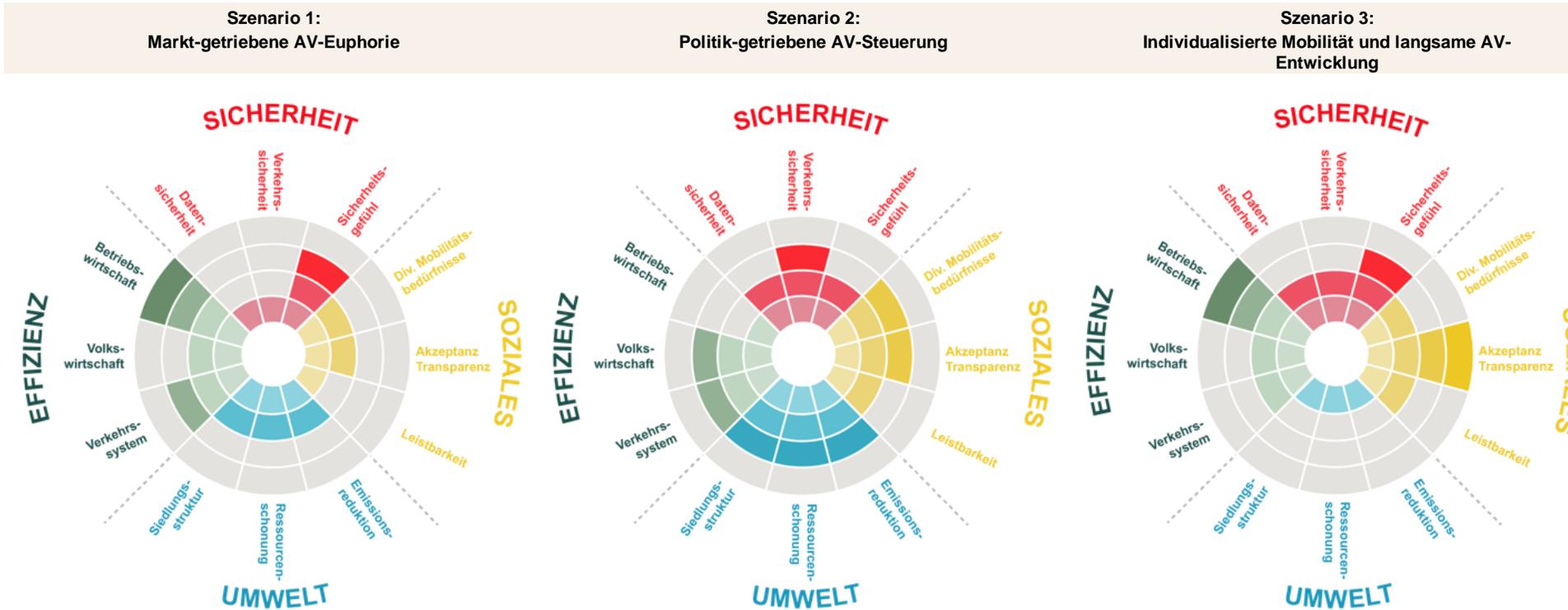
Zielfeld	Indikator	Dimension	Ausprägung	Quelle
Datensicherheit	Hackerangriffe auf Fahrzeuge (V2V)	[Anzahl pro Jahr]	qualitativ	McAfee, 2018
	Hackerangriffe auf Infrastruktur (V2I)	[Anzahl pro Jahr]	qualitativ	McAfee, 2018
Verkehrssicherheit	Unfälle mit Personenschaden	[Anzahl pro Jahr]	qualitativ	bmvit, 2016c
	Unfälle mit Sachschaden	[Anzahl pro Jahr]	qualitativ	bmvit, 2016c
Sicherheitsgefühl	Risiko von Verbrechen im städtischen Verkehr	[verbal]	qualitativ	WBCSD, 2015: 58
	Gemeinsames Fahren mit wenigen anderen Personen	[verbal]	qualitativ	-

Die Bewertung der Szenarien erfolgt mittels drei methodischer Schritte: erstens leitet sich die Zielerreichung aus der inhärenten Szenarienlogik ab (Setzungen der Projektionen), zweitens werden die Ergebnisse der Modellierung einbezogen und drittens wurden einzelne Dimensionen noch im Rahmen von Konsensuskonferenzen gemeinsam mit ExpertInnen und BürgerInnen diskutiert. Abbildung 73 und Übersicht 35 geben einen Überblick über die Bewertung der Szenarien unter Berücksichtigung der jeweiligen Indikatoren.

Die Szenarien zeigen unterschiedliche Stärken und Schwächen hinsichtlich der politischen Zielerreichung.

- Szenario 1, die Markt-getriebene AV-Euphorie, punktet vor allem im Bereich der betriebswirtschaftlichen Effizienz (aufgrund der aktiven Förderung von neuen automatisierten Mobilitätsdienstleistenden), teilweise bei der Ressourcenschonung und Emissionsreduktion (aufgrund des Sharings) sowie beim individuellen Sicherheitsgefühl aufgrund der hohen Überwachung und Datenverfügbarkeit. Problematische Effekte sind bei der Daten- und Verkehrssicherheit sowie der Leistbarkeit zu erwarten.
- Die Stärken des Szenario 2, der Politik-getriebenen AV Steuerung, liegen auf allen Ebenen des Umweltschutzes, bei der Berücksichtigung unterschiedlicher Mobilitätsbedürfnisse sowie der Akzeptanz und Transparenz. Ebenfalls positive Effekte sind im Bereich der Volkswirtschaft und der Effizienz des Verkehrssystems sowie der Verkehrssicherheit zu erwarten. Problematisch ist jedoch die geringe betriebswirtschaftliche Effizienz.
- Das Szenario 3, die individualisierte Mobilität und die langsame AV-Entwicklung, zeigt positive betriebswirtschaftliche Effekte (vor allem für Autoherstellende) sowie bei der Akzeptanz und Transparenz sowie dem individuellen Sicherheitsgefühl. Problematisch sind die Effekte auf die Umwelt, da Emissionsziele, Ressourcenschonung sowie verkehrsvermeidende Siedlungsstrukturen kaum adressiert werden.

Abbildung 73: Bewertung der Szenarien (Quelle: eigene Darstellung)



Übersicht 35: Bewertung der Szenarien im Detail nach Indikatoren

Oberziel-feld	Unterzielfeld	Indikator	1. Markt-getriebene AV-Euphorie	2. Politik-getriebene AV-Steuerung	3. Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung
Effizienz	Betriebswirtschaft	Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben der österreichischen Unternehmen (Dienstleistungen)	••••	•	••••
		Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben der österreichischen Unternehmen (Produktion)	•••	••	•••
	Volkswirtschaft	Beschäftigtenveränderung	••	•••	••
		Einnahmenänderungen der öffentlichen Hand, der Haushalte und der Unternehmen (aus dem Verkehrsbereich)	•••	•••	•••
	Verkehrssystem	Direktverbindungen/ Anschlussicherheit	••	•••	••
		Verbindungsqualität	•••	•••	••
Pünktlichkeit		••	••	••	
Umwelt	Emissionsreduktion	CO-Emissionen	••	•••	••
		CO ₂ -Emissionen	•••	••••	••
		NO _x -Emissionen	••	•••	•
		Lärm	•••	••••	••
	Ressourcen-schonung	(End-)Energieverbrauch des Verkehrssektors	•••	••••	•
		Energieintensität des Verkehrssektors	••	••••	•
		Anteil erneuerbarer Energien am Verbrauch im Verkehr	••	•••	•
		Anteil von Verkehrsflächen oder Gesamtfläche von Verkehrsflächen	•••	•••	••
	Siedlungsstruktur und öffentlicher Raum	Versiegelte Flächen	••	•••	••
		Straßennetzvermaschung/ -verknüpfung: Maschenweite des Straßennetzes (Grad der Vernetzung von Straßen und Wegen und Ermöglichung des direkten Weges zwischen Zielen)	•••	••••	••
		Nutzungsmischung (Grad der Nähe von Wohn- gewerblichen und institutionellen Nutzungen)	••	•••	•
		Bevölkerungsdichte	•••	••••	••
		Anteil der für den Rad- und Fußverkehr gut geeigneten Straßennetzabschnitte (und Kontinuität des Wegenetzes)	••	•••	
		Qualität des öffentlichen Raums	••	•••	•
		Trennwirkung (längengewichteter Mittelwert der Trennwirkung bzw. Querungspunkte)	•	•••	••
Soziales	Diverse Mobilitäts-bedürfnisse	Erreichbarkeit für mobilitätseingeschränkte Personen	••	•••	••
		Anteil von Personen mit Zugang zu Verkehrsangeboten (Fußläufige Entfernung zu Haltestellen des ÖV)	••	•••	••
	Akzeptanz/ Transparenz	Zufriedenheit mit Verkehrsangeboten	•••	•••	•••
		Informiert-Sein	••	•••	••••
	Leistbarkeit	Durchschnittliche Mobilitätskosten	•	••	••
		Leistbarkeit von ÖV für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)	•••	•••	•••
Leistbarkeit von AV (privat) für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)		•	••	•	
	Leistbarkeit von AV-Sharing für die ärmste Bevölkerungsgruppe (Quantil)	•	••	••	
Sicherheit	Datensicherheit	Hackerangriffe auf Fahrzeuge (V2V)	•	••	••
		Hackerangriffe auf Infrastruktur (V2I)	•	••	••
	Verkehrssicherheit	Unfälle mit Personenschaden	••	•••	••
		Unfälle mit Sachschaden	•	••••	••
	Sicherheitsgefühl	Risiko von Verbrechen im städtischen Verkehr	••••	••	•••
		Gemeinsames Fahren mit wenigen anderen Personen	•••	•••	••••

Zielerreichung: • gering •• mittel ••• stark •••• sehr stark

Die Zielsetzungen können weiter nach den Interessen einzelner AkteurInnen differenziert werden (siehe Übersicht 36). Hier wird eine erste Abschätzung von potentiellen Interessenskonflikten zwischen den verschiedenen politischen Zielsetzungen vorgenommen, denn die AkteurInnen-Gruppen (Planung und Steuerung, Unternehmen und Industrie, Forschung und Vernetzung und die Zivilgesellschaft) gewichten die Zielsetzungen unterschiedlich. Dazu wurden die Ergebnisse der Konsensuskonferenzen aufgegriffen, die trotz der Konsensorientierung Hinweise auf mögliche Spannungsfelder geben.

Übersicht 36: Interessen nach AkteurInnen-Gruppen

Zentrale Interessensfelder im Spannungsfeld unterschiedlicher AkteurInnen-Gruppen		Planung und Steuerung	Unternehmen und Industrie	Forschung und Vernetzung	Zivilgesellschaft
Effizienz	Im internationalen Feld ökonomisch wettbewerbsfähig bleiben	●●●	●●●	●●	●
	Neue Absatzmärkte erschließen	●	●●●	●	●
	Koordinierte und harmonisierte Umsetzung garantieren	●●●	●●	●●	●●
	Sinnvolle Verkehrssteuerung und Verkehrsmanagement etablieren	●●●	●	●●	●
	Das Verkehrssystem optimal auslasten, Verkehrsflüsse optimieren	●●●	●●●	●●	●
	Gesamtes Verkehrsangebot ausweiten und optimieren	●●●	●●	●●●	●●●
Umwelt	CO ₂ Emissionen durch neue Antriebssysteme einsparen	●●●	●●	●●●	●●
	Mikro-Mobilität in Quartierskonzepte integrieren	●●●	●●	●●	●●
	Instrumente für kompakte Siedlungsentwicklung entwickeln	●●●	●	●●●	●
	Umweltfreundlichkeit des Verkehrssystems erhöhen	●●●	●	●●●	●●
	Sinnvolle Integration mit anderen Modi (aktive Mobilität, MIV, ÖV) gewähren	●●●	●●	●●●	●●
Soziales	Unmittelbare und weiterreichende Effekte des AF verstehen bzw. sozial und sozialräumlich differenzieren	●●	●	●●●	●
	Ein hohes Maß an Autonomie und Freiheit mit neuen Mobilitätsangeboten gewähren	●●●	●●	●●	●●●
	Angebote für unterschiedliche Bedürfnisse sichern	●●	●●	●●●	●●●
	Mobilitätschancen für benachteiligte Personengruppen erhöhen	●●●	●	●●●	●●●
	Leistungsfähigkeit gewährleisten	●●	●	●●	●●●
Sicherheit	Haftungsrisikos einschätzen	●●●	●●●	●●	●●
	Verkehrssicherheit erhöhen	●●●	●●	●●●	●●
	Datenschutz gewährleisten	●●●	●●	●●●	●●
	Sicherheitsgefühl während der Fahrt stärken	●●	●●	●●	●●●

- Niedriger Stellenwert
- Mittlerer Stellenwert
- Hoher Stellenwert

Die Analyse der Interessen unterschiedlicher AkteurInnen-Gruppen deutet darauf hin, dass die Politik zum AF ein recht umkämpftes Politikfeld ist und künftig sein wird. Hinsichtlich der Zielsetzungen im Bereich der Effizienz lassen sich Interessenskonflikte zwischen der Zivilgesellschaft und der Wirtschaft bzw. auch der Steuerung erkennen. Während wirtschaftliche Interessen beim AF für die Unternehmen, Industrie sowie die Planung und Steuerung wichtig erscheinen, liegen die Interessen der Zivilgesellschaft stärker auf einem weitreichenden, gut koordinierten Verkehrsangebot. Interessenskonflikte bestehen bei den Zielsetzungen der Umwelt- und der Sozialpolitik auch zwischen den AkteurInnen-Gruppen. Umweltpolitische Zielsetzungen werden zwar von Politik, Planung und Forschung im Zuge des AF adressiert, sind jedoch oftmals nicht primäres Anliegen von Wirtschaft und den Nutzenden. Hinsichtlich der sozialen Ziele liegt eine starke Verantwortung bei Politik und Planung sowie der Forschung, da soziale Ziele nicht unmittelbar an neue Mobilitätsangebote von Unternehmen und Industrie gekoppelt sein müssen. Die Sicherheit ist ein Ziel, dass von allen

AkteurInnen-Gruppen hoch bewertet wird, wenngleich auch hier unterschiedliche Gewichtungen von Prioritäten deutlich werden.

6.5. Optionen für ausgleichende Maßnahmen

In Ableitung der unterschiedlichen Stärken und Schwächen der jeweiligen Szenarien hinsichtlich der politischen Zielerreichung ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für ausgleichende Maßnahmen. Den Szenarien liegen jedoch auch unterschiedliche Zugänge und Verständnisse von politisch-planerischer Steuerung zugrunde, weshalb die Wirksamkeit der Handlungsoptionen variiert. Taeihagh & Si Min Lim (2018) betonen bezugnehmend auf Li et al. (2018) die vielfältigen Governance-Strategien, die im Zuge des AF eingenommen werden können. Folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Möglichkeiten auf das AF steuernd einzugreifen:

Übersicht 37: Typen von AV-bezogenen Governance-Strategien (Quelle: eigene Darstellung, nach Taeihagh & Si Min Lim 2018: 5)

	AV-bezogene Beispiele
Keine Reaktion	Keine konkreten Pläne oder institutionelle Rahmensetzungen, um die Risiken des AF abzufedern
Präventions-orientiert	Strenge Prävention von Risiken (Ziel ist es, die Risiken komplett zu vermeiden). AF wird nicht erlaubt, wenn Risiken bestehen.
Kontroll-orientiert	Risiken bestehen, aber kontroll-orientierte Schritte durch formale Politiken und Regulationen. Ein angemessener Grad an Risiko wird über ein rationales Risikomanagement gesucht.
Toleranz-orientiert	Das System ist gegenüber Risiken in vielen Situationen robust (vorausschauende Pläne, Entwicklung alternativer Lösungen etc.). Risiken werden bis zu einem gewissen Grad toleriert. Resilienz wird angestrebt und dazu unterschiedliche Alternativen entwickelt.
Adaptions-orientiert	Die Anpassungsfähigkeit des Systems steht im Mittelpunkt. Von zahlreichen Unsicherheiten wird ausgegangen und die Steuerung wird je nach Feedback und Erfahrungen angepasst u.a. durch „Learning by doing“, öffentliche Teilhabe, vorausschauende Planung, Aushandlung etc.

In Szenario 1 „Markt-getriebene AV-Euphorie“ greift die Steuerung und Planung kaum regulierend bzw. toleranz-orientiert ein. Mit diesem Szenario wird vielmehr auf die aktive Technologieförderung abgezielt und hinsichtlich der Steuerung ein starker betriebswirtschaftlicher Optimierungsgedanke vertreten. Die umweltpolitische Strategie ist wenig kontroll-orientiert; auch hinsichtlich sozialer und sicherheitsbezogener Zielsetzungen ist die Politik eher reaktiv.

Das Steuerungsverständnis in Szenario 2 „Politik-getriebene AV-Steuerung“ ist hingegen stark kontroll-, präventions- und adaptions-orientiert. Automatisiertes Fahren muss sich bestehenden Systemen anpassen und hinsichtlich umweltpolitischer Zielsetzungen werden strenge formale Instrumente eingesetzt. Der soziale Ausgleich erfolgt über eine starke wohlfahrtsstaatliche, proaktive Politik. Auch hinsichtlich der Sicherheit werden strenge formale Politiken und Regulationen festgesetzt.

In Szenario 3 „Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung“ fehlen aufgrund der langsamen Technologieentwicklung konkrete kontroll- oder präventions-orientierte Instrumente auf politisch-planerischer Ebene. Hinsichtlich der Umwelt, dem Sozialen und der Sicherheit wird eher toleranz-orientiert gehandelt. Aus dem sich langsam entwickelnden Prozess zur Automatisierung werden Learnings aufgenommen und in das politische Handeln integriert.

Basierend auf einem Screening unterschiedlicher verkehrspolitischer Maßnahmen (vgl. Roth 2009, Kittler 2010, Groer 2015) sowie von AV-spezifischen Maßnahmen (vgl. Cohen & Cavoli 2019, Perret et al. 2018, Bösch 2018) wurde ein Maßnahmenkatalog für ausgleichende Maßnahmen entwickelt.

In der folgenden Übersicht 38 werden die Maßnahmen in den Zeilen dem zuvor definierten Zielsystem zugeordnet. Die unterschiedlichen Auswirkungen der einzelnen Szenarien werden in den Spalten bewertet. Die Bewertung ist dabei von folgenden Annahmen abhängig:

1. Den Zielsetzungen der Verkehrs- und Mobilitätspolitik entsprechend der Projektionen der Szenarien (aktive oder passive Technologiepolitik, aktive oder passive Umweltpolitik etc.)
2. Den vorherrschenden Steuerungsstilen in Bezug auf die Zieldimensionen (keine Reaktion, präventions-orientiert, kontroll-orientiert, toleranz-orientiert, adaptions-orientiert)

Die Bewertung zeigt demnach das Durchsetzungspotential von bestimmten Maßnahmen in den jeweiligen Szenarien. Kehrt man dieses Durchsetzungspotential um, dann zeigen sich die möglichen Steuerungsprobleme und deuten auf ausgleichende politische Handlungen hin.

Zudem verdeutlicht die Tabelle konkrete AV-spezifische Maßnahmen, die zur Zielerreichung beitragen können und im Kontext der Durchsetzung von AV politisch-planerisch aufgegriffen werden können.

Übersicht 38: Maßnahmenkatalog

„Klassische“ Maßnahmen	AV-spezifische Maßnahmen	Markt-getriebene AV-Euphorie	Politik-getriebene AV-Steuerung	Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung
Maßnahmen Betriebswirtschaft		● ● ● ●	●	● ● ● ●
Marktgestützte Anreize (z.B. Forschungsförderung, Informationskanäle für betriebliche Anreize) setzen		● ● ● ●	●	● ● ● ●
Service-Verträge mit öffentlicher Hand (PPP) (z.B. städtebauliche Verträge, Konzessionen) abschließen		● ● ●	● ●	● ●
Maßnahmen Volkswirtschaft		● ●	● ● ●	● ●
Auswirkungen auf Arbeitsmarkt , Beschäftigung durch Umschulungsmaßnahmen, Qualifizierungsmaßnahmen abfedern		● ●	● ● ●	● ●
Regionalen Finanzausgleich (Stadt-Land) stärken		● ●	● ● ● ●	● ●
Steuer- und Finanzpolitik: Fokus Mobilität (z.B. Treibstoff, Pendlerpauschale) anpassen	Gewichtsbasierte/ gewichtsabhängige Kfz- Steuern für AV mit konventionellem Antrieb bzw. eine Besteuerung nach Bauart (wenn passive Sicherheit nicht mehr im großen Ausmaß benötigt wird) einführen	● ●	● ● ● ●	● ●
Steuer- und Finanzpolitik: Fokus Sozialpolitik anpassen		●	● ● ● ●	● ●
Maßnahmen Verkehrssystem		● ● ●	● ● ●	● ●
Preispolitische Maßnahmen zur Nachfrigesteuerung setzen: Fokus Verkehrsfluss (MIV) und Platzangebot (ÖV) (z.B. City-Maut, Vignettensysteme, Objekt-Maut, Parkgebühren, Bonusregelungen, Zeitkarten)	Differenzierte Straßenbenutzungsgebühren je nach Zeit, Ort, Besetzungsgrad etc. einführen Abgaben auf Leerfahrten von AV Fahrzeugen einführen	● ●	● ● ●	● ● ●
Verkehrsfluss über Infrastruktur verbessern (z.B. Bevorrangung, Signalisation)	Digitale Infrastruktur ausbauen	● ● ●	● ●	● ●
Informations-, Buchungs- und Bezahlsysteme einführen (z.B. Fahrkartenautomaten, Plattformen, Mobilitätszentralen)	Integrierte Mobilitätsplattform mit AV umsetzen	● ● ●	● ●	●

<p>Maßnahmen Siedlungsstruktur</p> <p>Quartiere und Bauformen mit hoher Dichte, Nutzungsmischung und kurzer Wege für die aktive Mobilität planen</p> <p>Hierarchisches System von Umsteige- und Verknüpfungspunkte unterschiedlicher Modi (inter- und multimodale Knoten) fördern</p> <p>Siedlungsentwicklung mit ÖPNV Qualität abstimmen</p> <p>Autoarme Quartiere, hohe Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum (z.B. Superblock) planen</p>	<p>Umsteigegebiete mit AV optimieren</p> <p>Last-mile Lösungen mit AV fördern</p> <p>Autofreie Zonen, um Zu- und Abgangsdistanzen zum Ein- und Ausstiegsweg zwischen den Verkehrsmitteln zu egalisieren</p>	<p>••</p> <p>••</p> <p>•</p> <p>••</p> <p>•••</p>	<p>•••</p> <p>•••</p> <p>•••</p> <p>••</p> <p>•••</p>	<p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p>
<p>Maßnahmen natürliche Ressourcen</p> <p>Verkehrsvermeidung durch virtuelle Mobilität und Bewusstseinsbildung stärken (z.B. Arbeits-, Bildungsmodelle (Homeoffice, E-Learning), E-Commerce)</p> <p>Flächen im Straßenraum neu verteilen (z.B. Rückbau von Fahrbahnflächen, mehr Platz für aktive Mobilität)</p> <p>Neue ressourcenschonende Werkstoffe beim Fahrzeugbau und Infrastruktur nutzen (inkl. Recycling)</p>	<p>Umverteilung der Parkflächen zugunsten des Umweltverbundes vornehmen</p> <p>AV Haltepunkte zumindest zu Beginn definieren</p>	<p>••</p> <p>•••</p> <p>••</p> <p>••</p> <p>••</p>	<p>•••</p> <p>••</p> <p>••••</p> <p>••</p> <p>••</p>	<p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>•</p>
<p>Maßnahmen Emissionsreduktion</p> <p>Preispolitische Maßnahmen zur Nachfragesteuerung einführen: Fokus Emissionsreduktion (z.B. City-Maut, Vignettensysteme, Objekt-Maut, Parkgebühren, Bonusregelungen, Zeitkarten)</p> <p>Bewusstseinsbildende Maßnahmen setzen (z.B. Information, Kampagnen, Kurse für energiesparendes Fahren, autofreie Tage, Geschwindigkeitskontrollen)</p> <p>Besetzungsgrad erhöhen (Sharing)</p> <p>Alternative Antriebstechnologien und Infrastrukturen fördern (z.B. E-Mobilität, Brennstoffzelle, Erdgastankstelle)</p> <p>Infrastrukturelle und betriebliche Maßnahmen im Umweltverbund setzen (z.B. Ausbau von Rad- und Fußwegeinfrastruktur, Erschließungsqualität mit ÖV)</p>	<p>Differenzierte Straßenbenutzungsgebühren je nach Zeit, Ort, Besetzungsgrad etc. einführen</p> <p>Abgaben auf Leerfahrten von AV Fahrzeugen einführen</p> <p>Verbote oder Abgaben für Leerfahrten einführen</p>	<p>••</p> <p>••</p> <p>•••</p> <p>•••</p> <p>••</p> <p>••</p>	<p>•••</p> <p>••••</p> <p>•••</p> <p>•••</p> <p>••••</p> <p>•••</p>	<p>•</p> <p>••</p> <p>•</p> <p>•</p> <p>••</p> <p>•</p>
<p>Maßnahmen diverser Mobilitätsbedürfnisse</p> <p>Infrastrukturelle und betriebliche Maßnahmen zur Barrierefreiheit etc. setzen</p> <p>Organisatorische Maßnahmen (z.B. zielgruppenspezifische On-Demand Services (MaaS)) setzen</p>	<p>Priorisierung von Zielgruppen vornehmen</p> <p>Bestimmte soziale Gruppen beim AV fördern</p>	<p>••</p> <p>••</p> <p>•••</p>	<p>•••</p> <p>•••</p> <p>••</p>	<p>••</p> <p>••</p> <p>•</p>

Kompensatorische Maßnahmen bei mangelnder Erreichbarkeit, Erschließungsqualität setzen	AV-Angebote in bestimmten Räumen fördern	•	••••	•
Maßnahmen Akzeptanz und Transparenz		••	•••	••••
Transparenz und Information durch öffentliche Hand schaffen		•	•••	••
Einbindung und Vernetzung unterschiedlicher Stakeholder und BürgerInnen fördern		••	••••	••
Kompetenzbildung und Wissenszuwachs bei Stakeholdern und BürgerInnen fördern		•	••	•••
Reallabore einführen (z.B. Kollaboratives Testen, Ideen entwickeln, Citizen Science)		•••	•••	•••
Maßnahmen Leistbarkeit		•	••	••
Erreichbarkeit nach sozialen Kriterien direkt subventionieren (Altersgruppen, Einkommen)		•	•••	•••
Kostenregulation für private Mobilitätsanbieter einführen (z.B. Mobility Pricing, Fixtarife für bestimmte Zonen)		•	••	••
Maßnahmen Datensicherheit		•	••	••
Cyber Security gewährleisten (Schutz vor Hacking-Angriffen)		••	••	•••
Privatsphäre schützen, Datenschutz gewährleisten (z.B. Datenverwertung für Werbung, Marketing, Videoüberwachung)		•	••	•
Maßnahmen Verkehrssicherheit		•	•••	••
Mensch-Maschinen-Interaktionen optimieren		•	••	••
Geschwindigkeitsregulation für alle Kfz einführen	Geschwindigkeitsreduktion für alle Kfz je nach Komplexität der Straßensituation und Umgebungsbedingungen (ODD) anpassen	••	••••	••
Neuralgische Punkte im Straßennetz optimieren	Verknüpfung mit digitaler Infrastruktur und Vernetzung V2X sowie bauliche Anpassung	••	•••	•••
Maßnahmen Sicherheitsgefühl		•••	••	•••
Sicherheitsgefühl während der Fahrt stärken (z.B. Produktsicherheit, Überwachung, etc.)		•••	••	•••
Soziales Matching von Personen bei Ride Sharing und Car Sharing ermöglichen		•••	•	•
Infrastrukturelle Maßnahmen setzen (z.B. Qualität öffentlicher Räume, Beleuchtung, Haltestellen)		••	•••	••

• Niedriges Durchsetzungspotential •• Mittleres Durchsetzungspotential ••• Hohes Durchsetzungspotential •••• Sehr hohes Durchsetzungspotential

Wenn die erwünschten Auswirkungen nicht eintreten, kann man stärker regulierend eingreifen, indem entsprechende Maßnahmen verändert resp. zusätzliche ergriffen werden. Im folgenden Backcasting werden jene Möglichkeiten diskutiert.

6.6. Backcasting

Im Rahmen des Projektes wird eine Kombination aus Forecasting-Szenarien und Elementen des Backcastings angewendet. Beim Backcasting wird ein (wünschenswerter) zukünftiger Zustand definiert. Dies erfolgt in der Regel durch die Entwicklung einer konkreten zukünftigen Vision (Wunschbild der Zukunft). Anschließend wird analysiert, welches Vorgehen und welche Erfolgsfaktoren notwendig sind, um den (gewünschten) Zustand zu erreichen.

Das Backcasting orientiert sich dabei stark am definierten politischen Zielsystem. Mit Hilfe des Backcasting-Anwendungsfalls werden Vorschläge für Strategien, Maßnahmen und Instrumente für die Technologie- und Verkehrspolitik und die planende Verwaltung ausgearbeitet, welche dazu geeignet sind, die offiziellen Ziele in den Bereichen Effizienz, Sicherheit, Soziales und Umwelt zu erreichen.

Das Zielsystem sowie die definierten Indikatoren wurden vorerst hinsichtlich deren Modellierbarkeit überprüft. In der Modellierung wurden die quantitativen Maßnahmen bzw. Zielfelder identifiziert und deren Wirkungen auf die Ergebnisgrößen Verkehrsaufwand und CO₂-Emissionen ermittelt. Als quantitative Zielfelder werden die Ziele Effizienz des Verkehrssystems, Verkehrsvermeidung durch Siedlungsstruktur, Ressourcenschonung, Emissionsreduktion sowie Leistbarkeit in der Modellierung aufgenommen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Umsetzung von quantitativen Maßnahmen für die einzelnen Szenarien dargelegt.

Im Modell MARS-SAFiP v1.1 stehen verschiedene Maßnahmen zur Nachfragesteuerung zur Verfügung. Im Bereich preispolitische Maßnahmen können die Wirkungen einer Variation der Mineralölsteuer, die Einführung eines distanzbasierten Roadpricings oder einer City-Maut und einer Variation der Fahrpreise im öffentlichen Verkehr simuliert werden. An infrastrukturellen und betrieblichen Maßnahmen im Umweltverbund kann eine Variation der Frequenz des öffentlichen Verkehrs sowie die Neuverteilung der Flächen im Straßenraum (Rückbau von Fahrbahnflächen, mehr Platz für aktive Mobilität) simuliert werden. Im Bereich der Raumplanung kann eine Verdichtung der zukünftigen Siedlungsentwicklung abgebildet werden. Maßnahmen zur Erhöhung des Besetzungsgrades können als Szenariovariable berücksichtigt werden.

In den folgenden Kapiteln wird untersucht, welche Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen notwendig sind, um in den **Szenarien 1 (Markt getriebene AV-Euphorie), 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) und 3 (Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung)**¹³ notwendig sind, um die Ziele der Mission 2030 Strategie sowie des künftig erscheinenden (vgl. BMNT, 2018) für 2030 zu erreichen. Dabei kommen die Maßnahmen:

- 1) Einführung eines distanzbasierten Roadpricings
- 2) Erhöhung der Frequenz des öffentlichen Verkehrs und
- 3) Neuverteilung von Flächen im Straßenraum zugunsten der aktiven Mobilität zum Einsatz.

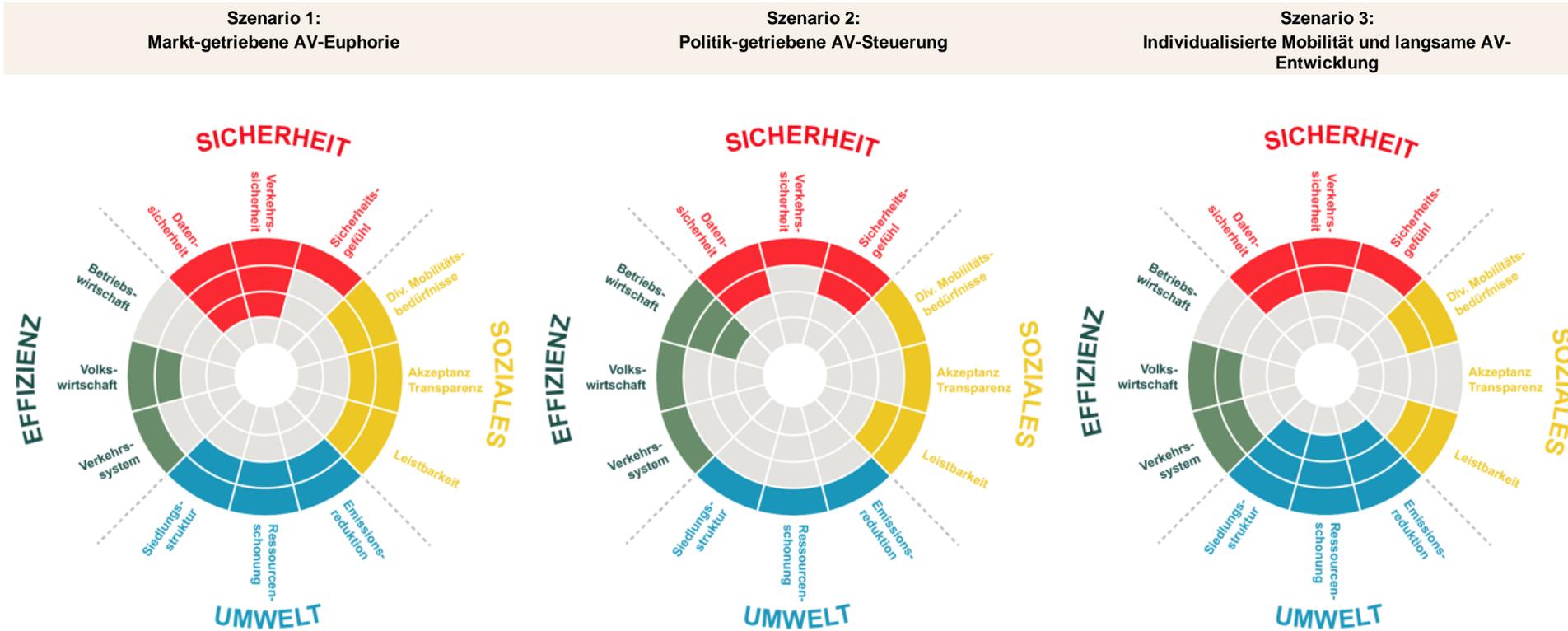
Zusätzlich wird untersucht, welche Effekte aufgrund eines „Downsizing“ der Größe und des Gewichts der Fahrzeuge die durch eine **gewichtsbasierte AV-Besteuerung**¹⁴ realisiert wird, zu erwarten sind (vgl. de Haan & Fischer 2018: 10). Dazu wird angenommen, dass Level 4 und 5 Fahrzeuge durch das „Downsizing“ um 10 Prozent effizienter sind als Level 0 bis 3 Fahrzeuge¹⁵.

¹³ Aufgrund der Ähnlichkeit der Szenarien 2 – Politik-getriebene AV-Steuerung und 4 – Community-getriebene breite AV-Euphorie wurde hier auf eine Modellierung letzterer verzichtet.

¹⁴ Grundsätzlich reduzieren leichtere Fahrzeuge den Einsatz von Ressourcen und Energie in der Produktion und zudem können so auch im Betrieb der Energieeinsatz und die Emissionen verringert werden. Bei der (fast) vollständigen Vermeidung von Unfällen in den weiterführenden Zuständen des automatisierten Fahrens, können Fahrzeuge durch die nicht mehr notwendige Crashesicherheit leichter gebaut werden (aktive statt passive Sicherheit). Das technische Leichtbaupotenzial müsste jedoch am Markt genutzt werden, was je nach Trends am Automarkt (seit Jahren eher Zunahme der mittleren Fahrzeuggröße und des mittleren Fahrzeuggewichts) eine verstärkte gewichtsbasierte Besteuerung von Fahrzeugen erfordert. Zudem ermöglichen leichtere Fahrzeuge tendenziell eine schnellere Marktpenetration von elektrischen Antrieben (vgl. de Haan & Fischer 2018: 10)

¹⁵ Krail et al. (2019) gehen im Vergleich dazu von einer Reduktion der Treibstoffkosten durch Effizienzgewinne von vier Prozent aus (vgl. Krail et al. 2019: 140).

Abbildung 74: Backcasting (Quelle: eigene Darstellung)



6.6.1 Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie

Mit einer Reduktion der CO₂-Emissionen von minus elf Prozent verfehlt das Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) die Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) für 2030 deutlich. Als Einzelmaßnahme zur Erreichung der Ziele wäre z.B. eine stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 100 Cent je Kilometer bis 2030 notwendig. Der gleiche Effekt wird auch durch eine Kombination der Maßnahmen erreicht:

- stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 50 Cent je Kilometer bis 2030,
- stufenweise Erhöhung der Frequenz des öffentlichen um plus 100 Prozent bis 2030 und
- Erhöhung der Attraktivität der aktiven Mobilität durch Flächenumverteilung bis 2030 um zehn Prozent.

Übersicht 39: Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Modellierung des Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) mit und ohne Maßnahmenkombination 2030 und 2050

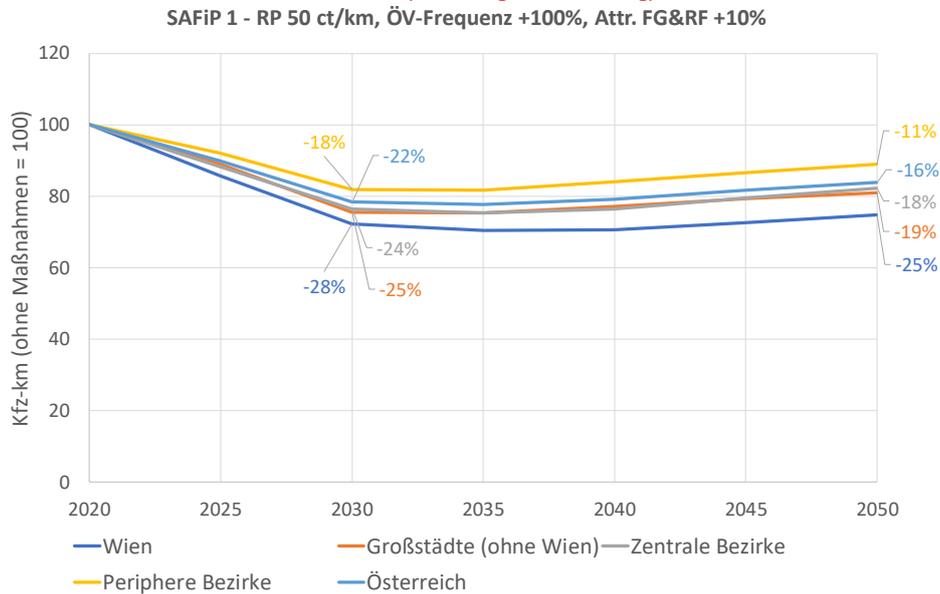
Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total
Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie – ohne Maßnahmen	Modal Split - Wege	2030	13.9%	7.2%	15.4%	63.4%	100.0%
		2050	10.2%	4.9%	15.7%	69.2%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.28	1.60	16.40	87.08	107.36
		2050	1.65	1.07	17.47	90.37	110.56
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	66.40	66.40
		2050	-	-	-	72.66	72.66
	Mrd. Wege	2030	1.03	0.53	1.14	4.69	7.39
		2050	0.75	0.36	1.16	5.08	7.34
	Mio. t CO ₂	2030	-	-	-	-	13.66
		2050	-	-	-	-	6.19
Szenario 1: Markt-getriebene AV-Euphorie – mit Maßnahmenkombination	Modal Split - Wege	2030	17.5%	9.1%	19.8%	53.5%	100.0%
		2050	11.7%	5.6%	18.7%	64.1%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.12	1.51	22.43	68.19	94.24
		2050	1.48	0.97	22.80	75.41	100.66
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	52.06	52.06
		2050	-	-	-	60.93	60.93
	Mrd. Wege	2030	0.95	0.50	1.60	3.60	6.65
		2050	0.67	0.32	1.58	4.09	6.67
	Mio. t CO ₂	2030	-	-	-	-	10.71
		2050	-	-	-	-	5.19

Im Folgenden werden die Auswirkungen dieser Maßnahmenkombination sowie *zusätzlich* die Auswirkungen eines „Downsizing“ durch eine **gewichtsbasierte AV-Besteuerung** im Detail dargestellt.

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 75 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) ohne zusätzliche verkehrspolitische Maßnahmen dar. Im Szenario mit Maßnahmen sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum deutlich ab. Im Jahr 2030 liegt er rund 22 Prozent unter jenem des Szenarios ohne Maßnahmen. Es gibt regionale Unterschiede. Die Bandbreite der Reduktion liegt im Jahr 2030 im Bereich von minus 18 Prozent (periphere Bezirke) bis minus 28 Prozent (Wien).

Abbildung 75: Szenario 1 - Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region – Maßnahmenkombination relativ zum Szenario ohne Maßnahmen (Quelle: eigene Darstellung)

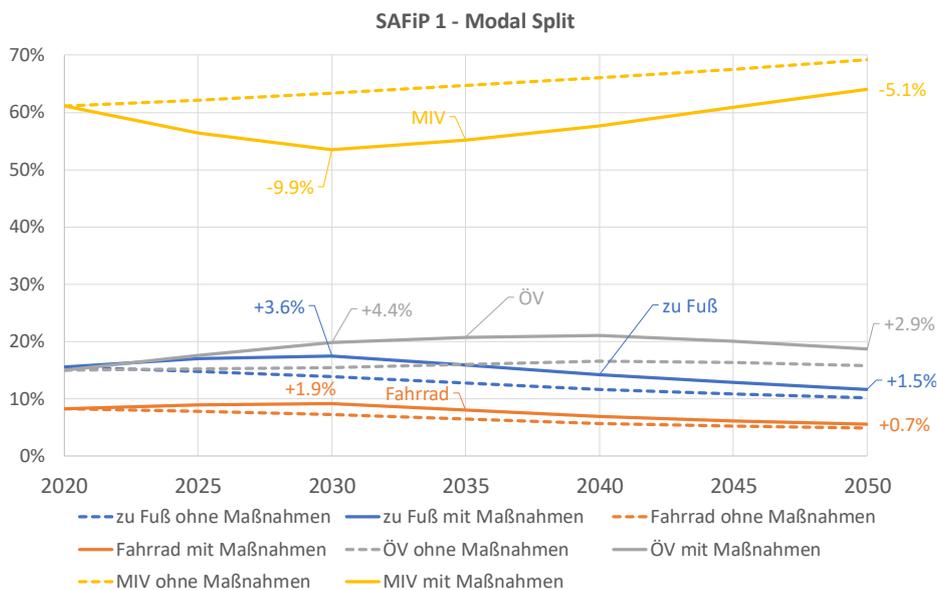


„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Die Auswirkungen auf den Verkehrsaufwand sind deshalb sehr gering (< ein Prozent).

Verkehrsmittelanteile

Abbildung 76 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) mit und ohne Maßnahmen. Im Szenario mit Maßnahmen nimmt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege im Jahr 2030 relativ zum Szenario ohne Maßnahmen um rund minus zehn Prozentpunkte ab. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege steigen 2030 dagegen um rund zwei bzw. vier Prozentpunkte.

Abbildung 76: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen - SAFiP 1 mit und ohne Maßnahmenkombination (Quelle: eigene Darstellung)

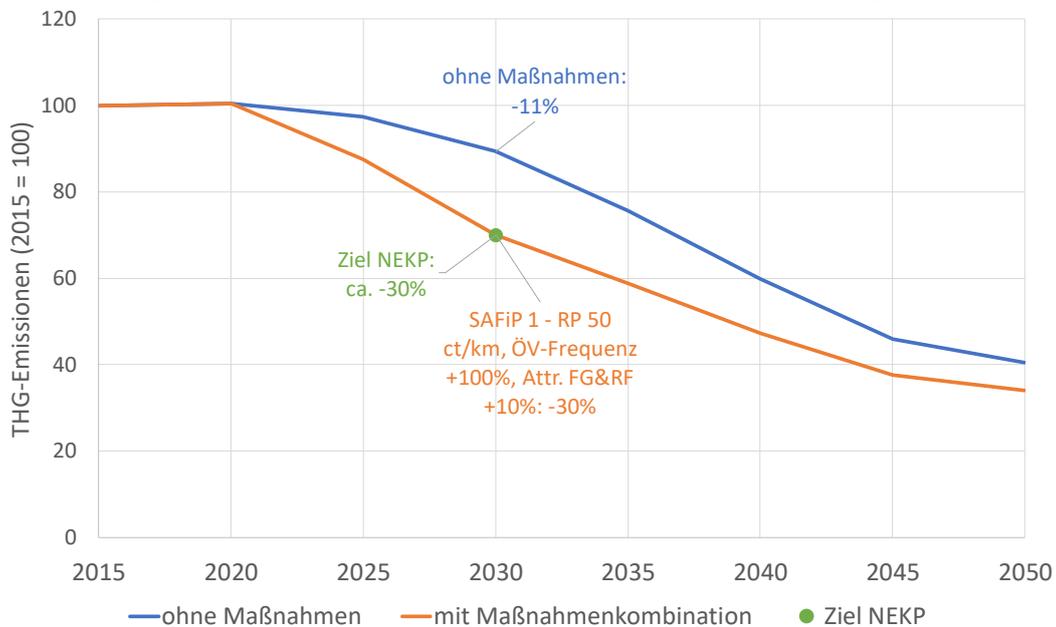


„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Die Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl sind deshalb verschwindend gering.

Treibhausgasemissionen

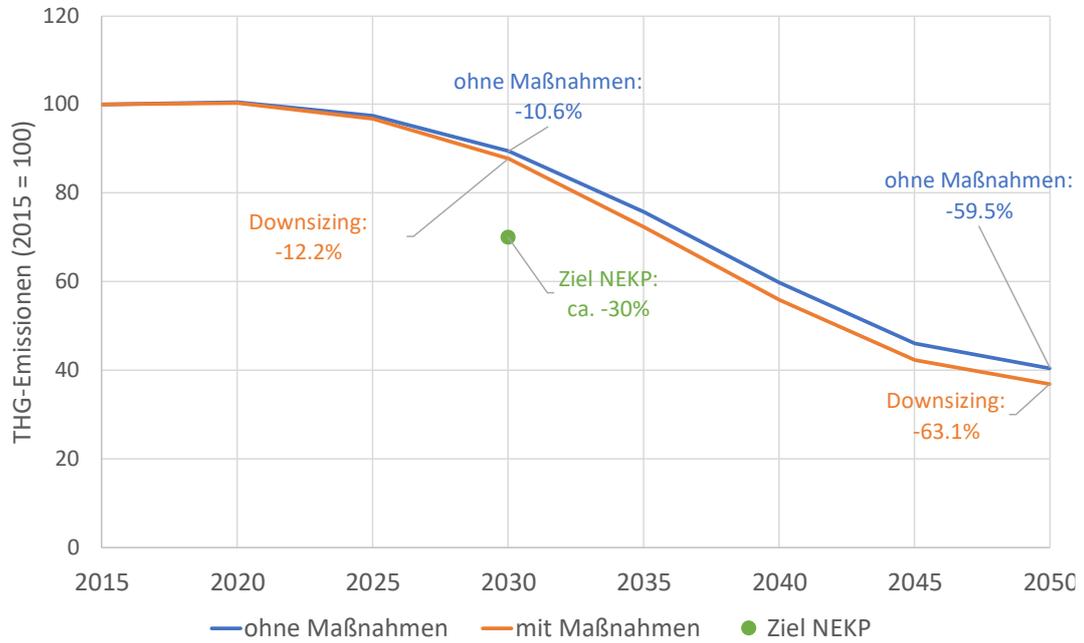
Abbildung 77 stellt die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 dar. Im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) ohne Maßnahmen sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis 2030 um rund elf Prozent. Damit wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes von minus 30 Prozent deutlich verfehlt. Mit der Maßnahmenkombination distanzbasiertes Roadpricing in der Höhe von 50 Cent je Kilometer, Verdoppelung des Angebots des öffentlichen Verkehrs und Attraktivierung der aktiven Mobilität um zehn Prozent kann das Ziel erreicht werden.

Abbildung 77: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) und Szenario 1 mit und ohne Maßnahmenkombination (Quelle: eigene Darstellung)



„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Da die Auswirkungen auf den Verkehrsaufwand gering sind, schlagen die Effizienzgewinne mehr oder weniger direkt auf die Treibhausgasemissionen durch (Abbildung 78). Im Jahr 2030 verringert das „Downsizing“ durch die gewichtsbasierte AV-Besteuerung die Treibhausgasemissionen um rund 1,6 Prozentpunkte. Im Jahr 2050 sind es aufgrund der größeren Flottendurchdringung rund 3,6 Prozentpunkte.

Abbildung 78: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) und Szenario 1 mit und ohne "Downsizing" durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung (Quelle: eigene Darstellung)



6.6.2 Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung

Mit einer Reduktion der CO₂-Emission von minus 23 Prozent kommt das Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) der Erreichung der Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (BMNT, 2018) für 2030 am nächsten. Als Maßnahme zur Erreichung der Ziele reicht z.B. eine stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 30 Cent je Kilometer aus.

Übersicht 40: Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Modellierung des Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) mit und ohne Maßnahme

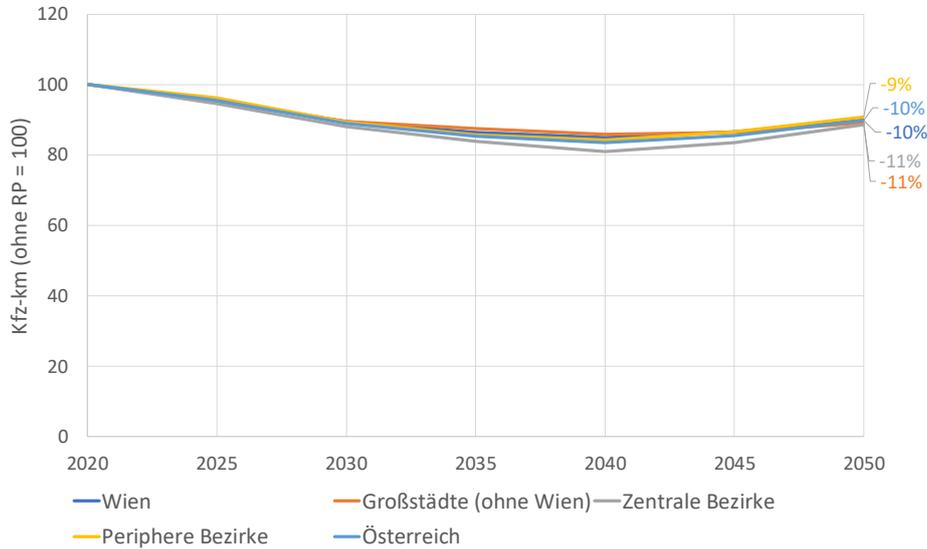
Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total
Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung – ohne Maßnahme	Modal Split - Wege	2030	14.2%	7.3%	16.9%	61.5%	100.0%
		2050	11.1%	4.9%	19.4%	64.7%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.25	1.57	18.45	82.47	104.73
		2050	1.63	0.96	21.43	83.44	107.47
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	62.74	66.40
		2050	-	-	-	64.30	72.66
	Mrd. Wege	2030	1.01	0.52	1.20	4.38	7.12
		2050	0.74	0.32	1.29	4.31	6.66
	Mio. t CO ₂	2030	-	-	-	-	11.80
		2050	-	-	-	-	3.09
Szenario 2: Politik-getriebene AV-Steuerung – mit Maßnahme	Modal Split - Wege	2030	15.6%	8.1%	18.9%	57.4%	100.0%
		2050	11.9%	5.2%	21.3%	61.5%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.39	1.67	20.09	73.42	97.57
		2050	1.69	1.00	22.65	74.93	100.28
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	55.82	55.82
		2050	-	-	-	57.76	57.76
	Mrd. Wege	2030	1.08	0.55	1.30	3.95	6.88
		2050	0.77	0.34	1.37	3.95	6.42
	Mio. t CO ₂	2030	-	-	-	-	10.50
		2050	-	-	-	-	2.77

Im Folgenden werden die Auswirkungen dieser Maßnahme sowie *zusätzlich* die Auswirkungen eines „Downsizings“ durch eine **gewichtsbasierte AV-Besteuerung** im Detail dargestellt.

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 79 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) ohne zusätzliche verkehrspolitische Maßnahmen dar. Im Szenario mit Maßnahme sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum leicht ab. Im Jahr 2030 liegt er rund elf Prozent unter jenem des Szenarios ohne Maßnahmen. Es gibt dabei nur kaum nennenswerte regionale Unterschiede.

Abbildung 79: Szenario SAFiP 2 - Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region – Maßnahme Roadpricing 30 Cent je Kilometer relativ zum Szenario ohne Maßnahmen (Quelle: eigene Darstellung)
SAFiP 2 - RP 30 ct/km

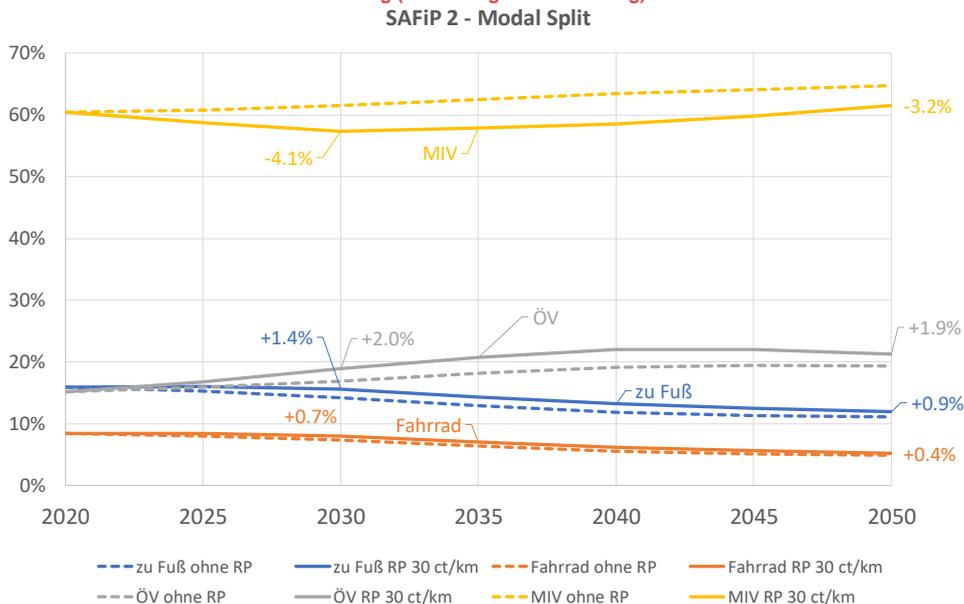


„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car und Ride Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Die Auswirkungen auf den Verkehrsaufwand sind deshalb sehr gering (< ein Prozent).

Verkehrsmittelanteile

Abbildung 80 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) mit und ohne Maßnahme. Im Szenario mit Maßnahme nimmt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege im Jahr 2030 relativ zum Szenario ohne Maßnahme um rund minus vier Prozentpunkte ab. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege steigen 2030 dagegen um rund ein bzw. zwei Prozentpunkte.

Abbildung 80: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen – Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) mit und ohne Maßnahme Road Pricing (Quelle: eigene Darstellung)

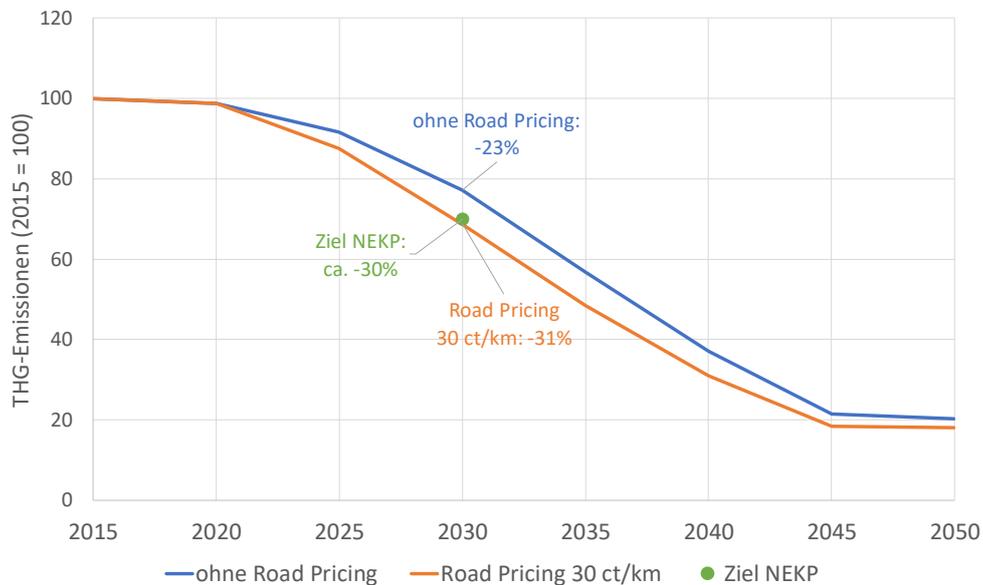


„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Die Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl sind deshalb verschwindend gering.

Treibhausgasemissionen

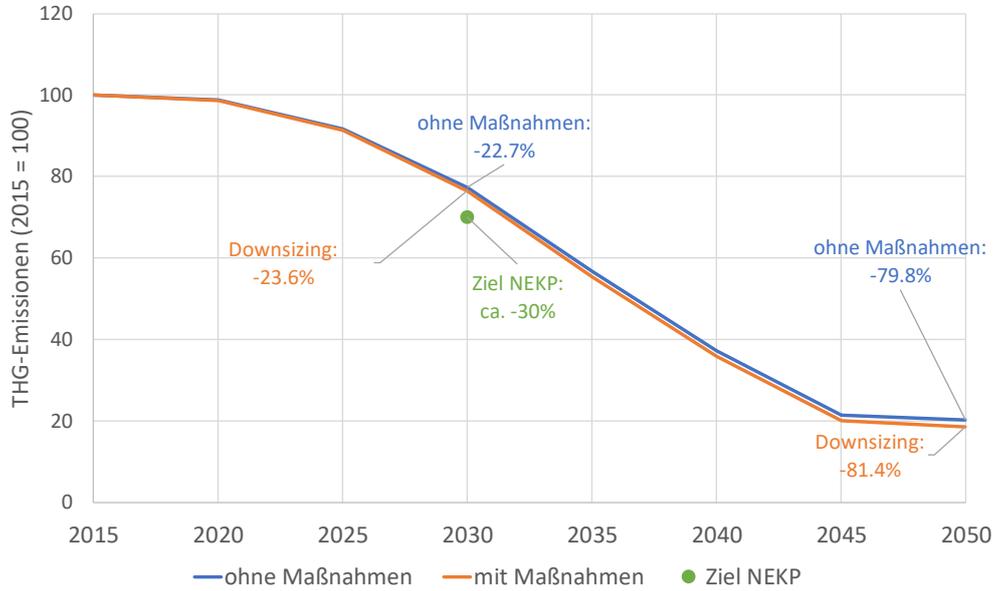
Abbildung 81 stellt die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 dar. Im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) ohne Maßnahme sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis 2030 um rund 23 Prozent. Damit wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes (BMNT, 2018) von minus 30 Prozent verfehlt. Mit der Maßnahme distanzbasiertes Roadpricing in der Höhe von 30 Cent je Kilometer kann das Ziel erreicht werden.

Abbildung 81: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (BMNT, 2018) und Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) mit und ohne Maßnahme Road Pricing (Quelle: eigene Darstellung)



„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung von Car und Ride Sharing Angeboten. Es wird davon ausgegangen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne nicht an die KundInnen weitergegeben werden, d.h. die Nutzungskosten bleiben konstant. Da die Auswirkungen auf den Verkehrsaufwand gering sind, schlagen die Effizienzgewinne mehr oder weniger direkt auf die Treibhausgasemissionen durch (Abbildung 82). Im Jahr 2030 verringert das „Downsizing“ durch die gewichtsbasierte AV-Besteuerung die Treibhausgasemissionen um rund 0,9 Prozentpunkte. Im Jahr 2050 sind es aufgrund der größeren Flottendurchdringung rund 1,6 Prozentpunkte.

Abbildung 82: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplan (BMNT, 2018) und Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung) mit und ohne "Downsizing" durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung (Quelle: eigene Darstellung)



6.6.3 Szenario 3: Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung

Mit einer Reduktion der CO₂-Emission von minus einem Prozent verfehlt das Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) die Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplan (vgl. BMNT 2018) für 2030 unter allen getesteten Szenarien am deutlichsten. Dementsprechend schwierig ist es, die Ziele durch zusätzliche verkehrspolitische Interventionen zu erreichen. Als Maßnahmenkombination zur Erreichung der Ziele wäre z.B. Folgendes notwendig:

- stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 100 Cent je Kilometer bis 2030,
- stufenweise Erhöhung der Frequenz des öffentlichen um plus 100 Prozent bis 2030 und
- Erhöhung der Attraktivität der aktiven Mobilität durch Flächenumverteilung bis 2030 um zehn Prozent.

Übersicht 41: Überblick über die Ergebnisse der quantitativen Modellierung des Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit und ohne Maßnahmenkombination

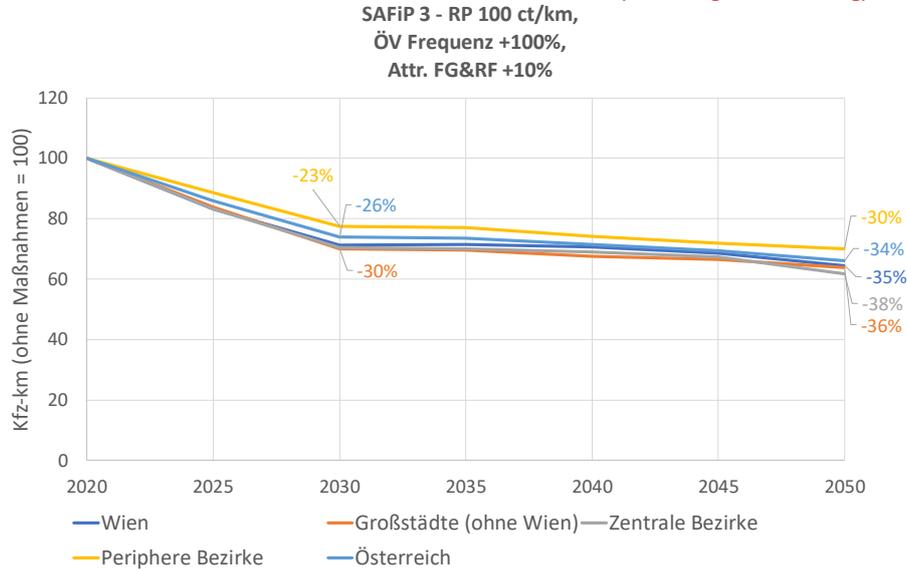
Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total	
Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV- Entwicklung – ohne Maßnahmen	Modal Split - Wege	2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%	
		2050	11.3%	5.5%	15.8%	67.4%	100.0%	
	Mrd. Personen-km	2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45	
		2050	1.86	1.22	16.10	97.83	117.01	
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	67.44	66.40	
		2050	-	-	-	75.88	72.66	
	Mrd. Wege	2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63	
		2050	0.84	0.41	1.17	4.99	7.41	
	Mio. t CO ₂	2030	-	-	-	-	15.05	
		2050	-	-	-	-	9.28	
	Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV- Entwicklung - mit Maßnahmen- kombination	Modal Split - Wege	2030	17.8%	9.4%	21.5%	51.3%	100.0%
			2050	14.5%	7.0%	24.6%	53.9%	100.0%
Mrd. Personen-km		2030	2.64	1.88	21.32	65.50	91.34	
		2050	2.04	1.34	22.82	64.54	90.73	
Mrd. Kfz-km		2030				49.80	49.80	
		2050				50.14	50.14	
Mrd. Wege		2030	1.19	0.63	1.44	3.43	6.68	
		2050	0.92	0.45	1.57	3.43	6.37	
Mio. t CO ₂		2030					11.12	
		2050					6.13	

Im Folgenden werden die Auswirkungen dieser Maßnahmenkombination sowie zusätzlich die Auswirkungen eines „Downsizings“ durch eine **gewichtsbasierte AV-Besteuerung** dargestellt.

Pkw-Verkehrsaufwand

Abbildung 83 stellt die Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region relativ zum Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) ohne zusätzliche verkehrspolitische Maßnahmen dar. Im Szenario mit Maßnahmen sinkt der österreichweite Pkw-Verkehrsaufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum deutlich ab. Im Jahr 2030 liegt er rund 26 Prozent unter jenem des Szenarios ohne Maßnahmen. Es gibt regionale Unterschiede. Die Bandbreite der Reduktion liegt im Jahr 2030 im Bereich von minus 23 Prozent (periphere Bezirke) bis minus 30 Prozent (Großstädte ohne Wien).

Abbildung 83: Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) - Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands nach Region – Maßnahmenkombination relativ zum Szenario ohne Maßnahmen (Quelle: eigene Darstellung)

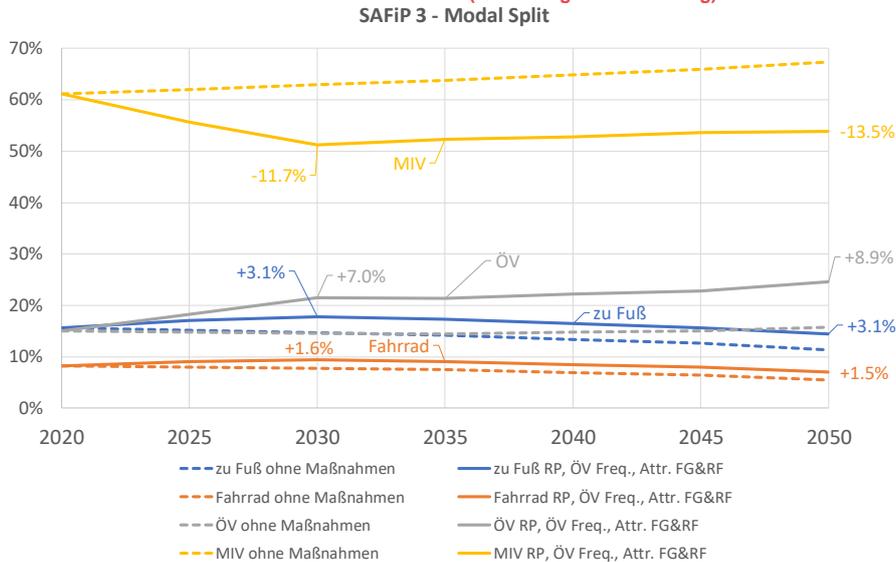


„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) beruht auf der Nutzung privater automatisierter Fahrzeuge. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne in der Ziel- und Verkehrsmittelwahl relevant sind. Die Auswirkungen auf den Verkehrsaufwand sind trotzdem gering. Im Jahr 2050 liegen sie im Bereich von rund plus ein Prozent. Ein Grund für die geringen Auswirkungen ist die in diesem Szenario vergleichsweise geringe Marktdurchdringung automatisierter Fahrzeuge.

Verkehrsmittelanteile

Abbildung 84 zeigt die Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit und ohne Maßnahmen. Im Szenario mit Maßnahmen nimmt der Anteil der mit dem motorisierten Individualverkehr zurückgelegten Wege im Jahr 2030 relativ zum Szenario ohne Maßnahmen um rund minus zwölf Prozentpunkte ab. Die Anteile der zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr zurückgelegten Wege steigen 2030 dagegen um rund drei, zwei bzw. sieben Prozentpunkte.

Abbildung 84: Entwicklung der Verkehrsmittelanteile nach Wegen - Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit und ohne Maßnahmenkombination (Quelle: eigene Darstellung)



„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) beruht auf der Nutzung privater automatisierter Fahrzeuge. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne in der Ziel- und Verkehrsmittelwahl relevant sind. Die Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl sind trotzdem gering. Im Jahr 2050 erhöht sich der Anteil des motorisierten Individualverkehrs um nur rund 0,2 Prozent. Ein Grund für die geringen Auswirkungen ist die in diesem Szenario vergleichsweise geringe Marktdurchdringung automatisierter Fahrzeuge.

Treibhausgasemissionen

Abbildung 85 stellt die Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 dar. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) ohne Maßnahmen sinken die österreichweiten Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bis 2030 um nur rund ein Prozent. Damit wird das Ziel des Nationalen Energie- und Klimaplanes von minus 30 Prozent sehr deutlich verfehlt. Mit der Maßnahmenkombination distanzbasiertes Roadpricing in der Höhe von 100 Cent je Kilometer, Verdoppelung des Angebots des öffentlichen Verkehrs und Attraktivierung der aktiven Mobilität um zehn Prozent kann das Ziel in etwa erreicht werden.

Abbildung 85: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) und Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit und ohne Maßnahmenkombination (Quelle: eigene Darstellung)

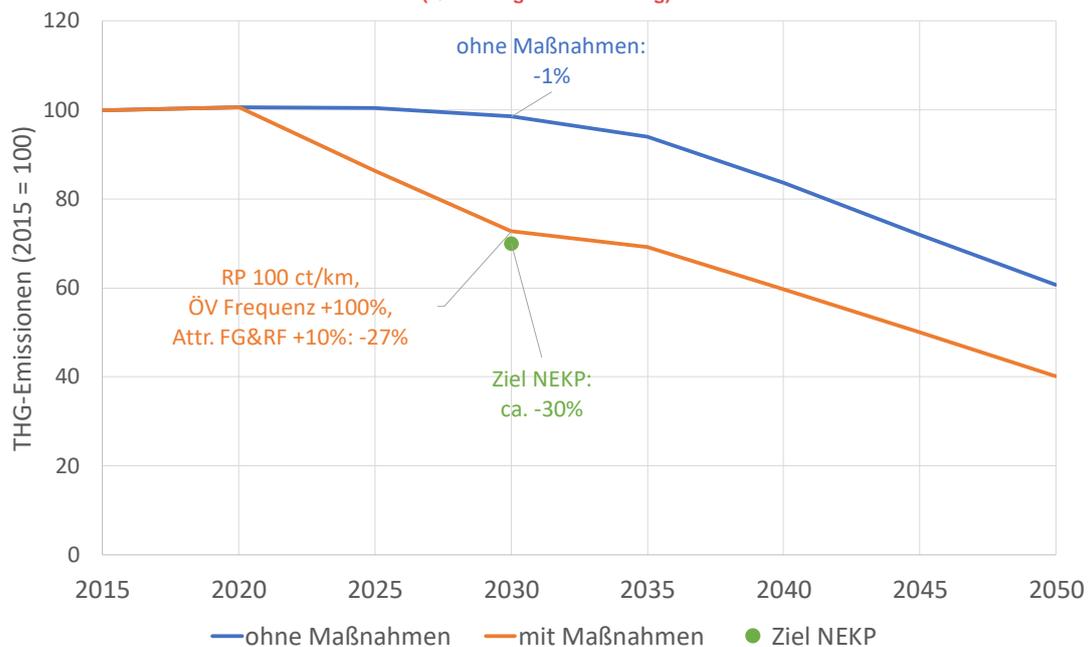
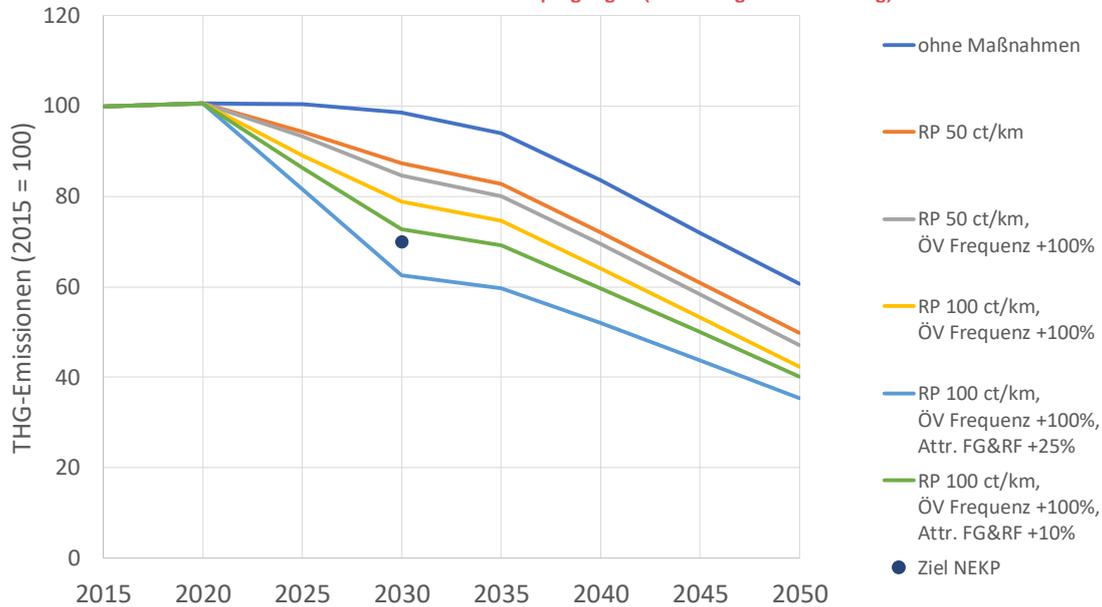


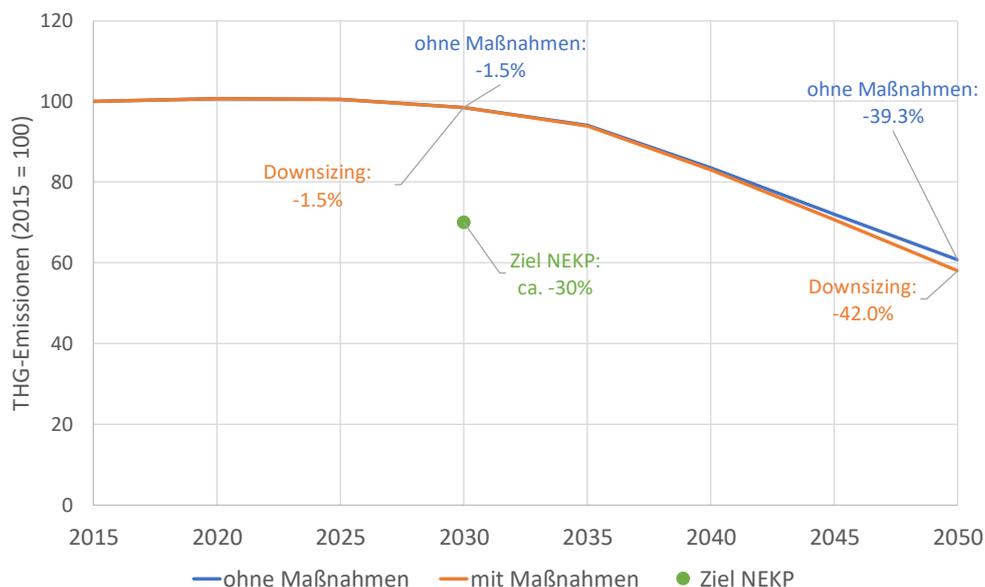
Abbildung 86 zeigt einen Vergleich der Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 für verschiedene Maßnahmenkombinationen und -ausprägungen. Im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) können die Ziele mit einer Kombination mehrerer Maßnahmen und sehr starken Maßnahmenausprägungen erreicht werden.

Abbildung 86: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) und Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit verschiedenen Maßnahmenkombinationen und -ausprägungen (Quelle: eigene Darstellung)



„Downsizing“ durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung: Die Automatisierung im Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) beruht auf der Nutzung privater automatisierter Fahrzeuge. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass Kostenvorteile durch Effizienzgewinne in der Ziel- und Verkehrsmittelwahl relevant sind. Die Auswirkungen auf die Emissionen werden in geringem Ausmaß durch die Nachfragesteigerungen kompensiert. Im Jahr 2030 verringert das „Downsizing“ die Treibhausgasemissionen nicht (Abbildung 86). Grund dafür ist, dass in diesem Szenario die Markteinführung von Level 4 Fahrzeugen erst im Jahr 2031 startet. Im Jahr 2050 sind es aufgrund bis dahin erfolgten Flottendurchdringung rund 2,7 Prozentpunkte (Abbildung 87).

Abbildung 87: Entwicklung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen relativ zum Jahr 2015 – Ziele des Nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMNT 2018) und Szenario 3 (Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung) mit und ohne "Downsizing" durch gewichtsbasierte AV-Besteuerung (Quelle: eigene Darstellung)



6.6.4 Reflexion der Ergebnisse des Backcasting

Da die offiziellen Ziele des nationalen Energie- und Klimaplan durch die in den entwickelten Szenarien getesteten technologischen Entwicklungen und Nutzungsmodelle alleine nicht erreicht werden, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig. Einer der Gründe für das Nichterreichen der Ziele ist neben der Steigerung der Verkehrsnachfrage die bis 2030 noch relativ geringe Marktdurchdringung elektrisch angetriebener, automatisierter Fahrzeuge.

Dies trifft vor allem auf das **Szenario 3 (Individualisierte Mobilität & langsame AV-Entwicklung)** zu. In diesem Szenario beginnt die Markteinführung von Level 4 Fahrzeugen erst ab 2030, jene von Level 5 Fahrzeugen gar erst ab 2035. Die geringe Elektrifizierung der Pkw-Flotte von nur rund 14 Prozent im Jahr 2030 und die weitergehende Dominanz des Nutzungsmodells privater Pkw führt dazu, dass die Ziele des nationalen Energie- und Klimaplan klar verfehlt werden. Um diese erreichen zu können, ist eine drastische Maßnahmenkombination notwendig. Eine geeignete Kombination wäre z.B. die stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 100 Cent je Kilometer bis 2030 in Kombination mit einer stufenweisen Erhöhung der Frequenz des öffentlichen um plus 100 Prozent bis 2030 und einer Erhöhung der Attraktivität der aktiven Mobilität durch Flächenumverteilung bis 2030 um zehn Prozent. Effizienzgewinne durch ein mit der Automatisierung verknüpftes „Downsizing“ durch eine gewichtsbasierte AV-Besteuerung haben dagegen aufgrund der verzögerten Marktentwicklung bis 2030 in diesem Szenario keinerlei Auswirkung.

Das **Szenario 1 (Markt-getriebene AV-Euphorie)** verfehlt die Ziele des nationalen Energie- und Klimaplan im Jahr 2030 ebenfalls deutlich. Im Jahr 2030 liegt in diesem Szenario der Flottenanteil der Level 4 Fahrzeuge bei zehn Prozent, jener der Level 5 Fahrzeuge bei rund 13 Prozent. Nicht ganz ein Viertel der Pkw-Flotte verfügt über einen rein elektrischen Antrieb. In den peripheren Regionen wurde mit der Automatisierung der letzten Meile im öffentlichen Verkehr bereits ab 2020 begonnen. Um die Ziele erreichen zu können, ist nach wie vor eine drastische Maßnahmenkombination notwendig. Eine geeignete Kombination wäre z.B. die stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 50 Cent je Kilometer bis 2030 in Kombination mit einer stufenweisen Erhöhung der Frequenz des öffentlichen Verkehrs um plus 100 Prozent bis 2030 und einer Erhöhung der Attraktivität der aktiven Mobilität durch Flächenumverteilung bis 2030 um zehn Prozent. Effizienzgewinne durch ein mit der Automatisierung verknüpftes „Downsizing“ durch eine gewichtsbasierte AV-Besteuerung haben in diesem Szenario bis 2030 nur bescheidene Auswirkungen.

Das **Szenario 2 (Politik-getriebene AV-Steuerung)** kommt der Erreichung der Ziele des nationalen Energie- und Klimaplan im Jahr 2030 unter den getesteten Szenarien am nächsten. Im Jahr 2030 liegt in diesem Szenario der Flottenanteil der Level 4 Fahrzeuge bei rund 14 Prozent. Die Markteinführung der Level 5 Fahrzeuge startet erst mit dem Jahr 2030. Allerdings verfügt nicht ganz ein Drittel der Pkw-Flotte über einen rein elektrischen Antrieb. In den peripheren Regionen wurde mit der Automatisierung der letzten Meile im öffentlichen Verkehr bereits ab 2020 begonnen. Um die Ziele erreichen zu können, sind relativ moderate Maßnahmen ausreichend. Eine geeignete Maßnahme wäre z.B. die stufenweise Einführung eines distanzbasierten Roadpricings in der Höhe von 30 Cent je Kilometer bis 2030. Effizienzgewinne durch ein mit der Automatisierung verknüpftes „Downsizing“ durch eine gewichtsbasierte AV-Besteuerung haben in diesem Szenario bis 2030 ebenfalls nur bescheidene Auswirkungen.

Die erarbeiteten und im Backcasting beispielhaft modellierten Handlungsoptionen und Maßnahmen wurden auch mit ExpertInnen und BürgerInnen im Rahmen der Konsensuskonferenzen diskutiert. Folglich wird ein kurzer Überblick über die Methodik sowie die Ergebnisse der Konsensuskonferenzen gegeben.

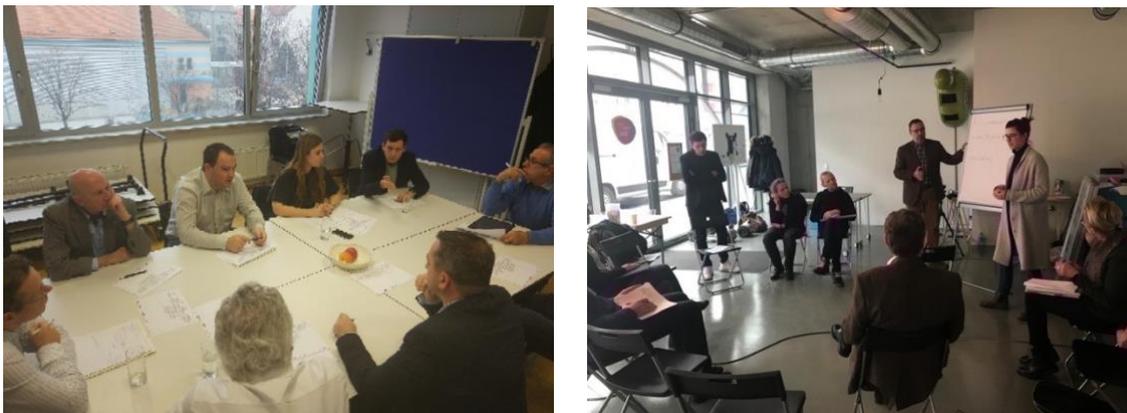
6.7. Konsensuskonferenzen

In zwei Konsensuskonferenzen wurden Diskussionspunkte und vorläufige Forschungsergebnisse aus der Politikanalyse getestet, diskutiert und abgestimmt.

Das Design der Konsensuskonferenz folgte der traditionellen Methodik der Konsensuskonferenz (vgl. Einsiedel und Eastlick 2000, Joss 1998, Nielsen et al. 2006), die an den Zweck angepasst wurde. Das lange, ressourcenintensive Konzept der Konsensuskonferenz - mit Sitzungen und Beratungen an mehreren aufeinander folgenden Wochenenden - wurde auf eine eintägige Sitzung verkürzt. Eintägige Konsensuskonferenzen wurden bereits genutzt, um einen Expertenkonsens in der medizinischen Forschung zu erreichen (vgl. Grudzen et al. 2016). Um den Zeitplan einzuhalten, beschränkte sich der Konsens auf Fragen, die aus der qualitativen und quantitativen Forschung stammten und konzentrierte sich auf Unklarheiten, die von den befragten ExpertInnen zum Ausdruck gebracht wurden.

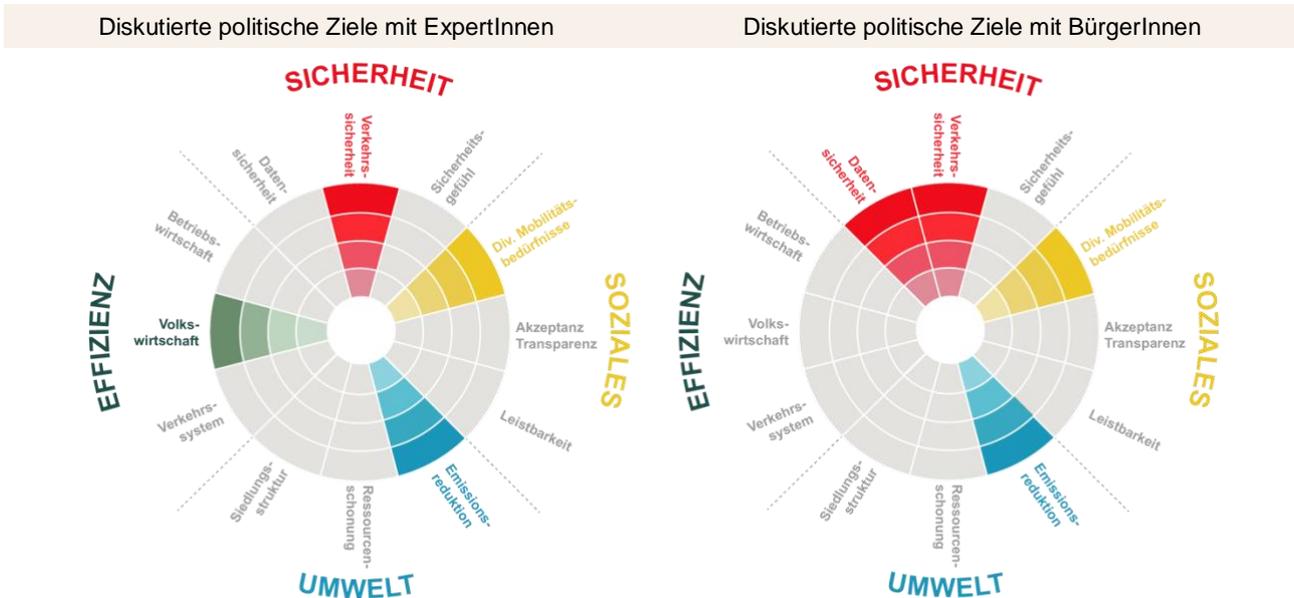
Die Konsensuskonferenzen fanden im Januar 2019 in zwei Städten (Graz und Wien) statt. Insgesamt 30 InteressensvertreterInnen aus verschiedenen Gruppen nahmen an den Diskussionen in den beiden Städten teil. In Übereinstimmung mit Laird (1993) wurde "substantielle Bildung" über das Projekt, über Forschungsethik und Integritätskontroversen sowie vorläufige Ergebnisse einbezogen. Alle Sitzungen folgten einem ähnlichen Format, das aus einer Einführung, einer Verstehenssitzung und einer Beratungssitzung bestand, die in einem World Café-Format durchgeführt wurde (vgl. Brown & Isaacs 2005). Nach der Sitzung wurde ein Konsensblatt und eine "Wirkungs- oder Konsenserklärung" (Beighton 2017) erstellt, die die Fragen, Bemerkungen, diskutierten Themen und die erzielten konsensualen Antworten sowie den Konsens in einem narrativen Format zusammenfasst.

Abbildung 88: Fotos Konsensuskonferenzen Graz (links) und Wien (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)



In den Konsensuskonferenzen wurden unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte bezugnehmend auf das zuvor definierte politische Zielsystem gesetzt. Mit ausgewählten ExpertInnen zum AV wurden die Themen des **volkswirtschaftlichen Nutzens**, der **Verkehrssicherheit**, des **Zugangs zur Mobilität (Berücksichtigung diverser Mobilitätsbedürfnisse)** sowie der **Einfluss auf den Klimawandel (Emissionsreduktion)** diskutiert. Mit BürgerInnen wurden die Themen **Datenschutz**, **Zugang zu Mobilität (Berücksichtigung diverser Mobilitätsbedürfnisse)**, **Verkehrssicherheit** und der **Einfluss auf den Klimawandel (Emissionsreduktion)** im Kontext des AV bearbeitet.

Abbildung 89: Ausgewählte Zieldimensionen zur Diskussion im Rahmen der Konsensuskonferenzen (Quelle: eigene Darstellung)



Für jedes ausgewählte Ziel wurde ein Frageblatt entwickelt, das neben der Fragestellung auch die Relevanz des Themas, verschiedene Antwortmöglichkeiten sowie auch die Position des Forschungsteams hinsichtlich des Themas verdeutlicht. Die folgende Tabelle liefert einen Überblick über die diskutierten Themen und Fragen, die vorgeschlagenen Antwortmöglichkeiten sowie den, aus den Diskussionen, resultierenden Konsensus. Aufgrund des unterschiedlichen Vorwissens der Teilnehmenden wurden die Antwortmöglichkeiten leicht adaptiert.

Übersicht 42: Übersicht über Fragestellungen und Antwortmöglichkeiten im Zuge der Konsensuskonferenzen

Thema und Frage	Antwortmöglichkeiten und Antworten der ExpertInnen	Antwortmöglichkeiten und Antworten der BürgerInnen
<p>Volkswirtschaftlicher Nutzen</p> <p>Welchen volkswirtschaftlichen Nutzen bzw. Aufwand erwarten Sie durch die Einführung des AV?</p>	<p>a. Anfangs nur sehr gering, erst bei einer breiten Marktdurchdringung des SAE5-Standards (also nicht vor 2050) sind aufgrund der Globalisierung des Marktes und des Wegfallens von Arbeitsplätzen in der Transportbranche zentrale Effekte zu verzeichnen.</p> <p>b. Der Vorteil wird nach Branchen sehr selektiv sein und ist in der Summe daher nur moderat – wird häufig überschätzt.</p> <p>c. Das kann man aktuell überhaupt nicht sagen, weil eine valide empirische Basis fehlt – alles nur Spekulation.</p> <p>d. Sehr hoch, weil der AV den digitalen Übergang beschleunigt und die zukunftsfähigen Branchen insbesondere profitieren werden.</p> <p>e. Andere Antwort, nämlich</p>	<p>Nicht mit BürgerInnen diskutiert</p>
<p>Konsensus</p>	<p>Antwort (b / adaptiert): Der Vorteil wird nach Branchen sehr selektiv sein. Abgelehnt wird jedoch der Zusatz, dass der Vorteil nur moderat sein wird.</p>	<p>Nicht mit BürgerInnen diskutiert</p>

<p>Verkehrssicherheit</p> <p>Kann mit der Einführung des AV die Verkehrssicherheit deutlich verbessert werden?</p>	<p>a. Ja, der AV wird in der Endphase Unfälle fast völlig ausschließen, da Politik- und Gesellschaft höchste Sicherheitsstandards aktiv einfordern.</p> <p>b. Ja, tendenziell schon, aber Unfälle werden sich nicht gänzlich vermeiden lassen, da die Technologie in Extremsituationen (z.B. Glatteis) an ihre Grenzen stößt.</p> <p>c. Weniger als von vielen erhofft, weil trotz weitgehender Vermeidung menschlicher Fehler (z.B. Müdigkeit, Alkohol), neue technische Risiken (z.B. plötzlicher Ausfall einzelner Sensoren) hinzukommen werden.</p> <p>d. Nein, weil es immer technische Defekte geben wird und der Mischverkehr unterschiedlicher Verkehrsmittel zu komplex ist.</p> <p>e. Andere Antwort, nämlich</p>	<p>a. Ja, der AV wird in der Endphase Unfälle fast völlig ausschließen, da Politik- und Gesellschaft höchste Sicherheitsstandards aktiv einfordern.</p> <p>b. Ja, tendenziell schon, aber Unfälle werden sich nicht gänzlich vermeiden lassen, da die Technologie in Extremsituationen (z.B. Glatteis) an ihre Grenzen stößt.</p> <p>c. Weniger als von vielen erhofft, weil trotz weitgehender Vermeidung menschlicher Fehler (z.B. Müdigkeit, Alkohol), neue technische Risiken (z.B. plötzlicher Ausfall einzelner Sensoren) hinzukommen werden.</p> <p>d. Nein, weil es immer technische Defekte geben wird und der Mischverkehr unterschiedlicher Verkehrsmittel zu komplex ist.</p> <p>e. Andere Antwort, nämlich</p>
<p>Konsensus</p>	<p>Antwort (b): Die Verkehrssicherheit kann tendenziell verbessert werden, aber Unfälle werden sich nicht gänzlich vermeiden lassen, da die Technologie in Extremsituationen (z.B. Glatteis) an ihre Grenzen stößt.</p>	<p>Antwort (b und c / adaptiert): Hinsichtlich der Verkehrssicherheit wird die Komplexität des Straßenverkehrs weiterhin zu technischen Fehlern führen. Neue Möglichkeiten der Sabotage und Hacking können zudem die Verkehrssicherheit beim AV beeinträchtigen. Beispielsweise sind für die Verkehrssicherheit die Geräusche des Fahrzeuges, die Möglichkeit des Ausfalls von Technologien etc. relevant. Da jedoch beispielsweise ein Computer keinen Alkohol trinkt, könne die Sicherheit in bestimmter Hinsicht auch gesteigert werden.</p>
<p>Zugang zur Mobilität</p> <p>Ob und wie kann der AV dazu beitragen, einem breiten Kreis an Personen (wieder) den Zugang zur Mobilität zu ermöglichen?</p>	<p>a. Der AV ermöglicht den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für fast die gesamte Bevölkerung (z.B. Jugendliche, Ältere), zu jeder Zeit und unabhängig, ob auf dem Land oder in der Stadt, da die Kosten des AV generell weit unter den heutigen liegen werden.</p> <p>b. Der AV verbessert vor allem den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für mobilitätseingeschränkte Personen (z.B. Geh- und Seheinschränkungen, Sprachbarrieren), die bislang auf den öffentlichen Verkehr oder das Mitfahren mit anderen angewiesen waren. Für diesen Personenkreis können gezielte Angebote zur Verfügung gestellt werden, um deren spezifische Bedürfnisse zu erfüllen, ohne dass dadurch die Kosten immens steigen.</p> <p>c. Der Zugang zu Mobilität und Aktivitäten wird durch AV kaum verbessert, da die Kosten zu hoch bzw. Erlöse zu niedrig für die Anbieter in Räumen und Zeiten schwacher Verkehrsnachfrage sind.</p>	<p>a. Der AV ermöglicht den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für fast die gesamte Bevölkerung (z.B. Jugendliche, Ältere), zu jeder Zeit und unabhängig, ob auf dem Land oder in der Stadt, da die Kosten des AV generell weit unter den heutigen liegen werden.</p> <p>b. Der AV verbessert vor allem den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für mobilitätseingeschränkte Personen (z.B. Geh- und Seheinschränkungen, Sprachbarrieren), die bislang auf den öffentlichen Verkehr oder das Mitfahren mit anderen angewiesen waren. Für diesen Personenkreis können gezielte Angebote zur Verfügung gestellt werden, um deren spezifische Bedürfnisse zu erfüllen, ohne dass dadurch die Kosten immens steigen.</p> <p>c. Der Zugang zu Mobilität und Aktivitäten wird durch AV kaum verbessert, da die Kosten zu hoch bzw. Erlöse zu niedrig für die</p>

	d. Andere Antwort, nämlich	Anbieter in Räumen und Zeiten schwacher Verkehrsnachfrage sind. d. Andere Antwort, nämlich
Konsensus	Antwort (b): Der AV verbessert vor allem den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für mobilitätseingeschränkte Personen (z.B. Geh- und Seheinschränkungen, Sprachbarrieren), die bislang auf den öffentlichen Verkehr oder das Mitfahren mit anderen angewiesen waren. Für diesen Personenkreis können gezielte Angebote zur Verfügung gestellt werden um deren spezifische Bedürfnisse zu erfüllen, ohne dass dadurch die Kosten immens steigen.	Antwort (b / adaptiert): Der AV verbessert vor allem den Zugang zur Mobilität und Aktivitäten für mobilitätseingeschränkte Personen (z.B. Geh- und Seheinschränkungen, Sprachbarrieren), die bislang auf den öffentlichen Verkehr oder das Mitfahren mit anderen angewiesen waren. Für diesen Personenkreis können gezielte Angebote zur Verfügung gestellt werden, um deren spezifische Bedürfnisse zu erfüllen. Die Kosten werden jedoch, so die Annahme, trotzdem steigen.
Einfluss auf den Klimawandel Auf welche Weise kann der AV dazu beitragen, den Klimawandel zu bremsen?	<p>a. Fortschritte im Bereich der Elektromobilität reichen aus, um einen starken Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Dadurch kann weiterhin auf die Bequemlichkeit des privaten AV (Symbolik etc.) zurückgegriffen werden.</p> <p>b. Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien reichen nur zum Teil aus, um den Klimawandel zu bremsen. Wichtig ist es, den Besetzungsgrad in den Fahrzeugen massiv zu erhöhen, sodass weniger dem privaten AV, sondern eher dem kollektiven AV (Shuttles, Ride-Sharing etc.) ein höherer Stellenwert zugemessen werden muss.</p> <p>c. Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien sind gemeinsam mit Veränderungen sozialer Praktiken (z.B. gemeinsamen Fahren mit wenigen und unbekanntem Personen) zu sehen, um den Klimawandel zu bremsen. Während der private AV stark reglementiert und damit reduziert werden sollte, werden aktive Mobilität (Zu-Fuß-Gehen und Radfahren) und kollektiver AV (Shuttles, Ride-Sharing) forciert.</p> <p>d. Andere Antwort, nämlich</p>	<p>a. Fortschritte im Bereich der Elektromobilität reichen aus, um einen starken Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Dadurch kann weiterhin auf die Bequemlichkeit des privaten AV (Symbolik etc.) zurückgegriffen werden.</p> <p>b. Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien reichen nur zum Teil aus, um den Klimawandel zu bremsen. Wichtig ist es, den Besetzungsgrad in den Fahrzeugen massiv zu erhöhen, sodass weniger dem privaten AV, sondern eher dem kollektiven AV (Shuttles, Ride-Sharing etc.) ein höherer Stellenwert zugemessen werden muss.</p> <p>c. Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien sind gemeinsam mit Veränderungen sozialer Praktiken (z.B. gemeinsamen Fahren mit wenigen und unbekanntem Personen) zu sehen, um den Klimawandel zu bremsen. Während der private AV stark reglementiert und damit reduziert werden sollte, werden aktive Mobilität (Zu-Fuß-Gehen und Radfahren) und kollektiver AV (Shuttles, Ride-Sharing) forciert.</p> <p>d. Andere Antwort, nämlich</p>
Konsensus	Antwort (c): Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien sind gemeinsam mit Veränderungen sozialer Praktiken (z.B. gemeinsamen Fahren mit wenigen und unbekanntem Personen) zu sehen, um den Klimawandel zu bremsen. Während der private AV stark reglementiert und damit reduziert werden soll, werden aktive Mobilität (Zu-Fuß-Gehen und Radfahren) und kollektiver AV (Shuttles, Ride-Sharing) forciert.	Antwort (c): Die Fortschritte alternativer Antriebstechnologien sind gemeinsam mit Veränderungen sozialer Praktiken (z.B. gemeinsamen Fahren mit wenigen und unbekanntem Personen) zu sehen, um den Klimawandel zu bremsen. Während der private AV stark reglementiert und damit reduziert werden sollte, werden aktive Mobilität (Zu-Fuß-Gehen und Radfahren) und kollektiver AV (Shuttles, Ride-Sharing) forciert.
Datensicherheit	Nicht mit ExpertInnen diskutiert	a. Datensicherheit ist ein wichtiger Aspekt – es ist die Aufgabe des Staates dieses zu gewährleisten.

<p>Wer soll Ihrer Meinung nach die Datensicherheit im Zuge des AV gewährleisten?</p>		<p>b. Weil die Datensicherheit so wichtig ist, sollte diese bei den Unternehmen bleiben, denn nur sie haben wirklich die nötige Expertise.</p> <p>c. Eine vollständige Datensicherheit wird es nicht geben, es muss ein gemeinsames und koordiniertes Vorgehen aller Beteiligten geben.</p> <p>d. Das wahre Interesse an der Entwicklung des AV ist, personenbezogene Daten während der Fahrt zu generieren, deshalb werden die IT-Firmen dafür sorgen, den Datenzugriff zumindest zu sichern.</p> <p>e. Andere Antwort, nämlich</p>
<p>Konsensus</p>	<p>Nicht mit ExpertInnen diskutiert</p>	<p>Antwort (a und c / adaptiert): Der Datenschutz soll zwar vom Staat aufgegriffen werden, jedoch wird angenommen, dass der Staat keine große fachliche Kompetenz hat. Zudem wird der Staat als wenig vertrauenswürdig wahrgenommen, weshalb der Staat keinen Zugriff auf Daten haben sollte. Der Staat sollte jedoch ein politisch unabhängiges Konsortium einrichten, in dem ExpertInnen aus Industrie und Forschung unter strengsten Auflagen die notwendige Kompetenz bündeln und Entscheidungen treffen. NutzerInnen sollen als eine Art Beirat einbezogen werden.</p>

Wenn die Ergebnisse der Konferenzen verglichen werden, so zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der Meinung der ExpertInnen und der BürgerInnen. Das Thema der Verkehrssicherheit im Kontext des AV wird von beiden Gruppen sehr ambivalent wahrgenommen. Der Zugang zur Mobilität könne gemäß beider Gruppen verbessert werden, wenngleich die BürgerInnen in diesem Zusammenhang betonen, dass die Kosten für Mobilität dennoch ansteigen werden. Eine ähnliche Meinung zeichnet sich auch beim Einfluss des AV auf den Klimawandel ab: alternative Antriebe müssen gemeinsam mit Verhaltensänderungen sozialer Praktiken betrachtet werden, damit AV einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Damit wird die in Kapitel 7 beschriebene Mobilitätspyramide bereits in ersten Zügen absehbar und argumentierbar. Von den ExpertInnen wird der volkswirtschaftliche Nutzen sehr selektiv eingeschätzt. Die BürgerInnen diskutierten auch das Thema des Datenschutzes und sehen hier zwar den Staat als zentralen Akteur, der regulierend eingreifen sollte, betonen dabei jedoch auch die Notwendigkeit nach einem unabhängigen ExpertInnengremium, das über wichtige Entscheidungen zum Datenschutz aushandeln sollte.

Abschließend wurde in beiden Konsensuskonferenzen über die entwickelten Szenarien diskutiert und nach allgemeinen Einschätzungen über wahrscheinliche bzw. wünschenswerte Entwicklungspfade gefragt. Die Ergebnisse der Diskussionen wurden protokolliert und flossen in den Szenarioprozess sowie in die Projektergebnisse und die vorgeschlagenen Handlungsoptionen ein.

6.8. Zwischenfazit

Dieses Kapitel greift die vorangegangene Szenarientwicklung sowie die Ergebnisse der Modellierung auf und reflektiert diese vor dem Hintergrund von notwendigen Politikmaßnahmen. Ergänzend wurden die komplexen Akteursinteressen im politischen Feld des AV adressiert. Ebenfalls bettet sich das AF in bestehende politische Zielsetzungen ein, welche es im Kontext des AV zu berücksichtigen gilt. Zudem wurde der AV auch in den letzten Jahren selbst immer häufiger zum Gegenstand von politischen Aushandlungsprozessen. Dabei rücken jedoch bestimmte Themen in den Vordergrund (digitale Infrastruktur und Infrastrukturplanung, Verkehrsmanagement und Verkehrssteuerung, Verkehrssicherheit, Pilotprojekte, Datenmanagement und Datensicherheit und Regulationen der öffentlichen Hand), andere eher in den Hintergrund (Aufbau von transdisziplinären Netzwerken, Klärung der Vision und Ziele, Demokratisierung und Inklusion, Planung integrierter Verkehrsangebote, Umweltschutz und Wissenszuwachs und Kompetenzbildung). Wenn die Erfordernisse für die Politik hier abgeleitet werden sollen, dann sind jedenfalls die bestehenden Diskurs- und Forschungslücken aufzudecken und stärker im politischen Handeln aufzugreifen.

In diesem Kapitel wurde ableitend von bestehenden politischen Rahmensetzungen ein Zielsystem entwickelt, das für die Bewertung der Szenarien herangezogen wurde. Die Szenarien weisen unterschiedliche Stärken und Schwächen auf. Zudem wird deutlich, dass verschiedene Ziele im Konflikt zueinander stehen können und daher nach ausgleichenden Maßnahmen gefragt werden sollte. Ein Maßnahmenkatalog mit der expliziten Kennzeichnung von AV-spezifischen Maßnahmen wurde entwickelt. Exemplarisch wurden einzelne Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs im Backcasting in der Modellierung aufgegriffen. Dabei wurde der Einfluss von verschiedenen Maßnahmen auf die Ergebnisse des MARS Modells abgeschätzt. Deutlich wird, dass man durchwegs politisch-planerisch steuernd im Sinne der gewünschten Zielerreichung eingreifen kann und verschiedene Maßnahmen einen Einfluss auf die Wirkungen des AV haben werden. Wie die unterschiedlichen vorgeschlagenen Maßnahmen über divers kombinierte Maßnahmenbündel und zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf die Ergebnisse des MARS Modells wirken werden, konnte im Zuge des exemplarischen Backcastings nicht eingehend bearbeitet werden und hier zeichnet sich weiterer Forschungsbedarf ab.

Die Ergebnisse wurden ebenfalls im Zuge der Konsensuskonferenzen mit ExpertInnen und BürgerInnen diskutiert. Auf die politischen Ziele der Datensicherheit, der Verkehrssicherheit, des Zugangs zu Mobilität (Berücksichtigung unterschiedlicher Mobilitätsbedürfnisse), des Einflusses auf den Klimawandel (Emissionsreduktion) sowie des volkswirtschaftlichen Nutzens wurde dabei ausführlich eingegangen. Es zeichnet sich eine weitgehende Kongruenz zwischen den Meinungen der ExpertInnen und jener der BürgerInnen hinsichtlich der Ziele Verkehrssicherheit, Zugang zu Mobilität und den Einfluss auf den Klimawandel ab. Die Verkehrssicherheit wird von beiden Gruppen sehr ambivalent beurteilt. Der Zugang zu Mobilität könne grundsätzlich verbessert werden, wenngleich eine potentielle Kostensteigerung kritisch beurteilt wird. Für eine positive Wirkung des AV auf den Klimawandel sind nicht nur Verbesserungen bei den Antriebstechnologien notwendig, sondern auch Verhaltensänderungen von sozialen Praktiken sowie eine Reglementierung des privaten AV und die Stärkung von aktiver Mobilität bzw. kollektivem AV. Die ExpertInnen betonen hinsichtlich der Volkswirtschaft die stark selektiven Vorteile, die mit dem AV entstehen können. Die BürgerInnen weisen auf die notwendigen staatlichen Regulationen hinsichtlich des Datenschutzes hin und fordern in diesem Zusammenhang auch ein transdisziplinäres Vorgehen bei wichtigen politischen Entscheidungen (u.a. auch die Involvierung von Unternehmen und BürgerInnen).

Basierend auf diesen Ergebnissen leiten sich folglich die Handlungsempfehlungen ab (siehe Kapitel 7).

7. Schlussbetrachtung und Handlungsoptionen

Wie in den vorangegangenen Analysen gezeigt wurde, werden sich mit der Einführung des automatisierten Verkehrs (AV) zwar viele neue Chancen ergeben, gleichzeitig drohen aber auch Risiken und Gefährdungen. Um die Ziele einer nachhaltigen Verkehrs- und Siedlungsentwicklung zu unterstützen und um mögliche nicht-intendierte Nebeneffekte so gering wie möglich zu halten, ist bereits jetzt eine gezielte politische und planerische Steuerung notwendig. Eine verbesserte Verkehrssicherheit, ein geringerer Verbrauch an Energie und demzufolge auch weniger Umweltbelastungen durch eine „intelligente“ Verkehrssteuerung, erweiterte Mobilitätsoptionen für spezifische Bevölkerungsgruppen (z.B. Mobilitätseingeschränkte), eine höhere Kapazitätsausnutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur oder eine verbesserte Wirtschaftlichkeit des ÖV, falls die Personalkosten verringert werden können, sind nur einige der positiven Aspekte, die durch die Einführung des AV erreicht werden können. Vor allem im ländlichen Raum, der durch eine zunehmend schlechtere Ausstattung gekennzeichnet ist und unter Erreichbarkeits-Nachteilen leidet, könnte zudem auch die Erreichbarkeit durch neue bedarfsorientierte, flexible Mobilitätsdienstleistungen verbessert werden.

Demgegenüber stehen jedoch auch zahlreiche Risiken und Gefährdungen, die im Zuge der Einführung von AV zu berücksichtigen sind: Eine Zunahme des Verkehrs (mehr und längere Fahrten) und eine Stärkung des MIV aufgrund der Komfort- und Bequemlichkeitseffekte, auch wenn die Zahl der zugelassenen Pkw aufgrund des Car Sharing-Angebotes sinken wird, eine verstärkte Konkurrenz zum traditionellen ÖV und zur aktiven Mobilität. Insbesondere die Abschätzung der verkehrsrelevanten Wirkungsspektren der entwickelten Szenarien konnte aufzeigen, dass ohne gezielte politische und planerische Steuerung, die im Rahmen des Backcasting mit unterschiedlichen Maßnahmen beispielhaft aufgezeigt wurde, eine Steigerung des Verkehrsaufwands sowie auch der CO₂-Emissionen zu erwarten ist (siehe Übersicht 43).

Übersicht 43: Überblick über die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren der Szenarien sowie im Backcasting (mit Maßnahmen)

Szenario	Indikator	Jahr	zu Fuß	Fahrrad	ÖV	Pkw	Total
Szenario 1: Marktgetriebene AV-Euphorie – ohne Maßnahmen	Modal Split - Wege	2030	13.9%	7.2%	15.4%	63.4%	100.0%
		2050	10.2%	4.9%	15.7%	69.2%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.28	1.60	16.40	87.08	107.36
		2050	1.65	1.07	17.47	90.37	110.56
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	66.40	66.40
		2050	-	-	-	72.66	72.66
	Mrd. Wege	2030	1.03	0.53	1.14	4.69	7.39
		2050	0.75	0.36	1.16	5.08	7.34
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	13.66
		2050	-	-	-	-	6.19
Szenario 1: Marktgetriebene AV-Euphorie – mit Maßnahmenkombination (Backcasting)	Modal Split - Wege	2030	17.5%	9.1%	19.8%	53.5%	100.0%
		2050	11.7%	5.6%	18.7%	64.1%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.12	1.51	22.43	68.19	94.24
		2050	1.48	0.97	22.80	75.41	100.66
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	52.06	52.06
		2050	-	-	-	60.93	60.93
	Mrd. Wege	2030	0.95	0.50	1.60	3.60	6.65
		2050	0.67	0.32	1.58	4.09	6.67
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	10.71
		2050	-	-	-	-	5.19
Szenario 2: Politikgetriebene AV-Steuerung – ohne Maßnahme	Modal Split - Wege	2030	14.2%	7.3%	16.9%	61.5%	100.0%
		2050	11.1%	4.9%	19.4%	64.7%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.25	1.57	18.45	82.47	104.73
		2050	1.63	0.96	21.43	83.44	107.47
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	62.74	62.74
		2050	-	-	-	64.30	64.30
	Mrd. Wege	2030	1.01	0.52	1.20	4.38	7.12
		2050	0.74	0.32	1.29	4.31	6.66
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	11.80
		2050	-	-	-	-	3.09
Szenario 2: Politikgetriebene AV-Steuerung – mit Maßnahme (Backcasting)	Modal Split - Wege	2030	15.6%	8.1%	18.9%	57.4%	100.0%
		2050	11.9%	5.2%	21.3%	61.5%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.39	1.67	20.09	73.42	97.57
		2050	1.69	1.00	22.65	74.93	100.28
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	55.82	55.82
		2050	-	-	-	57.76	57.76
	Mrd. Wege	2030	1.08	0.55	1.30	3.95	6.88
		2050	0.77	0.34	1.37	3.95	6.42
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	10.50
		2050	-	-	-	-	2.77
Szenario 3: Individualisierte	Modal Split - Wege	2030	14.7%	7.8%	14.5%	63.0%	100.0%
		2050	11.3%	5.5%	15.8%	67.4%	100.0%

Mobilität und langsame AV-Entwicklung – ohne Maßnahmen	Mrd. Personen-km	2030	2.49	1.78	15.50	88.68	108.45
		2050	1.86	1.22	16.10	97.83	117.01
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	67.44	67.44
		2050	-	-	-	75.88	75.88
	Mrd. Wege	2030	1.12	0.59	1.11	4.80	7.63
		2050	0.84	0.41	1.17	4.99	7.41
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	15.05
		2050	-	-	-	-	9.28
Szenario 3: Individualisierte Mobilität und langsame AV-Entwicklung - mit Maßnahmenkombination	Modal Split - Wege	2030	17.8%	9.4%	21.5%	51.3%	100.0%
		2050	14.5%	7.0%	24.6%	53.9%	100.0%
	Mrd. Personen-km	2030	2.64	1.88	21.32	65.50	91.34
		2050	2.04	1.34	22.82	64.54	90.73
	Mrd. Kfz-km	2030	-	-	-	49.80	49.80
		2050	-	-	-	50.14	50.14
	Mrd. Wege	2030	1.19	0.63	1.44	3.43	6.68
		2050	0.92	0.45	1.57	3.43	6.37
	Mio. t CO2	2030	-	-	-	-	11.12
		2050	-	-	-	-	6.13
BAU: Business as Usual*	Modal Split - Wege	2015	16,1%	8,6%	14,9%	60,4%	100,0%
		2030	14,7%	7,8%	14,5%	63,0%	100,0%
		2050	13,0%	6,7%	14,0%	66,3%	100,0%
	Mrd. Personen-km	2015	2,42	1,75	15,57	79,74	99,48
		2030	2,49	1,78	15,50	88,68	108,45
		2050	2,26	1,59	14,09	102,57	120,52
	Mrd. Kfz-km	2015	-	-	-	60,85	60,85
		2030	-	-	-	67,44	67,44
		2050	-	-	-	78,05	78,05
	Mrd. Wege	2015	1,09	0,58	1,01	4,10	6,78
		2030	1,12	0,59	1,11	4,80	7,63
		2050	1,02	0,53	1,10	5,22	7,87
	Mio. t CO2	2015	-	-	-	-	15,28
		2030	-	-	-	-	15,05
2050		-	-	-	-	9,54	

*Das im Projekt SAFiP verwendete Business as Usual Szenario entspricht dem Szenario „With Existing Measures“ (WEM) des vom österreichischen Umweltbundesamt geleiteten Projekts „Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“ (vgl. Krutzler et al., 2017). In diesem Szenario gibt es keine über das Level 3 hinausgehende Automatisierung. Die private Nutzung von Pkws bleibt im Vergleich zur gemeinschaftlichen Nutzung dominant.

Zudem wird es aufgrund der räumlich selektiven ‚drivability‘ des AV und veränderten Standort-Präferenzen von privaten Haushalten und Unternehmen zu einer Neu-Bewertung von Standorten in den Stadtregionen kommen. Wenn im fortgeschrittenen Level 4 zumindest Teilstrecken hoch-automatisch befahren werden können, verändert sich die Bewertung der Fahrzeit für white-collar Beschäftigte sowie insbesondere Beschäftigte in wissensbasierten Dienstleistungen. Durch automatisierte und besser vernetzte MaaS-Angebote werden in den attraktiven innenstadtnahen Quartieren Gentrification-Prozesse unterstützt und wohlhabende junge Familien werden wieder verstärkt an den Rand der suburbanen Zonen ziehen und damit den ‚urban sprawl‘ wieder verstärken. Durch die Einführung des AV bestehen mit der Konkurrenz zu den Modi des Umweltverbundes, der Unterstützung der Gentrification und des ‚urban sprawl‘ drei große Risiken, die den aktuellen Zielen der Verkehrs- und Siedlungsentwicklungspolitik widersprechen. Weitere Unsicherheiten mit hohem Steuerungsbedarf entstehen durch die mit der Vernetzung und Steuerung einhergehenden hohen Datenmengen, die einerseits für eine umweltfreundliche Steuerung der Verkehrsflüsse notwendig sind, zum anderen aber einen hohen ökonomischen Wert zur Weiterentwicklung von Algorithmen-Systemen aber auch der Verwertung personenbezogener on-trip-Daten aufweisen.

Weil Politik und planende Verwaltung sehr zeitnah auf die oben skizzierten Herausforderungen reagieren sollten, welche die Einführung des AV mit sich bringen wird, werden auf der Basis erwartbarer Chancen und Risiken auf eine Reihe von Handlungs- und Steuerungsanforderungen hingewiesen sowie ein zur Umsetzung notwendiger Forschungsbedarf formuliert.

7.1. Politische Zielerreichung mit automatisierter Mobilität

Wenn es unbestritten ist, dass Politik und planende Verwaltung frühzeitig und vorausschauend handeln sollten, dann ist noch immer offen, wie sie ihre Rolle sieht. Die Szenarien (siehe Kapitel 3) sind gerade so angelegt, dass die Rolle des Governments gegenüber der Wirtschaft und der Zivilgesellschaft variiert wird. Wie weiter im Rahmen der Analyse der politischen Strategiepapier und von beratenden Unternehmen gezeigt werden konnte (s. Kap. 6), stehen die genannten Ziele durchaus im Widerstreit und der Grad der Zielerreichung variiert je nach Umsetzungs-Konstellation durchaus. Politik und planende Verwaltung kann erst einmal sehr pro-aktiv, sehr reaktiv oder praktisch gar nicht (oder deutlich zu spät) reagieren. Innerhalb des Handelns gibt es mehrere Wege: präventions-orientiert, kontroll-orientiert, toleranz-orientiert oder auch adaptions-orientiert. Mit den Szenarien konnte gezeigt werden, dass die unterschiedlichen Steuerungsstile jeweils

bestimmte Zielfelder fördern bzw. schwächen können. Je nach politischer Haltung können daraus Empfehlungen über Steuerungsstile und notwendige Maßnahmen abgeleitet werden.

Mit der Übersicht 44 werden Handlungs-Schwerpunkte innerhalb der vier übergeordneten Dimensionen Effizienz, Sicherheit, Umwelt und Soziales zusammengestellt, um möglichst hohe Zielerreichungsgrade zu unterstützen.

Übersicht 44: Empfehlungen nach Zieldimensionen (Quelle: eigene Darstellung)

EFFIZIENZ

Betriebswirtschaft

- ▶ Umbau der Automobil(zuliefer)-Industrie zu Mobilitätsdienstleistern vornehmen und gezielt fördern!
- ▶ Qualifikationen der ArbeitnehmerInnen hinsichtlich Digitalisierung und Automatisierung ausbauen!

Volkswirtschaft

- ▶ Interoperabilität und Standardisierung der Daten gewährleisten!
- ▶ Weitere Daten aufbauen und Open Data zur Verbreitung nutzen!
- ▶ Den (inter-)nationalen Wettbewerb so steuern (Oligopole und Monopole), dass die Ziele der Nachhaltigkeit gefördert werden!
- ▶ Kostenwahrheit im Verkehrssektor gewährleisten (externe Kosten, externer Nutzen)!
- ▶ Lernen aus Vorreiterregionen zum AV institutionalisieren!

Verkehrssystem

- ▶ Verkehrsmanagement nach dem Systemoptimum und nach Kriterien wie Umwelt, Störwirkung, Lärm, etc. vornehmen!
- ▶ Spezifisches Maßnahmenpektrum aufgrund des AV nutzen (Echtzeit-Mobility-Pricing etc.)!

SICHERHEIT

Datensicherheit

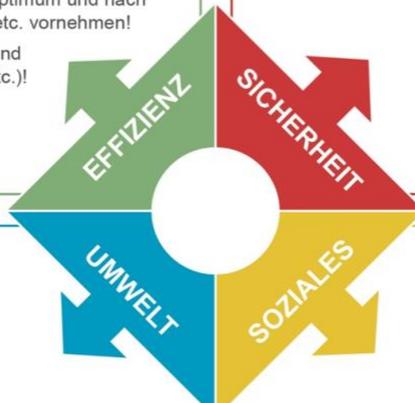
- ▶ Kompetenzen hinsichtlich der Cyber-Sicherheit erweitern und Berichtspflichten einführen!
- ▶ Datenschutz zur Sicherung der Privatheit gewähren!

Verkehrssicherheit

- ▶ Höchste Verkehrssicherheit für alle VerkehrsteilnehmerInnen gewährleisten ("Vision Zero")!
- ▶ Unfälle und deren Charakteristika erfassen, analysieren und Maßnahmen setzen!

Sicherheitsgefühl

- ▶ Sicherheitsgefühl der NutzerInnen (Vertrauen in die Technik und Mitfahrenden) erfassen, breit thematisieren und besser informieren/aufklären!
- ▶ Informationen bereitstellen und Erfahrbarkeit über Tests stärken!



Emissionsreduktion

- ▶ Verkehrsmodi entsprechend der Mobilitätspyramide priorisieren!
- ▶ Nur postfossile Antriebe bei Neuanmeldungen von Fahrzeugen zulassen!
- ▶ Gewicht der Gesamtflotte reduzieren!

Ressourcenschonung

- ▶ Langlebigkeit der Werkstoffe garantieren!
- ▶ Möglichst sparsam und recyclingfähige Werkstoffe verwenden!

Siedlungsstruktur und öffentlicher Raum

- ▶ Flächenbedarf für AV aktiv steuern (Stellplatz-Satzung, Fahrbahnkanten, etc.)!
- ▶ Öffentlichen Raum für Fuß- und Radverkehr aufwerten!
- ▶ Aktive Bodenpolitik in Abhängigkeit der AV-Lagegunst von Standorten forcieren (Transit-Oriented Developments)!
- ▶ Weitere Suburbanisierung vermeiden, regionale Entwicklung in Schwerpunkten/Achsen konzentrieren!

Diverse Mobilitätsbedürfnisse

- ▶ Grundversorgung im ÖV und AV-ÖV gewährleisten!
- ▶ Physische und vor allem digitale Barrierefreiheit garantieren!

Akzeptanz und Transparenz

- ▶ Urbane Mobilitätslabore entwickeln und für Tests mit Bevölkerung auf Quartiersebene nutzen!
- ▶ Offene Dialogformate zur Beteiligung forcieren und mit dem Testen kombinieren!
- ▶ Mobilitätserziehung statt Verkehrserziehung fördern!

Leistbarkeit

- ▶ Preisregulationen nach sozialen Kriterien auf AV-Angebote ausweiten!
- ▶ Kostenersparnis im ÖV für Angebotserweiterungen und damit für Verbesserung des Zugangs und der Erreichbarkeit nutzen!

UMWELT

SOZIALES

Übersicht 45: Vorgeschlagene Steuerungsstile und Maßnahmen

Sicherheit		
Unterziel	Vorgeschlagene Steuerungsstrategie	Maßnahmen
Datensicherheit	Präventions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Strenger Schutz der Privatheit und Schutz vor Hacker-Angriffen sichern
Verkehrssicherheit	Präventions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung von Unfallursachen • Strenger Schutz der Sicherheit aller Verkehrsteilnehmenden • ggf. auch Geschwindigkeitsreduktionen mit AV einführen
Sicherheitsgefühl	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Einbindung der Perspektiven der BürgerInnen, • Urbane Mobilitätslabore stärken
Effizienz		
Unterziel	Vorgeschlagene Steuerungsstrategie	Maßnahmen
Betriebswirtschaft	Toleranz-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Testen von neuen Geschäftsmodellen im Zuge von kontrollierten Testumgebungen
Volkswirtschaft	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Fortbildungs- und Umschulungsprogramme vornehmen
Verkehrssystem	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Integriertes Verkehrssystem mit AV planen • Priorisierung der Verkehrsmittel vornehmen, • Mobility Pricing nutzen
Soziales		
Unterziel	Vorgeschlagene Steuerungsstrategie	Maßnahmen
Diverse Mobilitätsbedürfnisse	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Angebot des AV für unterschiedliche soziale Gruppen schaffen • Integration in den öffentlichen Verkehr
Akzeptanz und Transparenz	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Offener Entscheidungsfindungsprozess • Einbindung der BürgerInnen über urbane Mobilitätslabore
Leistbarkeit	Präventions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenwahrheit gewährleisten • Regulierte Bepreisung (Mobility Pricing)
Umwelt		
Unterziel	Vorgeschlagene Steuerungsstrategie	Maßnahmen
Emissionsreduktion	Kontroll-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Forcierung der E-Mobilität im Zuge des AV
Ressourcen-schonung	Kontroll-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Stärkung des Umweltverbundes • Förderung öffentlicher Sharing Angebote v.a. im ländlichen Raum
Siedlungsstruktur	Adaptions-orientiert	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung von Umsteigepunkten, Halteketten, Straßeninfrastruktur

Die in Übersicht 45 dargelegte Steuerungsstrategie zeigt, wie trotz nach wie vor widersprüchlichen politischen Zielsetzungen ein Ausgleich im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung erfolgen kann. In den folgenden Abschnitten wird auf die Handlungsoptionen der Verkehrsplanung und -politik hinsichtlich der Angebotsplanung sowie der

Herausforderungen der langen Phase des Mischverkehrs eingegangen und abschließend auf die notwendige Forschungsausrichtung sowie den konkreten Forschungsbedarf verwiesen.

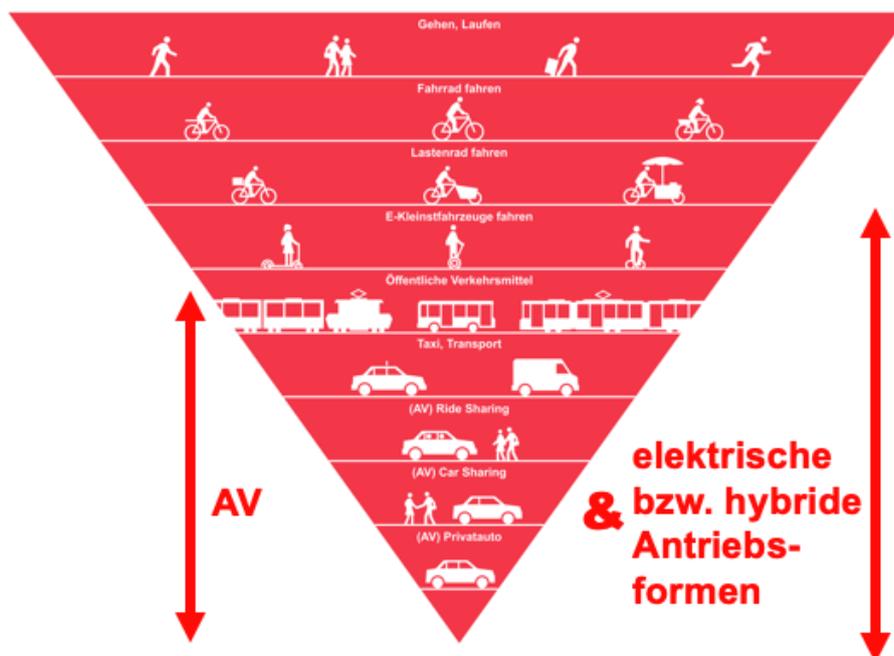
7.2. Neue Verkehrsmodi mit AF und Verschiebung der Angebotsqualitäten

Vor allem die Szenarien zeigen, dass mit dem AF neue Verkehrsmodi entstehen, die das bestehende Verkehrssystem ergänzen oder auch die Nutzung etablierter Verkehrsmittel ablösen bzw. verdrängen können. Damit wirkt sich das AF auch wesentlich auf den Modal Split von Regionen und sozialen Gruppen aus. Doch nicht alle Veränderungen werden die Ziele nachhaltiger Entwicklung unterstützen, weil das Risiko besteht, dass die Zahl und Länge der Fahrten zunimmt, dass automatisierte Verkehrsangebote die verkehrspolitischen Zielsetzungen zur Förderung von aktiver Mobilität und des öffentlichen Verkehrs durch die neuen Qualitäten des Straßenverkehrs konterkarieren und schließlich dass die Ziele einer gesteuerten stadtreionalen Siedlungspolitik unterlaufen werden.

Gemessen an den verbindlichen österreichischen Klima-, Energie- und Umweltzielen sowie dem Anspruch nach lebenswertem Raum, zeigen vor allem die verkehrsrelevanten Wirkungsspektren des MARS-Modells zu den Szenarien, dass nur dann positive Wirkungen durch die automatisierte Mobilität zu erwarten sind, wenn entsprechende verkehrspolitische Steuerungsstrategien ergriffen werden (siehe Übersicht 45). Daher müssen nicht nur die gegenwärtigen verkehrspolitischen Zielsetzungen und Maßnahmen revidiert werden, um die Klima-, Energie- und Umweltziele sowie die Ziele zur Verbesserung der Lebensqualität in Städten zu erreichen – hier hinkt gerade der Verkehrs- und Mobilitätssektor deutlich hinterher – sondern es ist auch notwendig, die Angebotsformen des AV, räumlich differenziert so zu regulieren, dass deren Einsatz die angestrebte Zielerreichung unterstützt.

Die folgende **Verkehrspyramide**, die sich in ersten Zügen auch in den Ergebnissen der Konsensuskonferenz (siehe Kapitel 6.7) widerspiegelte, zeigt die empfohlene Priorisierung der Verkehrsmittel mit AV:

Abbildung 90: Verkehrspyramide mit AV (Quelle: eigene Darstellung nach Obregon 2017:4)



Um die oben angesprochen Ziele zu erreichen, reichen technologische Entwicklungen nicht aus, sondern es muss auch das Mobilitätsverhalten der Menschen in Österreich diesen Zielen angepasst werden. Dazu ist eine klare Priorisierung der Modi notwendig, damit

- a. die aktive Mobilität des Zufußgehens, Radfahrens im Sinne der Mobilitäts-Suffizienz an erster Stelle steht,

- b. ein attraktiver ÖV (S-Bahn, U-Bahn, Schnellbusse) optimiert durch AV und stark vernetzt mit anderen Modi ein wesentliches Rückgrat des Verkehrsangebots darstellt,
- c. bereits in der Relevanz abgestuft die Potenziale des (AV-)Ride Sharing mit den erhöhten Besetzungsgraden genutzt werden und
- d. dann erst mit geringerem Stellenwert des (AV-)Car Sharing aufgrund des positiven Flächeneffekts (Wegfall von Parkplätzen, Autohäusern etc.) forciert wird, ohne allerdings die Zahl der Fahrten zu stark ansteigen zu lassen.

Weil die Steigerung des Verkehrsaufwands, die durch die Komfort- und Bequemlichkeitsvorteile des automatisierten MIV zu erwarten ist, groß sein wird, sollte deren Priorisierung zurückgenommen werden (vermeiden). Eine hohe Flexibilität beispielsweise bei längeren Wegen, fehlendem ÖV-Angebot, zu beförderndem Gepäck, Mobilitätseinschränkungen könnte durch (AV-) Ride und Car Sharing gewährleistet werden. Im Zuge des Markteintritts von neuen (AV-) Ride und Car Sharing-Angeboten sollte sich die öffentliche Hand jedoch über gesetzliche Regelungen und Konzessionsvergaben ein Mitspracherecht zur Sicherung der Gemeinwohlinteressen sichern. Dies gilt auch in Bezug auf die Verknüpfung dieser neuen Angebote mit der Siedlungsentwicklung (transit-oriented developments (TODs)).

Die Menge der empfohlenen Maßnahmen sind daher zum einen die „klassischen“ der Verkehrsplanung und -politik, zum anderen AV-spezifisch. Erst durch diese Kombination können die österreichischen Klima-, Energie- und Umweltziele sowie Ziele zur Lebensqualität im Raum erreicht werden. Die Übersicht 46 liefert einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen:

Übersicht 46: Empfohlene Maßnahmen (Beispiele)

Klassische“ Maßnahmen	AV-spezifische Maßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau von Fahrrad- und FußgängerInnen-Infrastruktur • Verbesserung des ÖPNV Angebotes (mit AV), insb. bei Umsteigepunkten, der Verbindungshäufigkeit und den Bedienzeiten • Funktionale Mischung von Wohn-, Arbeits- und Einkaufsorten • Bewusstseinsbildende Maßnahmen zur Mobilitätssuffizienz • Digitale Mobilitätsplattform mit Informationen über Fahrplan, Echtzeitrouting, Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel und gemeinsames Preissystem • Integration von Shared Mobility und Mitfahrgelegenheiten (mit AV) in den öffentlichen Betrieb (z.B. über Konzessionsvergaben) sowie Verknüpfung mit der Siedlungsstruktur (transit-oriented developments) 	<ul style="list-style-type: none"> • Differenzierte Straßenbenutzungsgebühren nach Zeit, Ort, Besetzungsgrad etc. • Autofreie Zonen, um die Zu- und Abgangsdistanzen zum Ein- und Ausstiegsort zwischen den Verkehrsmitteln zu egalisieren • Abgaben auf Leerfahrten von AV Fahrzeugen • Gewichtsbasierte bzw. gewichtabhängige Kfz-Steuern für AV mit konventionellem Antrieb bzw. Besteuerung nach Bauart (wenn passive Sicherheit nicht mehr benötigt wird)

7.3. Herausforderungen in der Phase des Mischverkehrs

Mit den angewendeten Szenarien wurden auch unterschiedliche Geschwindigkeiten der technologischen Entwicklung variiert. Während im Szenario der marktgetriebenen AV-Euphorie die technologische Entwicklung sehr rasch vorangeht, wird im Szenario der politikgetriebenen AV-Steuerung und vor allem im Szenario Innovationsstau und langsame AV-Entwicklung eine lange Phase des Übergangs zur Hoch- und Vollautomatisierung ersichtlich. In dieser Phase des Übergangs treten zahlreiche Herausforderungen für eine politisch-planerische Steuerung auf. Auch wenn das genaue Ausmaß an Chancen und Risiken – zumal vor dem Hintergrund noch unzulänglicher Kenntnis über räumliche und soziale Differenzierungen – noch nicht eindeutig bekannt ist, sollten dennoch bereits jetzt Handlungsspielräume erschlossen und die Entwicklung entsprechend der übergeordneten Ziele gesteuert werden.

Herausforderungen der langen Zeit des Übergangs im Mischverkehr sind:

- a) Risiko einer Verschlechterung der Verkehrssicherheit durch mehr Modi im Straßenraum
- b) hohe finanzielle Ausgaben für die Bereitstellung und Instandhaltung der AV-Infrastruktur, gepaart mit sinkenden Einnahmen für die öffentliche Hand durch wegfallende Einnahmen wie Parkgebühren,
- c) ein hoher Flächenbedarf für Fahrzeuge und Beeinträchtigung von Fuß- und Radverkehr und
- d) eine Veränderung der Lagegunst von Standorten je nachdem, ob und unter welchen Bedingungen diese für AF erreichbar sind.

Übersicht 47: Empfohlene Maßnahmen (Beispiele)

Maßnahmen

- Geschwindigkeitsreduktionen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
- Steuerung der Siedlungsentwicklung über Bodenpolitik (z.B. Flächenwidmung) und stadtregionale Kooperationen um Lagegunsteffekte auszugleichen
- Einsatz neuer Finanzierungsinstrumente, die sich sehr stark am Verursacherprinzip orientieren und externe Kosten bzw. Nutzen mitberücksichtigen
- Beschränkung des Flächenbedarfs für Fahrzeuge und klare Priorisierung der unterschiedlichen Verkehrsmodi

7.4. Erforderliche Forschungsausrichtung

Aufgrund der weitreichenden und der aktuell noch räumlich, wirtschaftlich und gesellschaftlich zu wenig differenzierten Folgen der Einführung des AV ist es notwendig, weitere Forschungsarbeiten zum besseren Verständnis des weitreichenden Wirkungszusammenhangs zwischen dem AV und dessen gesamten verkehrlichen, wirtschaftlichen, sozialen und umweltbezogenen Effekten durchzuführen. Der Prozess des Übergangs zum vollautomatisierten und vernetzten Verkehr kann von unvorhersehbaren Ereignissen gekennzeichnet sein, die es wissenschaftlich bestmöglich „voraussehen“, zu vermeiden und zu begleiten gilt. Im Projekt SAFiP wurde die Abwägung der Chancen und Risiken vor allem vor dem Hintergrund der Steuerungsmöglichkeiten bzw. der Einführungen solcher Steuerungssysteme diskutiert und daraus Vorschläge für eine entsprechende Governance entwickelt.

Bislang wird die Forschung zu den Chancen und Risiken des AV noch zu wenig interdisziplinär betrieben. Es dominiert auch gegenwärtig die Sicht auf und die Förderung der technologischen Machbarkeit, ohne dass verkehrliche oder siedlungsstrukturelle Besonderheiten oder politisch-planerische Kulturen oder Einstellungen bestimmter sozialer Gruppen berücksichtigt werden. Statt des „Nebeneinanders“ wäre eine stärkere Vernetzung unterschiedlicher wissenschaftlicher Zugänge notwendig – ein nicht immer einfacher, aber dringend umzusetzender Prozess. Erst ein solch interdisziplinärer Zugang ermöglicht es, die immanente Logik des technologischen Transformationsprozesses aus ihrer ökonomischen und technologischen Antriebs-Logik und der gouvernementalen und gesellschaftlichen Relativierungs-Logik zu verstehen und ggf. in die gewünschte Richtung zu steuern. Dazu bedarf es aber eines breiten Systemwissens (Welches ist der Ist-Zustand, welche Verflechtungen bestehen?), eines eindeutigen Zielwissens (z.B. Widersprüche zwischen Verkehrs- und Umweltpolitik) und des kontext- und akteurspezifischen Transformationswissens (vgl. Schneidewind 2014).

Im Kontext der Implementation neuer technischer Systeme wird immer wieder auf die Notwendigkeit zu transdisziplinärer Forschung hingewiesen. Das ist insofern nachvollziehbar, weil der Erfolg technologischer Innovationen wiederholt vor dem Hintergrund von Rebound- und Lock-in-Effekten zumindest relativiert wird. Daher wurden in den letzten Jahren verstärkt „Lab-Ansätze“ und Methoden des citizen science angewandt. Um nicht dieser Mode unreflektiert zu folgen, ist es notwendig, sich über die Ziele und die angewandten Beteiligungs-Methoden zu verständigen und eine kritische Prozess-Evaluation dieser Ansätze vorzunehmen (vgl. Berger et al. 2016; Kirchberger et al. 2017; Franta et al. 2018).

Wichtig ist in jedem Fall, dass die StakeholderInnen der umsetzenden regionalen und lokalen Ebenen und AkteurInnen aus der Praxis stärker in die Forschung, aber auch in politische Entscheidungsprozesse zum AV eingebunden werden und die Bedingungen der Implementierung stärker beeinflussen: Wer finanziert die Infrastruktur? Wie kann gewährleistet werden, dass nur diese Formen des AV eingeführt werden, die den lokalen/regionalen Entwicklungszielen dienen?

Experimentierräume können durch das systematisch-iterative Ausprobieren, das an Grenzen stoßen, das Sackgassen erkennen, das Fehler machen, das Abfolgen und Zusammenhänge erkennen und erneutes Testen wesentlich zu einem verträglichen Übergang zum automatisierten Fahren beitragen. Bedeutsam ist jedoch, wie die Szenarien zeigen, dass das Zusammenwirken unterschiedlicher technologischer, kultureller, ökonomischer und institutioneller Faktoren von wesentlicher Bedeutung für die erzielbaren Ergebnisse ist. Diese Komplexität bei der automatisierten Mobilität erfordert ein inkrementelles Vorgehen des Ausprobierens mit Experimentierräumen (denn hier stoßen klassische Methoden der Verkehrsmodellierung bzw. der empirischen Sozialforschung an ihre Grenzen), wie sie in Österreich mit den urbanen Mobilitätslaboren zur Verfügung stehen, um transdisziplinäre Lernprozesse zu ermöglichen, und so den Wirtschaftsstandort stärken.

Die Forschung zum AF ist gegenwärtig überwiegend durch ingenieurwissenschaftliche Perspektiven im Bereich der Fahrzeugtechnik und Informatik geprägt. Ein Wissensaustausch und interdisziplinäres Vorgehen zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, insbesondere der Verkehrsplanung sowie Stadt- und Raumplanung bzw. Städtebau ist deshalb essenziell, weil es letztlich auch darum geht, die bestmögliche räumliche und verkehrliche Umsetzung zu ermöglichen und die Raumwirksamkeit der neuen Technologien zu reflektieren. Dazu ist eine räumlich differenzierte Betrachtung notwendig, die über Kategorien wie Stadt, Stadtrand, Umland und ländlicher Raum hinausgeht.

Wenn es darum geht, die aktuellen Vorbehalte in der Gesellschaft differenziert bestimmen zu können und sozialverträglich abzubauen, kommt den Sozialwissenschaften neben den analytischen Erkenntnissen auch die Aufgabe der Begleitung und lerntheoretischen Steuerung des sozialverträglichen Übergangs zu automatisierter Mobilität zu. In der Übersicht 48 werden beispielhafte Maßnahmen angeführt, an welchen Stellen der Forschungsbedarf ansetzen müsste:

Übersicht 48: Empfohlene Maßnahmen (Beispiele)

Maßnahmen

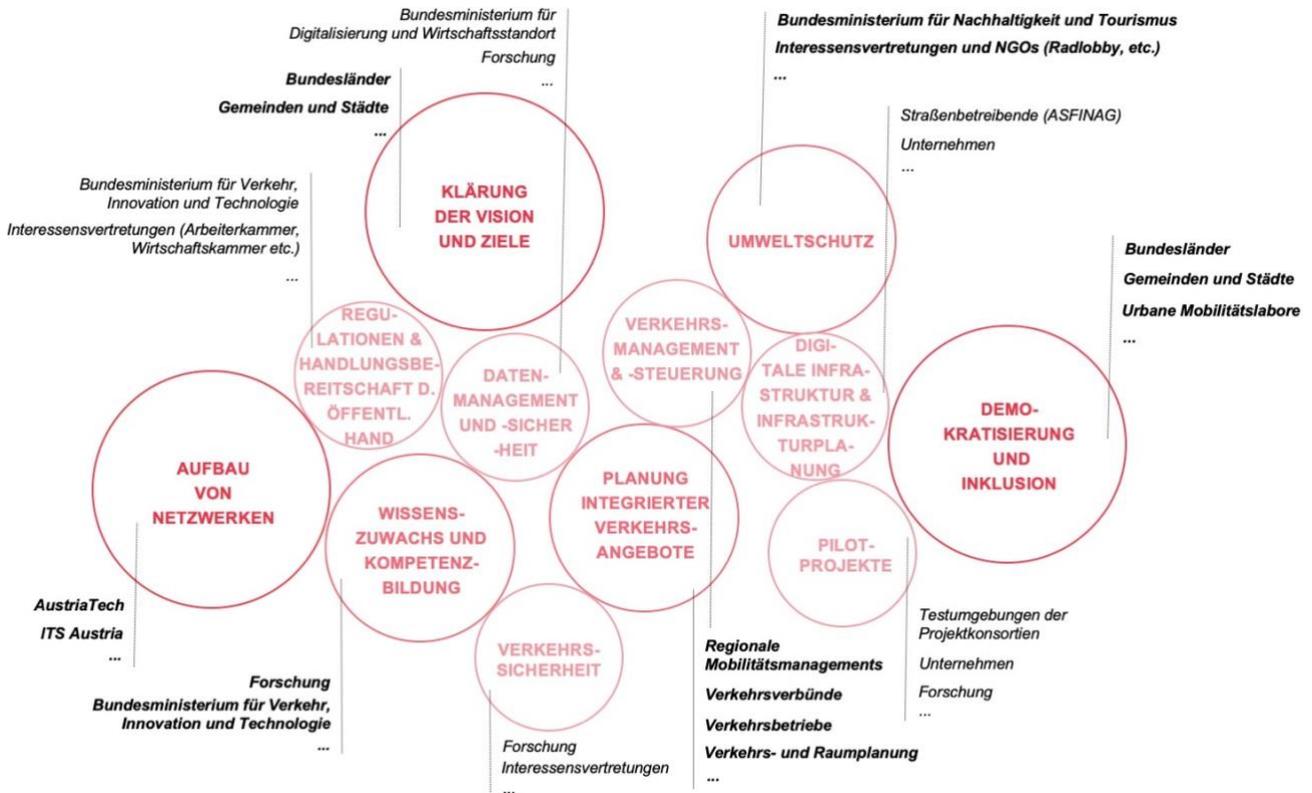
- Strukturierte, langfristige interdisziplinäre Forschungsstrategie „nachhaltiger AV für Österreich“ aufsetzen und evaluierend begleiten (Aktionspaket Automatisierte Mobilität (2019-2022) und dessen Weiterführung)
- Interdisziplinarität nutzen, um das Systemwissen zu stärken; hierbei ist es besonders wichtig, die Wechselbeziehungen und Widersprüche aus dem Verhältnis zwischen Techniksystem (wirtschaftliche Interessen, technologische Innovationen) und gesellschaftlichem System (Governance, Werte und Verhalten unterschiedlicher sozial-räumlicher Gruppen) zu erkennen (vgl. Geels 2011, 2012, Kanger et al. 2018)
- Urbane Mobilitätslabore als Experimentierräume für transdisziplinäre Forschung und für inkrementelles Ausprobieren und Lernen nutzen

Die Analyse der in der aktuellen Politik priorisierten Handlungsfelder zeigt, dass die Handlungsfelder:

- Wissenszuwachs und Kompetenzbildung,
- Umweltschutz – und Klimaschutz,
- Planung integrierter Verkehrsangebote,
- Klärung der Vision und der Zielsetzungen,
- Demokratisierung und Inklusion, sowie
- Aufbau von Netzwerken zwischen verschiedenen Stakeholdergruppen (Transdisziplinarität)

innerhalb der künftigen Maßnahmen eine höhere Priorität haben sollten. Wie dieses stärker konkretisiert werden kann, wird im Kapitel 7.5 ausdifferenziert.

Abbildung 91: Stärkung von politischen Handlungsfeldern und exemplarisch relevante AkteurInnen in Österreich (Quelle: eigene Darstellung)



7.5. Konkreter Forschungsbedarf

Aus dem SAFiP-Projekt lassen sich neben den oben eher generell-strategisch ausgerichteten Hinweisen, auch ein differenzierterer Forschungsbedarf ableiten. Aus dem international festgestellten Forschungsdefizit (aus der Literaturrecherche) sowie den eingeschränkten Modellierungsmöglichkeiten räumlicher und gesellschaftlicher Unterschiede lassen sich fünf wesentliche Felder ausmachen:

- Wie müssten spezifische Mobilitätsangebote des AV als **Mobility as a Service** gestaltet werden?
 - Welche institutionellen und organisatorischen Veränderungen sind notwendig? (neue Partnerschaften zwischen der Privatwirtschaft, der öffentlichen Hand und der Zivilgesellschaft, neue Geschäftsmodelle)
 - Welche technologischen Entwicklungen können hierbei genutzt werden (bspw. Plattformen, Blockchain, Künstliche Intelligenz, etc.)?
- Welche neuen **Governancestrukturen** und welcher **Steuerungsbedarf** (insb. Mobility Pricing) leiten sich im Kontext des AV für die **Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung** ab?
 - Welche Veränderungen der administrativen Zuständigkeiten und Kooperationen werden im Kontext des AV relevant (stadtrregionale Kooperationen, Kompetenzaufbau, etc.)?
 - Welche neuen Planungsinstrumente werden erforderlich (integrierte und stadtrregionale Planung mit AV, langfristiger Horizont, Vergleich von Alternativen (Szenarien) etc.)?
 - Welche neuen Maßnahmen sind im Zuge der Implementierung wichtig zu setzen?
- Welche konkreten **räumlichen Wirkungen** sind in unterschiedlichen Siedlungsstrukturen im Kontext des AV zu erwarten?

- Welche analytischen Typologien und Verkehrsraumtypen können hierzu genutzt werden?
- Wie verändern sich die Beziehungen zwischen den Kernstädten und ihrem jeweiligen suburbanen Umland; wie verändert sich die Relationen zwischen den Stadtregionen im nationalen und europäischen Maßstab?
- Welche Auswirkungen hat der AV auf den Straßenraum, die Interaktion unterschiedlicher Modi, den Flächenbedarf? Welche Abgrenzungen sind notwendig (baulich-physisch, elektronisch)?
- Wie wirkt sich der AV auf der Quartiersebene aus (Nahmobilität, Erreichbarkeit, etc.)? Welche Differenzierungen nach Typologien sind notwendig (Strategien, Maßnahmen, Instrumente, Beteiligung)?
- Welche Auswirkungen sind auf der Ebene der Stadt zu verzeichnen, wie verschieben sich die Wertigkeiten städtischer Teilräume zueinander (Lagegunst, Erreichbarkeit, Bodenpreise etc.)?
- Welchen Einfluss hat die **gesellschaftliche Akzeptanz unterschiedlicher sozialer Gruppen** auf die Nutzung des AV?
 - Die Vorbehalte gegenüber dem AV sind auch in Österreich gegenwärtig noch sehr groß (wie groß, das ist bislang noch nicht untersucht worden). Welche soziale Gruppe hat welche?
 - Welche Bedürfnisse hinsichtlich des AV sind in welcher Gruppe vorhanden?
 - Warum laufen subjektive Wahrnehmungen und „Realitäten“ bei der Einschätzung der Folgen technologischer Entwicklung oft so weit auseinander? Für wen ist das bei welchem Aspekt des AV relevant?
 - Wie kann die Perspektive der BürgerInnen eingebunden werden?
 - Wie kann die Automatisierung dazu beitragen, das Mobilitätsverhalten nachhaltiger zu gestalten?
 - Kann soziales Matching dabei helfen, die Vorbehalte des Ride-Sharing im AV-Modus (ohne FahrerIn) zu verringern? Wenn ja, wie soll dieses vor dem Hintergrund des Daten- und Personenschutzes umgesetzt werden?
- Wie wirkt automatisiertes Fahren auf **soziale Inklusion und sozialräumliche Ungleichheiten in unterschiedlichen sozialräumlichen Kontexten**?
 - Unterscheidet man nach unterschiedlichen Formen der körperlichen und mentalen Einschränkungen, dann besteht die Frage, welche Form der Mobilitätseinschränkung durch welches Level (und damit verbunden der An- oder Abwesenheit von Begleitpersonen) Vor- oder Nachteile erleidet.
 - Sehr häufig werden „ältere Menschen“ genannt, die von AV profitieren würden – insbesondere, wenn Führerschein-Besitzende aus Altersgründe nicht mehr selbst fahren wollen/können. „Alter“ ist aber ein sehr ungenauer Dummy für unterschiedliche oben genannte Einschränkungen. Zudem bestehen gerade in der Gruppe der Hochaltrigen (>75 Jahre) die größten Vorbehalte gegenüber der aktuellen Technologie und die geringste Erfahrung mit den entsprechenden Mobilitäts-Angeboten, die meist über Apps angefordert werden.
 - Orientiert man sich an anderen Mobilitätseinschränkungen entstehen durchaus Nachteile für bislang mobilitätseingeschränkte Gruppen: Einkommensschwache werden aufgrund der hohen Anschaffungskosten vom AF in Privateigentum ausgeschlossen. Das Benutzen von Mobilitäts-Dienstleistungen hängt von der Preisstruktur ab, die sich bis 2030 nicht wesentlich verbessern dürfte – hier sind sozialpolitische Maßnahmen der Subjektförderung effizienter. Weitere Benachteiligungen sind aufgrund der Prozesse am Wohnungsmarkt wahrscheinlich, weil einkommensschwache Gruppen immer stärker an Orte schlechter Ausstattung und Erreichbarkeit sowie hoher Umweltbelastung abgedrängt werden.
 - Zeit-eingeschränkte Gruppen (Alleinerziehende, große Familien) können in dem Maße profitieren, wie MaaS-Angebote Zeit- und Kostenvorteile vermitteln können. Diese Angebote müssten aber „familienfreundlich“ sein, d.h. es müssten mehrere Roller und Räder resp. größere Fahrzeuge verfügbar sein.

Neben diesen inhaltlichen Fragestellungen sollten zudem verschiedene **Methoden** weiterentwickelt werden. Hier besteht ein immenser Forschungsbedarf wie bereits im Zwischenfazit (siehe Kapitel 4.7) aufgezeigt. Das betrifft vor allem die folgenden Methoden:

- **Quantitative Methoden (Verkehrsnachfragemodelle, Raumnutzungsmodelle und Erreichbarkeitsanalysen):**
 - Modellerweiterungen und theoretische Fundierung (Entscheidungsmodellierung) hinsichtlich AV und MaaS, z.B.:
 - neue Modi (z.B. Car Sharing, Ride Sharing) und entsprechende Nutzungskonzepte (z.B. räumliches, zeitliches und soziales Matching von FahrerIn und MitfahrerInnen beim Ride Sharing) implementieren
 - Maßnahmenreagibilität infolge AV-spezifischer Maßnahmen (z.B. Echtzeit-Mobility Pricing) berücksichtigen
 - Typologien für einstellungs- und verhaltenshomogene soziale Gruppen entwickeln und in die Modellierungen integrieren

- Typologien für verkehrsräumliche Situationen entwickeln und in die Modellierungen integrieren
 - Integrierte Raumnutzungs- und Verkehrsmodelle weiterentwickeln, um Wechselwirkungen zwischen Verkehrssystem und Flächennutzung abzubilden
 - Verknüpfung oder Integration von Modellelementen, z.B.
 - ... der Szenario-Technik mit der Verkehrsnachfragemodellierung
 - ... unterschiedlicher Modelltypen von makroskopisch bis mikroskopisch, um einerseits Wirkungen vom Groben, wie neue Modi, erweiterte NutzerInnengruppen etc. (Langfrist-Modellierung), ins Feine, wie Aktivitätenplanungsprozesse, kurzfristige Kapazitätsveränderungen etc. (Mittel- bis Kurzfrist-Modellierung), abzubilden
 - ... über unterschiedliche Maßstabsebenen
 - Empirische Fundierung und Daten, z.B.
 - Stated Choice-Experimente als Grundlage für die Entscheidungsmodellierung hinsichtlich AV umsetzen
 - Differenzierte Inputdaten für die Verkehrsmodellierung generieren (z.B. Mobilitätsverhalten und Einstellung (unter AV-Bedingungen): sozial (Lebenslagen, soziale Milieus, Mobilitätsstile, Technikaffinität) und räumlich differenziert, d.h. Bezug auf Theorien des schrittweisen Lernens herstellen als Anstoß für Verhaltensänderungen
 - Erreichbarkeitsanalysen als Vorstufe der AV-Verkehrsnachfragemodellierung vertiefen (stärkere räumliche, soziale und zeitliche Differenzierung)
 - Szenario-Technik als Vorstufe der AV-Verkehrsnachfragemodellierung etablieren, um langfristige komplexe Zukunftsbilder zu generieren
- **Qualitative Methoden:**
 - Partizipative Methoden und Living Labs / Urbane Mobilitätslabore:
 - Methoden der Teilhabe und Mitbestimmung unterschiedlicher sozialer Gruppen Lab-bezogen entwickeln und validieren
 - Einbeziehen der verkehrlichen Stakeholder in Lab-Prozesse
 - Realexperimente
 - Interpretative Sozialforschung:
 - Erhebung von Mobilitäts-Bedürfnissen unterschiedlicher sozialer Gruppen (Fokusgruppen, Zukunftswerkstätten, etc.)
 - Sozialpsychologische Methoden:
 - Zur Optimierung der Mensch-Maschine Schnittstelle (HMI)
 - Erhöhung der Akzeptanz
 - als Anstoß für Verhaltensänderungen etc.
 - **Digitale Methoden:**
 - Neue Datenerfassungstechnologien und Datenverarbeitungsmethoden (Big Data) entwickeln, die sich gerade aus der Datenproduktion des AV ergeben, Erweiterung des tracking (insbesondere interaktive Formen entwickeln), Auswertung von Social Media (Nutzen der personenbezogenen on-trip-Daten).
 - AkteurInnen des MaaS methodisch stärker in Forschungen einbinden und von deren (KundInnen-)Daten profitieren
 - Neue Kommunikationstechnologien für Beteiligungsverfahren und Informationen nutzen (E-Partizipation, E-Beratung)
 - Visualisierungs-Technologien und virtuelle Modelle entwickeln (Location Based Augmented Reality, Collaborative and interactive Augmented Reality, Virtual Reality-Umgebungen)

8. Literaturverzeichnis

Aapaoja, Aki; Eckhardt, Jenni; Nykänen, Lasse (2017): Business models for MaaS. 1st international conference on Mobility as a Service, 28 - 29 November 2017, Tampere, Finland. Tampere University of Technology.

Aberle, Gerd (1993): Überforderte Verkehrspolitik. Das Phänomen Mobilität – beherrschbarer Fortschritt oder zwangsläufige Entwicklung? Internationales Verkehrswesen 45(7/8): 405-410.

Achtnicht, Martin; Bühler, Goerg & Hermeling, Claudia (2012): Impact of Service station Networks on Purchase decisions of Alternative-fuel Vehicles. ZEW-Discussion Paper No. 08-088. Revised version: March 2012. Abrufbar unter: <ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp08088.pdf> (14.08.2018).

Ahrend, Christine, Kollosche, Ingo, Steinmüller, Karlheinz & Schulz-Montag, Beate (2011): E-Mobility 2025. Szenarien für die Region Berlin. Szenarioreport. Berlin: Technische Universität Berlin.

Alberts, Volker; Dirnwöber, Martin; Kressler, Florian; Liebermann, Johannes; Stupnik, Kerstin (2016): Vom Intelligenten Verkehrssystem zum Integrierten Mobilitätssystem. Einfach, vernetzt, digital und nachhaltig. Forschung I Technologie I Innovation. Handlungsoptionen 2020+. ITS Austria. Abrufbar unter: https://www.smart-mobility.at/fileadmin/media_data/FTI_Roadmap_v5.0.0_final.pdf (31.07.2018)

Alkhaddour, Mahmoud (2018): „Free-floating Bikesharing“-Systeme. Bachelorarbeit, TU Wien.

Allianz pro Schiene (2016): Selbstfahrende Metros in Europa: Eine Milliarde Fahrgäste jedes Jahr. Abrufbar unter: <https://www.allianz-pro-schiene.de/presse/pressemittelungen/uebersicht-selbstfahrende-metros-europa/> (31.01.2019)

Andersson, Patrik; Torstensson, Joel (2017): Exploring the role of blockchain technology in Mobility as a Service. Towards a fair Combined Mobility Service. Master's thesis in Complex Adaptive Systems & Management and Economics of Innovation. Department of Space, Earth and Environment. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.

Arndt, Holger (2016): Systemisches Denken im Wirtschaftsunterricht. Erlangen: FAU University Press. Abrufbar unter: https://opus4.kobv.de/opus4-fau/files/8006/HolgerArndt_Systemisches+Denken_OPUS.pdf (21.01.2019).

ATKearney (2015): Global Trends 2015-2025. Divergence, Disruption, and Innovation. Twelve key trends will shape the global outlook and operating environment through 2015.

Axhausen, Kay W. (2016): Mobilität der Zukunft und Einfluss / Durchdringung neuer Technologien, Vortrag, ARE Zukunftsgespräche, ARE, Ittingen.

Bachofer, Felix, Klett, Stefan, Hochschild, Volker (2010): Verkehrsraumbewertung anhand lokaler und regionaler Indizes. Beitrag im Rahmen der AGIT 2010.

Bagloee, Saeed A., Tavana, Madjid, Asadi, Mohsen, Oliver, Tracey (2016): Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. Journal of Modern Transportation 24(4): 284-303.

Bartik, Herbert, Lutter, Johannes, Antalovsky, Eugen (2013): the big transformers. Sharing- und On-Demand Economy auf dem Vormarsch. Europaforum Wien, MA 23.

Beckmann, Jörg; Brügger, Alain (2013): Das Ende von „Big ÖV“? – oder wie eine neue kollaborative Mobilität die alte urbane Verkehrswelt revolutioniert. Mobilitätsakademie, Bern.

Beckmann, Klaus (2013a): Editorial/Einführung. In: Beckmann, Klaus J.; Klein-Hitpaß, Anne (Hrsg.) (2013): Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? Neue Mobilitätskonzepte. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Deutsches Institut für Urbanistik, 7-18.

Beckmann, Klaus (2013b): Veränderte Rahmenbedingungen für Mobilität und Logistik – Zeitfestner für Technik-, Verhaltens- und Systeminnovationen. In: Beckmann, Klaus J.; Klein-Hitpaß, Anne (Hrsg.) (2013): Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? Neue Mobilitätskonzepte. Edition Difu – Stadt Forschung Praxis, Deutsches Institut für

Urbanistik: 31-58.

Beckmann, Klaus (2016): Autonome Fahrzeuge in einer Smart City. Vortrag im Rahmen des 45. Verkehrswissenschaftlichen und verkehrsökologischen Kolloquiums. Dresden.

Beckmann, Klaus (2019): Automatisierter Verkehr und Einsatz autonomer Fahrzeuge – (mögliche) Folgen für die Raumentwicklung. In: C. Holz-Rau, U. Reutter & J. Scheiner (Hrsg.): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext des gesellschaftlichen Wandels. Forschungsberichte der ARL X. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung.

Beckmann, Klaus & Sammer, Gerd (2016): Autonomes Fahren im Stadt- und Regionalverkehr. Memorandum für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung aus der integrierten Sicht der Verkehrswende.

Beighton, D. (2017): Consensus Statements. *Caries Research* 51(1): I-II

Beiker, Sven (2015): Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge. In: Maurer et al. (Hrsg.) (2015): 197-217.

Beirao, Gabriela; Sarsfield, Cabral, J.A. (2007): Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study. *Transport Policy* 14: 478–489.

Berger, Martin & Gobiet, Werner (2005): EMVEM - Evaluierungsmethoden verkehrstelematischer Maßnahmen im Personenverkehr. Technische Universität Graz.

Berger, Roland (2014): Shared Mobility. How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game. Roland Berger Strategy Consultants, München.

Berger, Roland (2016): Internationale Best-Practice-Studie Intelligente Vernetzung. Innovative und beispielhafte IKT-Projekte aus den Anwendungssektoren Bildung, Energie, Gesundheit, Verkehr und Verwaltung. Abrufbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_in_best_practice_studie_iiv_1.pdf (24.02.2019).

Berger, Roland (2017): Roland Berger Trend Compendium 2030. Abrufbar unter: <https://www.rolandberger.com/en/Dossiers/Trend-Compendium.html> (14.11.2018).

Bertelsmann Stiftung (2017): Automatisiertes Fahren: Aktuelle Einstellungen in Deutschland. Factsheet. Mobilität und Digitalisierung | Reinhard Mohn Preis 2017. Abrufbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Factsheet_LK_Automatisiertes-Fahren_Aktuelle-Einstellungen-in-Deutschland_2017.pdf (26.07.2018).

Blanck, Ruth; Hacker, Florian; Heyen, Dirk A. & Zimmer, Wiebke (2018): Abschlussbericht der Studie Mobiles Baden-Württemberg. Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität. Schriftenreihe der Baden-Württemberg Stiftung Bildung Nr. 87. Stuttgart.

BMNT - Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Energie in Österreich 2018. Zahlen, Daten, Fakten. Wien.

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich. Wien. Abrufbar unter: https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:25575560-8cba-489a-94dc-9109e9ae7648/Entwurf_NEKP_Österreich_20.12.2018_pdf.pdf. (22.01.2019).

BMNT (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus) & BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018): Mission 2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Abrufbar unter: www.mission2030.bmnt.gv.at (01.12.2018).

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (Hg.) (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile (25.07.2018).

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2016): Forschungsprogramm zur Automatisierung und Vernetzung im Straßenverkehr. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/forschungsprogramm-avf.pdf?__blob=publicationFile (15.07.2018).

- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2018): Automatisiertes und vernetztes Fahren. Abrufbar unter: <http://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Automatisiertes-und-vernetztes-Fahren/automatisiertes-und-vernetztes-fahren.html> (29.01.2018).
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2012): Gesamtverkehrsplan für Österreich.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2015): bmvit-Programm „Mobilität der Zukunft“. Forschungs-, technologie- und innovationspolitische Roadmap zur Ausrichtung des Innovationsfelds Gütermobilität.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016a): Automatisiert – Vernetzt – Mobil. Aktionsplan Automatisiertes Fahren. Wien: bmvit.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016b): C-ITS Strategie Österreich. VerkehrsteilnehmerInnen vernetzen, Effizienz und Sicherheit im Verkehr fördern.
- bmvit – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2016c): Österreichisches Verkehrssicherheitsprogramm 2011-2020. Wien.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016d): Ergebnisbericht Projekt „ShareWay – Wege zur Weiterentwicklung von Shared Mobility zur dritten Generation“.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016e): Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“. Wien. Abrufbar unter: https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/oesterreich_unterwegs/downloads/oeu_2013-2014_Ergebnisbericht.pdf (19.01.2019).
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018a): Aktionspaket Automatisierte Mobilität 2019-2022. Wien: bmvit.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018b): 5G-Strategie. Österreichs Weg zum 5G-Vorreiter in Europa.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018c): bottom-up. Glossar. Abrufbar unter: <https://www.bmvit.gv.at/service/glossar/b/bottomup.html> (02.08.2018)
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018d): Elektromobilität in Österreich Zahlen & Daten – 2017.
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2019): Nahverkehr. Recht. Abrufbar unter: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/nahverkehr/recht/index.html> (20.01.2019).
- bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) & AIT (Austrian Institute of Technology) (2014): FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI Maßnahmen „Mobilität der Zukunft“ im Themenfeld „Personenmobilität innovativ gestalten“.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Energieeffizienz in Zahlen. Berlin.
- Bösch, Patrick M. (2018): Autonomous Vehicles – The next Revolution in Mobility. Doctoral Thesis, ETH Zürich.
- Bösch, Patrick M., Becker, Felix, Becker, Henrik, Axhausen, Kay W. (2017): Cost-based analysis of autonomous mobility services. Transport Policy. 1-16.
- Bostrom, Nick, & Müller, Vincent (2014): Future Progress in Artificial Intelligence: A Survey of Expert Opinion.
- Botsman, Rachel (2013): The Sharing Economy Lacks A Shared Definition.
- Bräuninger, Michael; Schulze, Sven; Perschon, Jürgen; Hertel, Christof; Field, Simon; Foletta, Nicole (2012): Wege zum nachhaltigen Stadtverkehr in Entwicklungs- und Schwellenländern. Kurzfassung. Herausgegeben vom

Umweltbundesamt. Abrufbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/publikationen/zusammenfassung.pdf> (02.08.2018).

Brown, Juanita & Isaacs, David (2005): *The World Café: Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*. Oakland: Berrett-Koehler Publishers.

Bruns, Frank, Rothenfluh, Marco, Neuenschwander, Marco, Sutter, Michael, Belart, Benjamin, Egger, Matthias (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz. Schlussbericht Modul 3c: „Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV)“. Basler Fonds.

Bucher, Eliane; Fieseler, Christian (2015): Warum wir teilen. Schwerpunkt Spezifische Herausforderungen der Sharing Economy. *Marketing Review* St. Gallen 4/2015.

Bukold, Steffen (2015): Ölpreskollaps, Verkehr & Klima Daten und Strategien für den Klimagipfel in Paris: Zweiter Teil der Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. Abrufbar unter: <http://www.energycomment.de/cop21-neue-studie-verkehrswende-nicht-in-sicht/> (18.07.2018).

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW); Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT); Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) (2012): Umsetzungsplan. Elektromobilität in und aus Österreich. Abrufbar unter: https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/emobil_umsetzungsplan.pdf (14.08.2018).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2017): Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren. Bericht Juni 2017. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile (09.08.2018).

Burkert, Andreas (2018): Umfelderkennung für das autonome Fahren. Abrufbar unter: <https://www.springerprofessional.de/sensorik/automatisiertes-fahren/umfeldererkennung-fuer-das-autonome-fahren/15830586> (14.08.2018).

Busch, Fritz, Krause, Sabine, Motamedidehkordi, Nassim, Hoffmann, Silja, Vortisch, Peter, Hartmann, Martin (2017): Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur, FAT-Schriftenreihe. Berlin: Verband der Automobilindustrie, Forschungsvereinigung Automobiltechnik.

Campbell, Andrew A.; Cherry, Christopher R.; Ryerson, Megan S.; Yang, Xinmiao (2016): Factors influencing the choice of shared bicycles and shared electric bikes in Beijing. *Transportation Research Part C* 67: 399–414.

Campbell, Mark, Egerstedt, Magnus, How, Jonathan P., Murray, Richard M. (2010): Autonomous driving in urban environments: approaches, lessons and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 368: 4649-4672.

Candeias, Mario (2013): Grüne Transformation. Nachhaltigkeit. Neuauflage Mai 2013 durch das New Yorker Büro der Rosa-Luxemburg-Stiftung.

CARTRE – Coordination of Automated Road Transport Deployment for Europe (2018): Präsentation von verschiedenen Szenarien im Rahmen des CARTRE-Meetings in Wien.

CEDR (Conference of European Directors of Roads) (2018): National Road Authority Connected and Automated Driving strategy 2018-28.

Cohen, Tom & Cavoli, Clemence (2019): Automated vehicles: exploring possible consequences of government (non)intervention for congestion and accessibility, *Transport Reviews*, 39 (19): 129-151.

Daimler (2017): Daimler und HERE bringen HD Live Map in künftige Mercedes-Benz Modelle. Abrufbar unter: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Daimler-und-HERE-bringen-HD-Live-Map-in-kuenftige-Mercedes-Benz-Modelle.xhtml?oid=33472763> (25.07.2018).

Dangschat, Jens S. (2017): Automatisierter Verkehr – was kommt da auf uns zu? In: *Zeitschrift für Politische Wissenschaft (ZPol)* 27: 493-507.

Dangschat, Jens S. (2019): Sozialer Wandel, Raumbezug und Mobilität. In: C. Holz-Rau, U. Reutter & J. Scheiner (Hrsg.): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext des gesellschaftlichen Wandels. *Forschungsberichte der ARL X*. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung.

Dangschat, Jens S. (2019): Sozialer Wandel, Raumbezug und Mobilität. In: Holz-Rau, et al. (Hrsg.): Im Druck.

- Dangschat, Jens S.; Segert, Astrid (2011): Nachhaltige Alltagsmobilität – soziale Ungleichheiten und Milieus. ÖZS 36 (2011) 2: 55–73.
- Datson, James (2016): Mobility as a Service - Exploring the opportunity for mobility as a service in the uk. Milton Keynes: Catapult Transport Systems. Abrufbar unter: <https://ts.catapult.org.uk/intelligentmobility/im-resources/maasreport/> (31.07.2018)
- De Haan & Fischer, Remo (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz. Schlussbericht Modul 3e. Ressourcen, Umwelt, Klima. Abrufbar unter: https://staedteverband.ch/cmsfiles/2018-04-09_afn_3e_ressourcen_umwelt_klima_schlussbericht_1.pdf (24.03.2019)
- Deloitte (2016): Artificial Intelligence Innovation Report. Abrufbar unter: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/human-capital/artificial-intelligence-innovation-report.pdf> (26.01.2019)
- Deloitte Development (2017), What's ahead for fully autonomous driving. Consumer opinions on advanced vehicle technology. Abrufbar unter: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-manufacturing-consumer-opinions-on-advanced-vehicle-technology.pdf> (17.02.2018).
- DETECTON Consulting (2016), Autonomes Fahren: Wenn das Lenkrad zur Sonderausstattung wird. Eine empirische Untersuchung der Akzeptanz autonom fahrender Fahrzeuge. Köln: DETECTON.
- Deutsche Rechnungshöfe (2011): Gemeinsamer Erfahrungsbericht zur Wirtschaftlichkeit von ÖPP-Projekten. Abrufbar unter: http://www.rechnungshof.sachsen.de/files/Gemeinsamer_Erfahrungsbericht_zur_Wirtschaftlichkeit_von_OEPP.pdf (14.08.2018).
- Deutscher Städtetag (2018): Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht. Positionspapier des Deutschen Städtetages.
- Dixon, Richard (2018): Trends in der Automobil-Sensorik. In: Tille, T. (Hg.): Automobil-Sensorik 2. Systeme, Technologien und Applikationen. Heidelberg: Springer Vieweg: 17-28.
- Eberhard, Olaf (2005): Wirkungsanalyse individuell-dynamischer Zielführungssysteme im Straßenverkehr. Schriftenreihe Heft 61 (5), Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe.
- Ebert, Günther; Behrens, Petra; Landau, Markus; Pregger, Thomas; Specht, Michael (2012): Integration von Elektromobilen in das Smart Grid – Intelligente Beladung von Elektrofahrzeugen. FVEE • Themen 2012. Abrufbar unter: http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2012-2/th2012_08_04.pdf (09.08.2018).
- EC (European Commission) (2018): Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS).
- EC (European Commission) (2018): On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future.
- Ehrhart, Christof E., Müller, Jan D., Oppolzer, Johannes (2012): Delivering Tomorrow. Logistik 2050. Eine Szenariostudie. Bonn: Deutsch Post AG.
- Eimler, Sabrina C. & Geisler, Stefan (2015): Zur Akzeptanz des Autonomen Fahrens – eine A-Priori Studie. In: Weisbecker, Anette; Burmester, Michael & Schmidt, Albrecht (Hg.): Mensch und Computer 2015 – Workshopband. Oldenburg: De Gruyter: 533-540.
- Einsiedel, Edna F. & Eastlick, Deboarah, L. (2000): Consensus Conferences as Deliberative Democracy: A Communications Perspective. Science Communication 21(4): 323-343.
- Eisenberger, Iris, Lachmayer, Konrad, San Nicolò, Sophia (2018): Rechtlicher Rahmen für automatisierte Fahrzeuge und Anpassungsbedarf. Präsentation im Rahmen des Workshops zum Forschungsprojekt AUTO-NOM. Wien.
- Ellaway, Anne; Macintyre, Sally; Hisock, Rosemary; Kearns, Ade (2003): In the driving seat: psychosocial benefits from private motor vehicle transport compared to public transport. Transportation Research Part F 6: 217–231.

- Emberger, Günter, Mayerthaler, Anna, Haller, Reinhard (2010): National scale land-use transport policy modelling. 12th World Conference on Transport Research. Lissabon, Portugal.
- Emberger, Günter, Pfaffenbichler, Paul, Haller, Reinhard, Kölbl, Robert (2007): National scale land-use and transport modelling: the mars Austria model. ETC Conference Papers. Noordwijkerhout, Netherlands: Association For European Transport. Abrufbar unter: <https://aetransport.org/en-gb/past-etc-papers/conference-papers-pre-2009/conference-papers-2007?abstractId=2814&state=b> (22.01.2019).
- Emberger, Günter; Pfaffenbichler, Paul; May, Anthony D. & Shepherd, Simon (2018): The potential impacts of automated cars on urban transport: An exploratory analysis. SIG G2 National and Regional Transport Planning and Policy – Mid-Term Workshop, Wien.
- EPOMM – European Platform on Mobility Management (2017): Die Rolle von Mobilität als Dienstleistung für Mobilitätsmanagement. E-update Dezember 2017. Abrufbar unter: http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2017/1217_2/doc/eupdate_de.pdf (23.01.2019).
- ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council) (2017): Automated Driving Roadmap. Version 7.0, 29.05.2017.
- EU (Europäische Union) (2009): Klima- und Energiepaket 2020. Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en (30.10.2018).
- EU (Europäische Union) (2011): Weißbuch zum Verkehr. Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1488202961906&uri=CELEX:52011DC0144> (30.10.2018).
- EU (Europäische Union) (2013): A concept for sustainable urban mobility plans. Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/doc/ump/com%282013%29913-annex_en.pdf (30.10.2018).
- Europäische Kommission (2011): WEISSBUCH Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. KOM(2011) 144.
- European Commission (2014): Guidelines. Developing and implementing a sustainable urban mobility plan.
- Fagnant, Daniel J. & Kockelman, Kara (2015): Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations for Capitalizing on Self-Driven Vehicles. Transportation Research Part A, Policy and Practice 77: 167-181.
- Färber, Berthold (2015): Kommunikationsprobleme zwischen autonomen Fahrzeugen und menschlichen Fahrern. In: Maurer M., Gerdes J., Lenz B., Winner H. (Hg.) (2015): Autonomes Fahren. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg: 128-146.
- Fellendorf, Martin (2018): Straßenbauliche Infrastruktur und VLSA für automatisierte Fahrzeuge. Präsentation im Rahmen des Workshops zum Forschungsprojekt AUTO-NOM. Wien.
- Fichert, Frank; Grandjot, Hans-Helmut (2016): Akteure, Ziele und Instrumente in der Verkehrspolitik. In: In: Schwedes, Oliver; Canzler, Weert; Knie, Andreas (Hrsg.) (2016): Handbuch Verkehrspolitik. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS, 137-163
- Forrester, Jay W. (1969): Industrial dynamics. 6. print. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Forrester, Jay W. (1971): World dynamics. Cambridge, Mass: Wright-Allen Press.
- Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) (2016): mobilTIMES. Konzepte für eine multifunktionale Nutzung des Mobilitäts-Zeitbudgets. Projekt sheet. Abrufbar unter: <https://projekte.ffg.at/projekt/1705849/pdf> (08.08.2018)
- Fraedrich, Eva & Lenz, Barbara (2015a): Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Maurer et al. (Hg.) (2015): 639-660.
- Fraedrich, Eva & Lenz, Barbara (2015b): Vom (Mit-)Fahren: autonomes Fahren und Autonutzung. In: Maurer et al. (Hg.) (2015): 687-708.
- Fraedrich, Eva; Heinrichs, Dirk; Bahamonde-Birke, Francisco J. & Cygansky, Rita (2018): Autonomous driving, the built environment and policy implications. Transportation Research Part A: Policy and Practice.

- Franken, Verena, Luley, Torsten (2005): Verkehrstelematik und Analysen zu ihrer Akzeptanz: Sachstand - Defizite - Potenziale. HEUREKA '05 Optimierung in Verkehr und Transport, 71-89 und DLR Electronic Library. Abrufbar unter: <http://elib.dlr.de/20983/> (31.07.2018).
- Franta, Lukas; Haufe, Nadine, Dangschat, Jens S. & Witthöft, Gesa (2018): Handbook for Participation Strategies for Mobility Issues in Neighbourhoods. Projekt SUNRISE, Deliverable D2.1. Wien: TU Wien, mimeo.
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI Fraunhofer) (2012): Roadmap zur Kundenakzeptanz. Zentrale Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung in den Modellregionen. Technologie-Roadmapping am Fraunhofer ISI: Konzepte – Methoden – Praxisbeispiele Nr. 3. Abrufbar unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2012/roadmap_broschuere_netz.pdf (14.08.2018).
- Fraunhofer- Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (2015): Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Dienstleistungsprojekt 15/14, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Abrufbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (09.08.2018).
- Friedrich, Markus & Hartl, Maximilian (2016): Schlussbericht MEGAFON – Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs. Universität Stuttgart. Institut für Straßen- und Verkehrswesen.
- Fuchs, Anton (2017): Automatisiertes Fahren. Entwicklungen und Herausforderungen. Virtual Vehicle Research Center. Präsentation im Rahmen des GSV Forums.
- Furuhata, Masaumi, Dessouky, Maged, Ordóñez, Fernando, Brunet, Marc-Etienne, Wang, Xiaqing, König, Sven (2013): Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. Transportation Research Part B: Methodological 57: 28-46.
- FVV – Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik (2019): Was sind Ursache-Wirkungsdiagramme? Abrufbar unter: <https://www.fvv.tuwien.ac.at/institut/kompetenzfelder/system-dynamics/was-sind-ursache-wirkungsdiagramme/> (21.1.2019)
- Gatersleben, Birgitta; Uzzell, David (2007): Affective Appraisals of the Daily Commute: Comparing Perceptions of Drivers, Cyclists, Walkers, and Users of Public Transport. Environment and Behavior 39: 416.
- Gausemeier, Jürgen; Fink, Alexander & Schlake, Oliver (1995): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. München & Wien: Hanser.
- Geels, Frank W. (2011): The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. In: Environmental Innovation and Societal Transitions 1: 24-40.
- Geels, Frank W. (2012): A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. In: Journal of Transport Geography 24: 471-282.
- Gelegenheitsverkehrs-Gesetz (1996): Bundesgesetz über die nichtlinienmäßige gewerbsmäßige Beförderung von Personen mit Kraftfahrzeugen (Gelegenheitsverkehrs-Gesetz 1996 - GelverkG). Fassung vom 05.02.2019.
- Gertz, Carsten & Dörnemann, Martina (2016): Wirkungen des autonomen / fahrerlosen Fahrens in der Stadt. Entwicklung von Szenarien und Ableitung der Wirkungsketten. Freie Hansestadt Bremen.
- Gidofalvi, Gyözö; Herenyi, Gergely; Pedersen, Torben Bach (2008): Instant Social Ride-Sharing. Proceedings of the Fifteenth World Congress on Intelligent Transport Systems, Nov 16-20, 2008, New York, NY, USA, Intelligent Transportation Society of America: 8-16.
- Glasman, Laura R.; Albarracín, Dolores (2006): Forming Attitudes That Predict Future Behavior: A Meta-Analysis of the Attitude-Behavior Relation. Psychological Bulletin 132(5): 778–822.
- Gloor, Peter (2005): Swarm Creativity: Competitive Advantage Through Collaborative Innovation Networks, Oxford.
- Goodwin, Philip (1973): A Hypothesis of Constant Time Outlay on Travel, in: PTRC Summer Annual Meeting, University of Sussex, Warwick.
- Goulding, Ricky; Kamargianni, Maria (2018): The Mobility as a Service Maturity Index: Preparing the Cities for the Mobility as a Service Era. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria.

- Grigorescu, Sorin M., Glaab, Markus, Schlosser, Joachim (2018): KI für selbstfahrende Autos. Machine Learning. Artikel abrufbar unter: <https://www.industr.com/de/ki-fuer-selbstfahrende-autos-2303747> (12.08.2018).
- Groer, Stefan (2015): Klimaschutzaktivitäten deutscher Städte im Verkehrssektor. Eine vergleichende Fallstudie zu lokalen Einflussfaktoren und Motivationen. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- Gruber, Christian, J., Fucher, Stefan, Eisenberger, Iris, Sammer, Gerd, San Nicoló, Sophia (2018): Forschungsprojekt AUTO-NOM Analyse , Evaluierung und Anforderungen an innovative Anwendungen von autonomen Fahrzeugen aus verkehrspolitischer Sicht - Teil 1 : Verkehrliche Auswirkungen und verkehrspolitische Aussagen. Graz.
- Grudzen, Corita R., Anderson, Jana R., Carpenter, Christopher R., Hess, Erik P. (2016): The 2016 Academic Emergency Medicine Consensus Conference, Shared Decision Making in the Emergency Department: Development of a Policy-relevant Patient-centered Research Agenda May 10, 2016, New Orleans, LA. *Academic Emergency Medicine* 23(12): 1313-1319.
- Gruel, Wolfgang & Stanford, Joseph M. (2016): Assessing the Long-Term Effects of Autonomous Vehicles: A speculative approach. In: *Transportation Research Procedia* 13: 18-29.
- Grunwald, Armin (2015): Gesellschaftliche Risikokonstellationen für autonomes Fahren – Analyse, Einordnung und Bewertung. In: Maurer et al. (Hrsg.) 2015: 661-667.
- Gugg, Gilbert (2015): Organisation nicht kommerziellen Carsharings. Diplomarbeit, TU Wien.
- Gühnemann, Astrid, Pfaffenbichler, Paul, Shepherd, Simon, Emberger, Günter (2018): Simulating transport and societal effects of automated vehicles. 36th International Conference of the System Dynamics Society. Reykjavík, Island.
Abrufbar unter:
https://www.researchgate.net/publication/326989739_Simulating_transport_and_societal_effects_of_automated_vehicles (21.01.2019).
- Guide2Wear (2016): Final Report. Abrufbar unter: http://www.guide2wear.eu/wp-content/uploads/2016/12/G2W_FinalReport_final.pdf (31.07.2018)
- Habibovic, Azra, Andersson, Jonas, Lundgren, Victor M., Klingegard, Maria, Englund, Cristofer, Larsson, Sofia (2018): External Vehicle Interfaces for Communication with Other Road Users. In: Meyer, G. & Beiker, S. (Hg.): *Road Vehicle Automation* 5: 91-102.
- Hägerstrand, Torsten (1970): What about people in Regional Science? *Papers and Proceedings of the Regional Science Association* 24: 7-24.
- Halbesma, Sieds; van Binsbergen, Arjan & Lyons, Glenn (eds.) (2016): Source Document on Behaviour in Sustainable Mobility and Logistics. Synthesis of the position papers and discussion notes of the conference “Captain for one Day”, 26 and 28 September 2016, Rotterdam, The Netherlands.
- Haller, Reinhard, Emberger, Günter, Mayerthaler, Anna (2008): A System Dynamics Approach to Model Land-Use/Transport Interactions on the National Level. In: Schrenk, Manfred, Popovich, Vasily V., Engelke, Dirk, Elisei, Pierto (Hg.) *REAL CORP 2008 Proceedings Wien*: 537–546. Abrufbar unter: http://www.corp.at/archive/CORP2008_41.pdf. (18.01.2019).
- Hanika, Alexander (2010a): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2010-2030 mit Ausblick bis 2050 - Teil 1: Endbericht zur Bevölkerungsprognose. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), Statistik Austria.
- Hanika, Alexander (2010b): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2010-2030 mit Ausblick bis 2050 - Teil 3: Endbericht zu den Modellrechnungen zur regionalen Haushaltsentwicklung. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), Statistik Austria.
- Harms, Sylvia (2003): *Besitzen oder Teilen. Sozialwissenschaftliche Analyse des Car-Sharings*, Verlag Rüegger, Zürich.
- Hauger, Georg (2012): Kooperationsformen der öffentlichen und privaten Hand bei Verkehrsinfrastrukturen. Vortrag am 15.06.2012. Abrufbar unter:
http://www.ifip.tuwien.ac.at/veranstaltungen/jahrestagung_2012_unterlagen/IFIP_Tagung_2012_06_Hauger.pdf (14.08.2018).

- Hefner, Tomas; Götz, Konrad (2013): Mobilität älterer Menschen. State of the Art und Schlussfolgerungen für das Projekt COMPAGNO, ISOE-Diskussionspapier 36, Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt/Main.
- Heinfellner, Holger, Ibesich, Nick, Lichtblau, Günther, Stranner, Grudrun, Svehla-Stix, Sigrid, Vogel, Johanna, Wedler, Michael, Winter, Ralf (2018): Sachstandsbericht Mobilität - Mögliche Zielpfade zur Erreichung der Klimaziele 2050 mit dem Zwischenziel 2030. Wien: Umweltbundesamt.
- Heinrichs, Dirk (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer et al. (Hrsg.) (2015): 219-240.
- Heinrichs, Dirk; Rupprecht, Siegfried & Smith, Scott (2018): Making Automation Work for Cities: Impacts and Policy Responses. In: Meyer, Gereon & Beiker, Sven (Hrsg.): Road Vehicle Automation 5. Cham: Springer: 243-252.
- Heinze, G. Wolfgang (1979): Verkehr schafft Verkehr. In: Berichte zur Raumforschung und Raumplanung Heft 4/5: 9-32.
- Hell, Walter (2006): Öffentlicher Personennahverkehr. Herausforderungen und Chancen. Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung. Springer Verlag. Berlin. Heidelberg.
- Hering, Ekbert & Schönfelder, Gert (2012): Sensoren in Wissenschaft und Technik. Funktionsweise und Einsatzgebiete. Wiesbaden: Springer.
- Heß, Anne & Polst, Svenja (2017): Mobilität und Digitalisierung: Vier Zukunftsszenarien. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_LK_Mobilitaet-und-Digitalisierung__Vier-Zukunftsszenarien_2017.pdf (05.04.2018).
- Hoadley, Suzanne (Hrsg.) (2017): Mobility as a service: Implications for urban and regional transport. Discussion paper offering the perspective of Polis member cities and regions on Mobility as a Service (MaaS). Polis Traffic Efficiency & Mobility Working Group, September 2017. Abrufbar unter: https://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/polis-maas-discussion-paper-2017---final_.pdf (23.01.2019).
- Holmberg, Per-Erik, Collado, Magda, Sarasini, Steven, Willander, Mats (2016): Mobility as a service maas: Describing the framework. Report. Victoria Swedish ICT.
- Holz-Rau, Christian (2011): Verkehr und Verkehrswissenschaft. Verkehrspolitische Herausforderungen aus Sicht der Verkehrswissenschaft. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.) (2011): Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung. Wiesbaden: VS Springer: 115-139.
- Holz-Rau, Christian; Reutter, Ulrike & Scheiner, Joachim (Hrsg.) (2019): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklungen im Kontext des gesellschaftlichen Wandels. Forschungsberichte der ARL, Nr. XX. Hannover. Im Druck.
- Höroid, Stephan (2016): Instrumentarium zur Qualitätsevaluation von Mobilitätsinformation. Schriften zur Medienproduktion. Wiesbaden: Springer.
- Hunecke, Marcel (2015): Mobilitätsverhalten verstehen und verändern. Psychologische Beiträge zur interdisziplinären Mobilitätsforschung. Wiesbaden: Springer VS.
- InnoZ (2012): Trends 2030. Mobilität und Logistik. Begleitheft zum Innovationsworkshop der DB AG am 14./15. Juni im InnoZ. Berlin. Abrufbar unter: https://www.innoz.de/sites/default/files/2012_06_trends_2030_-_mobilitaet_und_logistik.pdf (07.04.2018).
- ITF (International Transport Forum) (2017): Open Data im Verkehr: Wie können private Anbieter und öffentliche Stellen beim Datenaustausch zusammenarbeiten? Podiumsdiskussion. Abrufbar unter: <https://2017.itf-oecd.org/de/open-data-im-verkehr-wie-k%C3%B6nnen-private-anbieter-und-%C3%B6ffentliche-stellen-beim-datenaustausch> (02.08.2018).
- ITS Austria (2018): digital : vernetzt : mobil. Arbeitsprogramm der ITS Austria.
- Jittrapirom, Peraphan, Caiati, Valeria, Feneri, Anna-Maria, Ebrahimigharehbaghi, Shima, Alonso-González, Maria J., Narayan, Jishnu (2017): Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. Urban Planning, 2(2): 13-25.
- Jonuschat, Helga; Knie, Andreas & Ruhrort, Lisa (2016): Zukunftsfenster in eine disruptive Mobilität. Teil 1. Mobilität in einer vernetzten Welt. Berlin: InnoZ – Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel.
- Joss, Simon (1998): Danish consensus conferences as a model of participatory technology assessment: An impact study of consensus conferences on Danish Parliament and Danish public debate. Science and Public Policy 25(1): 2-22.

- JPI Urban Europe (2014): Policy Paper – A Screening of Urban Megatrends. Abrufbar unter: <http://agendastad.nl/wp-content/uploads/2015/03/JPI-Urban-Europe-Policy-Paper-Screening-Urban-Megatrends.pdf> (12.11.2018).
- Jüriado, Rein & O'Reilly, Deirdre 2016: Major contextual trends that influence mobility and logistics behaviour. In: Halbesma et al. (eds.) (2016): 9-11.
- Kanger, Laur; Geels, Frank W.; Sovacool, Benjamin & Schot, Johan (2018): Technological diffusion as a process of societal embedding: Lessons from historical automobile transitions for future electric mobility. In: Transportation Research, Part D <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918303134> (26.01.2019).
- Karlsson, Marianne; Sochor, Jana; Aapaoja, Aki; Eckhardt, Jenni; König, David (2017): Deliverable Nr 4 – Impact Assessment (MAASiFiE project funded by CEDR). Abrufbar unter: http://www.vtt.fi/sites/maasifie/fi/PublishingImages/tulokset/CEDR_Mobility_MAASIFIE_Deliverabl_4_Revised_Final.pdf (31.07.2018)
- Kaufman, Sarah M.; Gordon-Koven, Lly; Levenson, Nolan; Moss, Mitchell L. (2015): Citi Bike: The First Two Years. New York: Rudin Center for Transportation, Robert. F. Wagner School of Public Service, New York University, June 2015.
- Kaup, Gerd (2013): Ökonomie des Teilens. 15 Nutzungsgemeinschaften im Überblick. AK Steiermark, Österreich.
- Kernhoff, Jürgen, Leuckfeld, Jan, Tavano, Guiseppe (2018): LiDAR-Sensorsystem für automatisiertes und autonomes Fahren. In: Tille, T. (Hg.): Automobil-Sensorik 2. Systeme, Technologien und Applikationen. Heidelberg: Springer Vieweg: 29-54.
- Kieslinger, Michael (2017): Bausteine für „Mobility as a Service“ – Maas. Abrufbar unter: <http://www.gsv.co.at/wp-content/uploads/2017%2010%2006%20Kieslinger.pdf> (12.02.2019).
- KIRAS (2018): Cybersicherheit für Verkehrsinfrastruktur- und Straßenbetreiber (CySiVuS). Projektbeschreibung. Abrufbar unter: <https://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/d/cybersicherheit-fuer-verkehrsinfrastruktur-und-strassenbetreiber-cysivus/>
- Kirchbeck, Benjamin (2018): Automatisiertes Fahren – KI und neuronale Netze für menschliche Stärken im Kfz. Online Artikel, Next-mobility.news. Fachwissen für die Mobilität von morgen. Abrufbar unter: <https://www.next-mobility.news/automatisiertes-fahren-ki-und-neuronale-netze-fuer-menschliche-staerken-im-kfz-a-723035/> (12.08.2018).
- Kirchberger, Christoph, Berger, Martin, Zech, Sybilla, Hirschler, Petra (2017): Transfer von Methoden der Aktionsforschung für urbane Mobilitätslabore am Beispiel von Mobilitätsexpedition. Tagungsband REAL CORP 2017. S. 587-597.
- Kittler, Wolfgang (2010): Beeinflussung der Zeitwahl von ÖPNV-Nutzern. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- Klimabündnis Österreich (2016): Mobilität. Leitfaden Klimaschutz in den Gemeinden. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Abrufbar unter: https://www.klimabuendnis.at/images/doku/5_kbu_lf_mobilitaet.pdf (02.08.2018).
- Klimabündnis Österreich (2018): Weglänge und Wegdauer II. Weglänge und die Wegdauer absolut und relative Veränderung seit 1995. Abrufbar unter: <https://www.klimabuendnis.at/teil-2/tagesweglaenge-und-tageswegdauer> (08.08.2018)
- Klonne, Marcus (2008): Methodik und Prozessgestaltung strategischer kommunaler Verkehrsplanungen. Anwendungsmöglichkeiten von systemdynamischen Modellen zur Bewertung kommunaler Verkehrsstrategien in der Planungspraxis. Dissertation. RWTH Aachen.
- Köllner, Christiane (2016): Wie Anthropologen das automatisierte Fahren vorwärts treiben. Automatisiertes Fahren | Im Fokus | Onlineartikel, VS Springer. Abrufbar unter: <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/ergonomie---hmi/wie-anthropologen-das-automatisierte-fahren-vorwaerts-treiben/10679236> (25.07.2018).
- Köllner, Christiane (2017a): Das große Geschäft mit selbstlernenden Automobilen. Automatisiertes Fahren | Im Fokus | Onlineartikel, VS Springer. Abrufbar unter: <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/automobilelektronik---software/das-grosse-geschaeft-mit-selbstlernenden-automobilen/15146000> (12.08.2018).

- Köllner, Christiane (2017b): Autonomer Ford Transit Connect spricht mit Lichtsignalen. Automatisiertes Fahren | Nachricht | Onlineartikel, VS Springer. Abrufbar unter: <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/ergonomie---hmi/autonomer-ford-transit-connect-spricht-mit-lichtsignalen/15098710> (25.07.2018).
- Kollosche, Ingo & Schwedes, Oliver (2016): Mobilität im Wandel. Transformationen und Entwicklungen im Personenverkehr. In: *Wiso Diskurs* 14/2016. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Kominos, Nicos (2008): *Intelligent Cities and Globalisation of Innovation Networks*, London/ New York.
- Kraftfahrliengesetz (1999): Bundesgesetz über die linienmäßige Beförderung von Personen mit Kraftfahrzeugen. Fassung vom 31.01.2019.
- Krail, Michael, Hellekes, Jens, Schneider, Uta, Dütschke, Elisabeth, Schellert, Maximilian, Rüdiger, David, Steindl, Alina, Luchman, Inga, Waßmuth, Volker, Flämig, Heike, Schade, Wolfgang, Mader, Simon (2019) Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr. Karlsruhe. Abrufbar unter: <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2019/energie-treibhausgaswirkungen-vernetztes-fahren.pdf> (23.03.2019).
- Krutzler, Thomas, Zechmeister, Andreas, Stranner, Gudrun, Wiesenberger, Herbert, Gallauner, Thomas, Gössl, Michael, Heller, Christian, Heinfellner, Holger, Ibesich, Nikolaus, Lichtblau, Günther, Schieder, Wolfgang, Schneider, Jürgen, Schindler, Ilse, Storch, Alexander, Winter, Ralf (2017): Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050. Wien: Umweltbundesamt.
- Kuemmerling, Moritz; Heilmann, Christian; Meixner, Gerrit (2013): Towards Seamless Mobility: Individual Mobility Profiles to Ease the Use of Shared Vehicles. 12th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems August 11-15, 2013. Las Vegas, NV, USA: 450-454.
- Kuhnimhof, Tobias; Schnittger, Stephan (2009): Der Längsschnitt. Eine neue Dimension in der mikroskopischen Verkehrsmodellierung eröffnet neue Möglichkeiten. In: Institut für Verkehrswesen (Hrsg.) (2009): *Mobiles Leben*. Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Dirk Zumkeller. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe: 33-49.
- Kytir, Josef, Biffl, Gudrun, Wisbauer, Alexander (2010): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2010-2030 mit Ausblick bis 2050- Teil 2 Endbericht zur Erwerbsprognose. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), Statistik Austria.
- Laborda, Josep (2017): Blockchain Enabling Mobility-as-a-Service (MaaS). Abrufbar unter: <https://disruptionhub.com/blockchain-enabling-mobility-service-maas/> (14.08.2018)
- Laird, Frank N. (1993): Participatory Analysis, Democracy, and Technological Decision Making. *Science, Technology & Human Values* 18(3): 341-361.
- Land Kärnten (2018): Mobilitäts-Masterplan Kärnten 2035. Abrufbar unter: https://www.ktn.gv.at/306878_DE%2dMoMaK%2035%2dVision%2035 (30.10.2018).
- Land Vorarlberg (2018): Entwurf zum Raumbild Vorarlberg 2030. Abrufbar unter: http://www.vorarlberg.at/pdf/raumbild_begutachtungsent.pdf (30.10.2018).
- Landeshauptstadt München (2017): Zukunftsschau München 2040+. Ergebnisse eines Szenario-Prozesses. Abrufbar unter: https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr/LHM_Zukunftsschau_Web_01-1.pdf (14.11.2018).
- Lange Kirsten (2008): Nicht ohne mein Auto. In: *Fairkehr* 6/2008. Bonn: VCD.
- Langhagen-Rohrbach, Christian (2007): Verkehrsinfrastruktur und Public-Private Partnership. *RuR* 6/2007, 539-545. Abrufbar unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF03183906.pdf> (14.08.2018).
- Lemmer, Karsten (Hrsg.) (2015): *Neue autoMobilität: Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft*. acatech Studie.
- Lenz, Barbara & Fraedrich, Eva (2015): *Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung*. In: Maurer et al. (Hrsg.) (2015): 175-196.
- Li, Yanwei; Taihagh, Araz & Jong, Martin de (2018): The Governance of Risks in Ridesharing: A Revelatory Case from Singapore. *Energies Journal*, 11: 1-21.

- Li, Yanying; Voegelé, Tom (2017): Mobility as a Service (MaaS): challenges of implementation and policy required. *Journal of transportation technologies*, 7(2): 95-106.
- Liang, Xiao; Correia, Gonçalo; Van Arem, Bart (2016): Optimizing the service area and trip selection of an electric automated taxi system used for the last mile of train trips. In: *Transportation Research Part E* 93. 115-129.
- Liu, Jiani (2018): Public Transport Subsidy in AV-Systems. Masterarbeit. ETH Zürich.
- Lund, Emma (2017): Mobility as a service – what is it, and which problems could it solve? Abrufbar unter: http://en.trivector.se/fileadmin/user_upload/Traffic/Whitepapers/Mobility_as_a_Service.pdf (31.07.2018)
- MaaS Alliance (2017): Guidelines & Recommendations to create the foundations for a thriving MaaS Ecosystem. White Paper. Abrufbar unter: https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2017/09/MaaS-WhitePaper_final_040917-2.pdf (31.07.2018)
- Mann, Eleanor; Abraham, Charles (2006): The role of affect in UK commuters' travel mode choices: An interpretative phenomenological analysis. *British Journal of Psychology*, 97: 155-176.
- Martin, Elliot & Shaheen, Susan (2016): Impacts of car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: An Analysis of Five North American Cities, Working Paper. Berkeley, USA.
- Matthes, Gesa, Gertz, Carsten (2014): Raumtypen für Fragestellungen der handlungstheoretisch orientierten Personenverkehrsforschung. ECTL Working Paper 45, Institut für Verkehrsplanung und Logistik, Technische Universität Hamburg.
- Maurer, Markus; Gerdes J. Christian; Lenz, Barbara & Winner, Herrmann (Hg.) (2015): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Heidelberg et al.: Springer.
- Mayerthaler, Anna (2009): Policy scenario modelling with the land-use transport interaction model MARS Austria. 27th International Conference of The System Dynamics Society. Albuquerque, USA.
- Mayerthaler, Anna (2013): Reducing CO2 emissions in the passenger transport sector in Austria - a modelling approach with MARS Austria. Technische Universität Wien.
- Mayerthaler, Anna, Haller, Reinhard, Emberger, Günter (2009a): A Land-Use/Transport interaction model for Austria. 27th International Conference of The System Dynamics Society. Albuquerque, USA.
- Mayerthaler, Anna, Haller, Reinhard, Emberger, Günter (2009b): Modeling land-use and transport at a national scale - the MARS Austria model. 49th European Congress of the Regional Science Association International - Territorial Cohesion of Europe and Integrative Planning. Lodz, Polen.
- Mayntz, Renate & Scharpf, Fritz W. (1995): Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. In: R. Mayntz & F.W. Scharpf (Hg.): *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt am Main & New York: Campus: 39-72.
- McAfee (2018): Today's Connected Cars Vulnerable to Hacking, Malware. Abrufbar unter: <https://securingtomorrow.mcafee.com/other-blogs/mcafee-labs/todays-connected-cars-vulnerable-hacking-malware/> (31.01.2018)
- McKinsey&Company (2016): Automotive revolution – perspective towards 2030. Abrufbar unter: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/high%20tech/our%20insights/disruptive%20trends%20that%20will%20transform%20the%20auto%20industry/auto%202030%20report%20jan%202016.ashx> (19.01.2019).
- Mehlhorn, Gerhard (2011): *Verkehr Straße, Schiene, Luft*. Ernst & Sohn Verlag.
- Mehta, Dev; Schreiber, Kathrin (2017): *Artificial Intelligence*. Statista Report 2017.
- Meyer, Uli (2016): Forschungsförderung, Verkehrspolitik und Legitimität: Die Folgen heterogener Rationalitäten in politischen Prozessen. In: In: Schwedes, Oliver; Canzler, Weert; Knie, Andreas (Hrsg.) (2016): *Handbuch Verkehrspolitik*. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS: 601-623

- Milakis, Dimitris, Van Arem, Bart, Van Wee, Bert (2017): Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems* 21(4): 324–348.
- Milakis, Dimitris; Snelder, Maaïke; van Arem, Bart; van Wee, Bart & Homem de Almeida Correia, Gonçalo (2017): Development and transport implications of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. In: *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 17 (1): 63-85.
- Mitteregger, Mathias, Bruck, Emilia, M.; Soteropoulos, Aggelos; Stickler, Andrea ; Berger, Martin; Dangschat, Jens S. & Scheuven, Rudolf (2019): AVENUE21 - Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa. Wien: TU Wien Academic Press (im Druck).
- Mitterer, Karoline & Hochholdingner, Nikola (2016): Finanzierungsströme im städtischen ÖPNV. Finanzierungsverflechtungen und Finanzierungslücken. Bericht 24. Mai 2016. KDZ Zentrum für Verwaltungsforschung.
- Mitterer, Karoline, Haindl, Anita, Hochholdingner, Nikola, Schantl, Alexandra, Valenta, Andreas (2016): Stadtreionaler öffentlicher Verkehr. Organisation, Steuerung und Finanzierung im stadtreionalen öffentlichen Verkehr am Beispiel der Landeshauptstadt-Stadtreionen. KDZ-Zentrum für Verwaltungsforschung. Wien.
- Mozdehi Nasrollah (2015): Stadtquartiersform und Mobilitätsverhalten. Eine Untersuchung am Beispiel von Maschhad/Iran. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- Müller-Jentsch, Daniel (2013): Mobility Pricing: Wege zur Kostenwahrheit im Verkehr. Anreize für eine kostengünstige, staufreie und intelligente Verkehrssteuerung. Diskussionspapier. Avenir Suisse. Abrufbar unter: <https://www.avenir-suisse.ch/files/2001/01/Mobility-Pricing-Wege-zur-Kostenwahrheit-im-Verkehr.pdf#viewer.action=download> (02.08.2018).
- Müller, Andreas, Redl, Christian, Haas, Reinhard, Türk, Andreas, Liebmann, Lukas, Steininger, Karl W., Brezina, Tadej, Mayerthaler, Anna, Schopf, Josef M., Werner, Andreas, Kreuzer, Daniel, Steiner, Armin, Mollay, Ursula, Neugebauer, Wolfgang (2012): Energy Investment Strategies And Long Term Emission Reduction Needs - Projektendbericht. Wien. Abrufbar unter: https://www.fvv.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-verkehrsplanung/News/EISERN/müller-2012_EISERN-Endbericht.pdf (17.01.2019).
- Nielsen, Annika, Hansen, Janus, Skorupinski, Barbara, Ingensiep, Hans-Werner, Baranzke, Heike, Lassen, Jesper, Sandoe, Peter (2006): Consensus Conference. Manual. The Hague.
- Nielsen, Jesper Riber; Hovmøller, Harald; Blyth, Pascale-L.; Sovacool, Benjamin K. (2015): Of “white crows” and “cash savers:” A qualitative study of travel behavior and perceptions of ridesharing in Denmark. *Transportation Research Part A* 78: 113–123.
- Obregon, Itzle (2017): Promoting and measuring ecomobily in cities. Abrufbar unter: https://www.urban-pathways.org/uploads/4/8/9/5/48950199/20171012_itzelobregon_presentation_urban_pathways_berlin_v1.pdf (28.02.2019)
- OECD (2016): Cooperative Mobility Systems and Automated Driving. International Transport Forum. Roundtable 167.
- OECD (2017): Automation of the Driving Task. Some possible consequences and governance challenges. International Transport Forum. Discussion Paper 2017 – 07.
- Öffentliches Personennah- und Regionalverkehrsgesetz (1999): Bundesgesetz über die Ordnung des öffentlichen Personennah- und Regionalverkehrs. Fassung vom 31.01.2019.
- Ohnemus, Michael & Perl, Anthony (2016): Shared Autonomous Vehicles: Catalyst of New Mobility for the Last Mile? *Build Environment*, Volume 42 (4): 589-602.
- Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie) (2014): Konventionelle und alternative Fahrzeugtechnologien bei Pkw und schweren Nutzfahrzeugen – Potenziale zur Minderung des Energieverbrauchs bis 2050. Working Paper 3/2014. Abrufbar unter: <https://www.oeko.de/oekodoc/2105/2014-662-de.pdf> (26.07.2018).
- Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) (2018): Förderschwerpunkt Automatisiertes Fahren. Überblick über die aktuellen Ausschreibungen. Abrufbar unter: <https://www.ffg.at/automatisiertesfahren> (09.08.2018).
- Owyang, Jeremiah, Samuel, Alexandra und Grenville, Andrew (2014): Sharing is the new buying: How to win in the collaborative economy. Vancouver: Vision Critical/Crowd Companies.

- Paden, Brian, Čáp, Michal, Yong, Sze Zheng, Yershov, D., Frazzoli, Emilio (2016): A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles 1(1): 33-55.
- Peistrup, Matthias (2006): Der finanz-, umwelt- und verkehrspolitische Rahmen: Womit kann oder muss der ÖPNV rechnen? , in: ifmo (Hrsg.): Öffentlicher Personennahverkehr – Herausforderungen und Chancen, Berlin: 21-29
- Perret, Fabienne; Bruns, Frank; Raymann, Lorenz; Hofmann, Simon; Fischer, Remo; Abegg, Christoph; de Haan, Peter; Straumann, Ralph; Heuel, Stephan; Deublein, Markus & Willi, Christian (2017). Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz. Zürich: EBP. Basler Fonds.
- Pfaffenbichler, Paul (2003): The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) - Development, testing and application. Technische Universität Wien.
- Pfaffenbichler, Paul (2008): MARS - Metropolitan Activity Relocation Simulator - A Systems Dynamics based Land Use and Transport Interaction Model. Saarbrücken: Verlag Dr. Mueller.
- Pfaffenbichler, Paul (2018a): Automatisiertes Fahren - Revolution oder Evolution? XV Kfz-Symposium. Steyr, Österreich. Abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/323583714_Automatisiertes_Fahren_-_Revolution_oder_Evolution (12.02.2019).
- Pfaffenbichler, Paul (2018b): ÖPNV und automatisiertes Fahren – Einfluss verschiedener Szenarien auf den Marktanteil. 16. Wiener Eisenbahnkolloquium - ÖPNV im Umbruch. Wien: Eigenverlag des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik (OVE).
- Pfaffenbichler, Paul & Gühneemann, Astrid (2018): System Dynamics als Methode zur interdisziplinären Analyse raumbezogener Planungen. 16. Departmentversammlung und Klausur zur Forschung des Departments für Raum Landschaft, und Infrastruktur. Wien. Abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/328137477_System_Dynamics_als_Methode_zur_interdisziplinaren_Analyse_aumbezogener_Planungen (17.01.2019).
- Phleps, Peter, Feige, Irene, Zapp, Kerstin (2015): Die Zukunft der Mobilität. Szenarien für Deutschland in 2035. Berlin: Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung.
- Plank, Leonard (2017): PPP: Pushing Private Profits. Abrufbar unter: <https://awblog.at/ppp-pushing-private-profits/> (14.08.2018).
- Pöchlhacker (2017). Künstliche Intelligenz – Artificial Intelligence. Studie im Auftrag des bmvit. Wien.
- POLIS (European Cities and Regions Networking for Innovative Transport Solutions) (2018): Road vehicle automation and cities and regions. Discussion paper: Brussels.
- Priddat, Birger P. (2015): Share Economy: mehr Markt als Gemeinschaft. In: Wirtschaftsdienst: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 95 (2): 98-101.
- PTV – Planung Transport Verkehr AG (2007): Leitfaden: Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung langfristiger Strategien in der kommunalen Verkehrsplanung. Karlsruhe.
- Puwein, Wilfried; Weingärtler, Michael (2010): Public Private Partnerships in Österreich. Aktuelle Bestandsanalyse und Trends. WIFO MONATSBERICHTE 11/2010, 899-911. Abrufbar unter: https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=40787&mime_type=application/pdf (14.08.2018).
- PwC (PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft) (2011): Charging forwards: Electric vehicle survey. USA.
- PwC (PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft) (2012): Elektromobilität – Normen bringen die Zukunft in Fahrt. Erstellt im Auftrag des DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.). Abrufbar unter: https://e-connected.at/userfiles/PwC_Elektromobilitaet_2012.pdf (26.07.2018).

- PwC (PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft), Fraunhofer IAO (2010): Elektromobilität. Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand. Frankfurt am Main.
- Rabel, Dietmar (2016): Basis der Automatisierung. Präzise, dynamische Echtzeitkarten und menschliches Fahrverhalten. ATZ elektronik 04/2016, 11. Jahrgang: 44-49.
- Radarplus (2018): Reiseassistenzsystem für dynamische Umgebungen auf der Basis von Augmented Reality. Abrufbar unter: <https://www.radarplus.de/> (01.08.2018)
- Rammler, Stephan (2011): Am Ende der Mobilität wie wir sie kennen – Mobilitätspolitik als Gesellschaftspolitik. Im Fokus, spw 3.
- Rief, Norbert (2015): Wo sind die 250.000 Elektroautos? Artikel Die Presse, abrufbar unter: <https://diepresse.com/home/wirtschaft/energie/4634923/Wo-sind-die-250000-Elektroautos> (14.08.2018).
- Ritz, Johannes (2018): Mobilitätswende – autonome Autos erobern unsere Straßen. Ressourcenverbrauch, Ökonomie und Sicherheit. Wiesbaden: Springer.
- Roth, Nadine (2009): Wirkungen des Mobility Pricing. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- Roth, Nadine (2009): Wirkungen des Mobility Pricing. Dissertation, Technische Universität Darmstadt.
- Runge, Diana. 2005. Mobilitätsarmut in Deutschland. In: Schriften des Fachgebietes Integrierte Verkehrsplanung des Institutes für Land- und Seeverkehr an der Technischen Universität Berlin. IVP-Schriften, Bd. 6. Berlin: TU Berlin.
- SAE (Society of Automotive Engineers) International (2018): Surface vehicles recommended practice. J3016. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Warrendale. SAE.
- Salonen, Arto O. & Haavisto, Noora (2019): Towards Autonomous Transportation. Passengers' Experiences, Perceptions and Feelings in a Driverless Shuttle Bus in Finland. Sustainability 11 (588): 1-19.
- Sänn, Alexander, Richter, Stefan, Fraunholz, Christian K. (2017): Car-to-X als Basis organisationaler Transformation und neuer Mobilitätsdienstleistungen. Wirtschaftsinformatik & Management 5/2017: 60-71.
- Schachtschneider, Ulrich (2009): Green New Deal – Sackgasse und sonst nichts? Standpunkte 17/2009
- Schmittner, Christoph, Latzenhofer, Martin, Magdy, Shaaban A., Hofer, Markus (2018): A Proposal for a Comprehensive Automotive Cybersecurity Reference Architecture. VEHICULAR 2018, The Seventh International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications.
- Schmucki, Barbara (2001): Der Traum vom Verkehrsfluss. Städtische Verkehrsplanung seit 1945 im deutsch-deutschen Vergleich. Frankfurt a. M./New York.
- Schneidewind, Uwe (2014): Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschungswerkstatt. Planung neu Denken PnD Magazin. Online: III.
- Schnieder Eckehard & Schnieder, Lars (2013): Verkehrssicherheit. Maße und Modelle, Methoden und Maßnahmen für den Straßen- und Schienenverkehr. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Scholl, Gerd, Gossen, Maike, Grubbe, Magnus, Brumbauer, Tanja (2013): Alternative Nutzungskonzepte – Sharing, Leasing und Wiederverwendung. Berlin.
- Schreurs, Miranda A. & Steuwer, Sibyl D. (2015): Autonomous driving – political, legal, social and sustainability dimensions. In: Maurer et al. (Hg.) (2015): 151-174.
- Schwedes, Oliver (2016): Verkehrspolitik: Ein problemorientierter Überblick. In: Schwedes, Oliver; Canzler, Weert; Knie, Andreas (Hrsg.) (2016): Handbuch Verkehrspolitik. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS: 3-31.

- Seebauer, Sebastian; Berger, Martin; Lederer-Hutsteiner, Thomas; Heier, Anke; Hinterreiter, Regina (2010): INFO-EFFECT. Zielgruppenspezifische Wirkungen von multimodalen Verkehrsinformationen auf individuelles Verkehrsverhalten Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Graz-Wien.
- Seider, Christian; Schmitz, Peter (2017): Cyber-Sicherheit für das vernetzte Auto. Security-Prognosen 2018. Abrufbar unter: <https://www.security-insider.de/cyber-sicherheit-fuer-das-vernetzte-auto-a-671961/> (25.07.2018)
- Shaheen, Susan; Chan, Nelson (2016): Mobility and the Sharing Economy: Potential to Facilitate the First- and Last-Mile Public Transit Connections. *Built Environment* 42(4): 573-588.
- Shaheen, Susan; Martin, Elliot; Chan, Nelson; Cohen, Adam; Pogodzinski, Mike (2014): Public Bikesharing in North America During a Period of Rapid Expansion: Understanding Business Models, Industry Trends and User Impacts. Report 12-29. San Jose, CA: Mineta Transportation Institute.
- Shaheen, Susan; Martin, Elliot; Cohen, Adam (2012): Public Bikesharing in North America: Early Operator and User Understanding. Report 11-26. San Jose, CA: Mineta Transportation Institute.
- Shaheen, Susan; Zhang, Hua; Martin, Elliot; Guzman, Stacey (2011): China's Hangzhou public bicycle: understanding early adoption and behavioral response to bikesharing. *Transportation Research Record* 2247: 33–41.
- Shibayama, Takeru; Lemmerer, Helmut; Winder, Manuela; Pfaffenbichler, Paul (2013): Cooperative car sharing in small cities and scarcely populated rural area - an experiment in Austria. Workshop 7. Innovative Finance for Innovative Public Transport.
- Sieber, Mark; Stoiber, Thomas; Haefeli, Ueli & Matti, Daniel (2015): Forschungspaket Verkehr der Zukunft (2060): Initialprojekt. Forschungsprojekt SVI 2011/021.
- Siedentop, Stefan & Hesse, Markus (2005): Mobilität im suburbanen Raum. Neue verkehrliche und raumordnerische Implikationen des räumlichen Strukturwandels. Abschlussbericht. Forschungsvorhaben 70.716 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW), Forschungsprogramm Stadtverkehr. Dresden.
- SINUS Markt- und Sozialforschung (2016): SINUS Trendforschung. Abrufbar unter: <http://www.sinus-institut.de/sinus-loesungen/sinus-trendforschung/> (31.03.2018).
- Smith, Göran; Sochor, Jana; Karlsson, Marianne (2017): Mobility as a Service: Implications for future mainstream public transport. 15th International Conference Series on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (Thredbo), Stockholm, August 13-17, 2017
- Sochor, Jana, Karlsson, Marianne., Strömberg, Helena (2016): Trying Out Mobility as a Service: Experiences from a Field Trial and Implications for Understanding Demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2542: 57-64.
- Sochor, Jana; Arby, Hans; Karlsson, Marianne; Sarasini, Steven (2017): A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals. *ICoMaaS 2017 Proceedings*, 187-208. Abrufbar unter: http://www.tut.fi/verne/aaineisto/ICoMaaS_Proceedings_S6.pdf (31.07.2018)
- Sommer, Carsten (2016): Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen. Planungsleitfaden für Handlungsmöglichkeiten von ÖPNV-Aufgabenträgern und Verkehrsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte flexibler Bedienungsformen.
- Sommer, Carsten (2018): Neue Angebote für den ländlichen Raum. Präsentation im Rahmen der Veranstaltung „Zentralitäten 4.0 – Mittelzentren im Zeitalter der Digitalisierung?“. 22. November 2018, Kassel.
- Soteropoulos, Aggelos, Berger, Martin, Ciari, Francesco (2019): Impacts of automated vehicles on travel behavior and land use: an international review of modelling studies. *Transport Reviews* 39(1): 29-49.
- Soteropoulos, Aggelos, Mitteregger, Mathias, Bröthaler, Johann (2018): Der Individualverkehr der Zukunft: Fiskalische Effekte von Automatisierung, Vernetzung und Elektrifizierung" In: Suitner, Johannes, Dangschat Jens S., Giffinger, Rudolf (Hg.): Die digitale Transformation von Stadt, Raum und Gesellschaft. Wien: NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag. 97-112.

- Spitzer, Wolfgang (2007): Zersiedelung – Quantifizierung eines mehrdimensionalen Begriffs. Magisterarbeit. Universität Salzburg.
- Stadt Stockholm (2012): Urban Mobility Strategy. Stockholm.
- Stadt Wien (2014): Fachkonzept Mobilität STEP Wien 2025. Abrufbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008390b.pdf> (30.10.2018).
- Stadt Wien (2015): STEP 2025. Fachkonzept Mobilität. Wien.
- Steding, Dirk; Herrmann, Annett; Lange, Manfred (2004): Carsharing – sozialinnovativ und kulturell selektiv? Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen Mobilität. Zentrum für Umweltforschung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, UFO-Berichte, Band 5.
- Steg, Linda (2005): Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use. *Transportation Research-A*, 39, 2/3: 147-162.
- Steg, Linda; Vlek, Charles; Slotergraf, Goos (2001): Instrumental-reasoned and symbolic affective motives for using a motor car. *Transportation Research Part F* 4: 151-169.
- Stern, Paul C.; Dietz, T.; Abel, Troy; Guagnano, Gregory A.; Kalof, Linda (1999): A value belief norm theory of support for social movements: the case of environmentalism. *Human Ecology Review* 6: 81-97.
- Stilgoe, Jack; Owen, Richard & Macnaghten, Phil (2013): Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy* 42 (9): 1568-1580.
- STRIA (Strategic Transport Research and Innovation Agenda) (2016): Roadmap on Connected and Automated Transport.
- Strijbosch, Willem (2017): Mit hochpräzisen HD-Karten wird autonomes Fahren machbar. *Elektronikpraxis. Sonderausgabe Automotive & Transportation*. Oktober 2017: 34-36.
- Suitner, Johannes; Dangschat, Jens S. & Giffinger, Rudolf (Hrsg.) (2018): Digitalisierung – Herausforderungen für die Raumplanung. *Jahrbuch des Departments für Raumplanung der TU Wien 2018*. Wien & Graz: neuer wissenschaftlicher Verlag.
- Taeihagh, Araz & Lim, Hazel Si Min (2018): Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transport Reviews* 39(1): Long Term Implications of Automated Vehicles: 103-128.
- Thrun, Sebastian (2010): Toward Robotic Cars. *Communications of the ACM* 53(4): 99-106.
- Tillema, Taede; Baveling, Jaco; Gelauff, George; van der Waard, Jan; Harms, Lucas & Derriks, Harry (2015): Driver at the wheel? Self-driving vehicles and the traffic and transport system of the future. Den Haag: KiM. Netherlands Institute for Transport Policy Analysis.
- Townsend, Anthony (2014): Re-Programming Mobility. The Digital Transformation of Transportation in the United States. Wagner Rudin Center for Transportation Policy & Management. New York: New York University.
- Trommer, Stefan; Kolarova, Viktoriya; Fraedrich, Eva; Kröger, Lars; Kickhöfer, Benjamin; Kuhnimhof, Tobias; Lenz, Barbara & Phleps, Peter (2016): Autonomous Driving. The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. Berlin: Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung.
- Tsay, Shin-pei; Accuardi, Zak (2016): Private Mobility, Public Interest - How public agencies can work with emerging mobility providers. New York: Transitcenter. Abrufbar unter: <http://transitcenter.org/publications/private-mobility-public-interest/> (31.07.2018).
- Uday, Singh, Jenitha, B.V., Tare, Nandini (2017): Impact of autonomous vehicles on public transport sector. KPMG.
- UITP – International Association of Public Transport (2017): Policy Brief. Autonomous Vehicles: A potential game changer for urban mobility. Abrufbar unter: https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/PolicyBrief_Autonomous_Vehicles_LQ_20160116.pdf (31.01.2019).

Umweltbundesamt (Hg.) (2012): Elektromobilität in Österreich. Determinanten für die Kaufentscheidung von alternativ betriebenen Fahrzeugen: Ein diskretes Entscheidungsexperiment. Reports, Bd. REP-0398. Umweltbundesamt, Wien. Abrufbar unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0398.pdf> (14.08.2018).

Umweltbundesamt (Hg.) (2015): Szenarien zur Entwicklung der Elektromobilität in Österreich bis 2020 und Vorschau 2030. Update 2014. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Umweltbundesamt (UBA) 2015: Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung, Dessau Roßlau. Abrufbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_30_2015_postfossile_energieversorgungsoptionen.pdf (18.07.2018).

UN-ECE United Nations Economic and Social Council (2018): Revised draft resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic. ECE/TRANS/WP.1/2018/4/Rev. 2.

van Sassen, Wiegand (2007): Öffentlicher Personennahverkehr - staatlich oder privat ? Universität Trier. Abrufbar unter: <https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb4/prof/VWL/SUR/Lehre/WS0607/SeminarInfrastruktur/privat/Leistungsnachweise/HA/vonSassen.pdf> (02.08.2018).

van Wee, Bert; Annema, Jan Anne; Banister, David (Hg.) (2013): The transport system and transport policy: An introduction. London.

VCÖ (Hrsg.): Soziale Aspekte von Mobilität. (VCÖ Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“ 1/2009). Wien 2009.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2015): Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. VDA Magazin. Berlin.

VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Positionspapier. November 2015.

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (VBW) (2016): Position Automatisiertes Fahren – Infrastruktur. Abrufbar unter: <https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2016/Downloads/160418-Automatisiertes-Fahren-Infrastruktur.pdf> (09.08.2018).

verkehrplus (Prognose, Planung und Strategieberatung; MJ Landschaftsplanung e. U.) (2014): net(t)ride – Optimierung von Ridesharing mittels Sozialer Netzwerke. Endbericht. Projekt gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT).

Von Mörner, Moritz (2018): Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum. Dissertation. TU Darmstadt.

Wadud, Zia, MacKenzie, Don, Leiby, Paul (2016): Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. Transportation Research Part A: Policy and Practice 86: 1-18.

Wagner, Harry & Kabel, Stefanie (2018): Digitalisierung – Motor für innovative Geschäftsmodelle im Umfeld des hochautomatisierten Fahrens. In: Fend L. & Hofmann, J. (Hrsg.): Digitalisierung in Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen. Wiesbaden: Springer.

Wahlster, Wolfgang (2017): Autonome Systeme: Grundlagen für das selbstfahrende Auto. Vortrag im Rahmen der Vorlesungsreihe „Künstliche Intelligenz für den Menschen: Digitalisierung mit Verstand“ am 16. Mai 2017 in Mainz. Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz.

Walsh, Bryan (2011): Today's Smart Choice: Don't Own. Share. Time International, Atlantic ed., March 28.

Walther, Klaus (1991): Maßnahmenreagibler Modal-Split für den städtischen Personenverkehr - Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung. Aachen: Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

Walther, Klaus, Oetting, Andreas, Vallée, Dirk (1997): Simultane Modellstruktur für die Personenverkehrsplanung auf der Basis eines neuen Verkehrswiderstands. Aachen.

- WBCSD - World Business Council for Sustainable Development (2015): Methodology and indicator calculation method for sustainable urban mobility. Sustainable Mobility Project 2.0. Abrufbar unter: http://wbcsdpublications.org/wp-content/uploads/2016/01/SMP2.0_Sustainable-Mobility (31.01.2019)
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“) (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation – Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“) (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte – Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- Weidmann, Ulrich, Dorbitz, Robert, Orth, Hermann, Scherer, Milena, Spacek, Peter (2011): Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen. Schweizerischer Verband der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI).
- Weikl, Simone; Bogenberger, Klaus (2013): Relocation Strategies and Algorithms for Free-Floating Car Sharing Systems. IEEE Intelligent transportation systems magazine, Winter 2013: 100-111.
- Weimar-Jehle, Wolfgang (2018): ScenarioWizard 4.3. Programm zur qualitativen System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact Bilanzanalyse (CIB). Bedienungsanleitung. Abrufbar unter: http://www.cross-impact.de/Ressourcen/ScenarioWizard_Manual_dt.pdf (31.07.2018).
- Welfens, Paul J.J. (2009): Grundlagen der Wirtschaftspolitik. 4. Aufl. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Werner, Jan (2006): Reform zur Marköffnung im Nahverkehr, in: ifmo (Hrsg.): ÖPNV – Herausforderungen und Chancen, Berlin: 3-20.
- Wessels, Roel; Pueboobpaphan, Rattaphol; Bie, Jing; van Arem, Bart (2010): Integrating social networks in ridesharing systems: effects of detour and level of friend.
- Whalen, Lisa (2017): Megatrends and their Impact on the Future of Mobility. Abrufbar unter: https://www.dspace.com/files/pdf1/lisa_whalen_marketmarkets_mobility_megatrends_2017.pdf (14.11.2018).
- Winner, Hermann; Bruder, Ralph (Hrsg.) (2017): (Wie) Wollen wir automatisiert fahren? 8. Darmstädter Kolloquium, 7./8. März 2017, Technische Universität Darmstadt. Abrufbar unter: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5672/1/Mensch%20und%20Fahrzeug%20Tagungsband%202017.pdf> (25.07.2018)
- Witzlack, Claudia, Beggiano, Matthias, Schubert, Sarah, Krems, Josef (2017): Kommunikation zwischen Fußgängern und automatisierten Fahrzeugen – eine explorative Studie zur Untersuchung verschiedener HMI-Lösungen. 2. Kongress der Fachgruppe Verkehrspsychologie, Bergisch Gladbach, Deutschland.
- WKO – Wirtschaftskammer Österreich (2018): EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO): Meldung von Datenschutzverletzungen (Data Breach Notification). Abrufbar unter: <https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/EU-Datenschutz-Grundverordnung:-Meldung-von-Datenschutzve.html> (31.01.2019)
- Wolf-Eberl, Susanne, Koch, Helmut, Estermann, Gerold, Fördös, Alexander (2011): Ohne eigenes Auto mobil – Ein Handbuch für Planung, Errichtung und Betrieb von Mikro-ÖV Systemen im ländlichen Raum. Blue Globe Manual. Mobilität 10/2011. Klima- und Energiefonds.
- World Economic Forum (2018): Reshaping Urban Mobility with Autonomous Vehicles. Lessons from the City of Boston. Köln / Genf.
- Wyman, Oliver (2009): Management Summary – Powerplay beim Elektrofahrzeug. Frankfurt.
- Z_Punkt (2016): Megatrends Update. In: http://www.z-punkt.de/uploads/files/234/z_punkt_megatrends_de.pdf (27.10.2018).
- Z_Punkt (2017): Megatrends Update. Understanding the Dynamics of Global Change. Abrufbar unter: http://www.z-punkt.de/uploads/files/566/web1_zp_megatrends_a5_2.pdf#page=15&zoom=auto,-76,75 (05.11.2018).
- Zahavi, Yacov (1974): Travel Time Budget and Mobility in Urban Areas, Final Report, FHWA PL 8183, U.S. Department of Transportation.
- Zech, Sybilla, Bork, Herbert, Müllechner, Stefan, Berger, Martin, Dorner, Fabian, Emberger, Günter, Shibayama, Takeru, Platzer, Mario, Groessl, Steve, Selz, Emmanuel (2017): Arbeitsbericht BahnRaum. Schienenorientierte Siedlungsentwicklung und Erreichbarkeitsplanung. Wien. Abrufbar unter: https://projekte.ffg.at/anhang/5b7fb03379766_VIF%202014%20BahnRaum%20Ergebnisbericht.pdf (21.02.2019).

ANHANG

A1. Untersuchung und Beschreibung der Merkmale der Schlüsselfaktoren

Wie in Kapitel 2.5.2 beschrieben, wurden die unterschiedlichen Merkmale der einzelnen Schlüsselfaktoren sowie deren Ausprägungen mit Hilfe eines morphologischen Kastens herausgearbeitet um mögliche Projektionen zu bilden. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die morphologischen Kästen für die jeweiligen Schlüsselfaktoren und liefert eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Merkmale und Ausprägungen abgeleitet aus der Literatur.

Mobility as a Service

Mobility as a Service (MaaS), d.h. Mobilität als Dienstleistung, ist ein Konzept, welches öffentliche und private Verkehrsangebote (sowie unterschiedliche Verkehrsarten) mittels einheitlichem, digitalem Zugangsportal (Plattform, App) kombiniert, um so auf individuelle Bedürfnisse angepasste, maßgeschneiderte Mobilitätslösungen anzubieten (vgl. EPOMM 2017; Jittrapirom et al., 2017: 14). Die Erwartung an MaaS ist dabei durch die integrierte Darstellung eine wettbewerbsfähige, nachhaltige, (bessere?) Alternative zum privaten Pkw zu schaffen und dadurch die MIV-Nutzung zu verringern (vgl. z.B. Lund 2017, Holmberg et al. 2016). Durch MaaS – so die Vorstellung – soll die Effizienz von bestehenden Mobilitätssystemen und den öffentlichen Ressourcen verbessert werden, v.a. in Hinblick auf dispers besiedelte Räume (vgl. Hoadley 2017: 5ff). Im österreichischen Kontext gibt es (funktional und modal) integrierte MaaS-Erfahrung durch das Projekt SMILE – einfach mobil (2012-2015), in Wien gibt es seit 2017 die WienMobil App.

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor Mobility as a Service abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkm al	Ausprägung						
Angebotsart	privat kontrolliertes Angebot			öffentlich kontrolliertes Angebot		Public-Private-Partnership (PPP)	
Integration und Rollen: Mobilitätsdienstleistern, Datenlieferanten, Hardware-Hersteller, IT, Startups	private Unternehmen sind sowohl Integratoren der Mobilitätsangebote als auch operative Schnittstelle zu den EndnutzerInnen; ÖV nur ein Mobilitätsanbieter			öffentliche Unternehmen sind sowohl Integratoren der Mobilitätsangebote als auch operative Schnittstelle zu den EndnutzerInnen; ÖV ist wesentlicher Mobilitätsanbieter, optimierte Integration anderer Mobilitätsanbieter		PPP: Mischform bei Integratoren der Mobilitätsangebote und operativer Schnittstelle zwischen privat und öffentlich	
Rolle des ÖV	Integrator und Angebotserweiterung ÖV (Flexible Betriebsformen)				Marktteilnehmer; Angebotsstabilisierung ÖV		
Mobilitätsdienstintegration	integriertes Plattformmodell (eigene Marke und Kundenschnittstelle; Kundenkontakt über neuen Dienst mit eigener Marke), z.B. WienMobil App				Roaming-Modell (Mandantenfähigkeit; Nutzung von Partner-Diensten über gewohnte App; Ticketkauf in anderen Regionen oder Nutzung von Ride Sharing-Bikes wird im Hintergrund zwischen den Unternehmen verrechnet)		
Tarif	Mobilitätspakete / Flat-rate			Pay-as-you-go (z.B. auch zeit- und ortsabhängig)		Pay-as-you-want	
Zielgruppe	„community“ (vertraut), z.B. Dorfgemeinschaft, Baugruppe...				übergreifend (offen, unbekannt), städtische Anonymität		
Organisation	geschlossenes System				offenes System (integrativ)		
Modi I (modale Integration)	ÖV	ÖV_AV	Car Sharing	Ride Sharing	Ride Hailing	Individueller Pkw (subscription service)	Taxi
Modi II	wenige			mittel		viele	
Modi III	öffentlicher Verkehr				Individualverkehr		
Angebotsraum	lokal		regional		national		international
Personalisierung	stark (Emotionen, Einstellungen)			mittel		keine	
Blockchain (Kryptowährung)	stark fortgeschritten (hohe Transaktionssicherheit, hohe Bandbreite bei Transaktionen, kombiniert mit Reputationsystem, smart contracts)				wenig fortgeschritten (geringe Transaktionssicherheit, geringe Bandbreite bei Transaktionen)		
Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)	sehr starke Antizipierung (vorausahnend, Emotionen erfassend, virtualisierend...)				schwache Antizipierung (statisch, keine Emotionen erfassend...)		
Funktionale Integration	breit, tiefe funktionale Integration (Intermodales Routing, Buchung & Reservierung, Zugang & Ticketing, Reiseassistenz & Navigation, Billing)				rudimentäre funktionale Integration einzelner Angebote (Intermodales Routing, Buchung & Reservierung, Zugang & Ticketing, Reiseassistenz & Navigation, Billing)		
Soziale Exklusion / Inklusion (über Image und Zugang, d.h. Zusammenhang mit Technologie und Modi)	stärker exklusiv (insgesamt)			stärker inklusiv (insgesamt)		neutral	sozial und räumlich selektiv

Angebotsart, Integration & Rollen

Im Kontext von MaaS-Angeboten gibt es unterschiedliche mögliche Betreiberstrukturen. Wesentliche Bestandteile einer MaaS-Lösung sind (vgl. Lund 2017):

- Mobilitätsanbieter mit ihren jeweiligen einzelnen Diensten (z.B. ÖV-Betreiber, Car Sharing-Betreiber, Taxi-Betreiber, Bike-Sharing-Betreiber)
- IT-Plattform, die Informationen von den einzelnen Anbietern, Buchungen, Zahlungen etc. (=Kernkomponenten) verwaltet
- MaaS-Betreiber/Integrator: verkauft gesamten Service an EndkundInnen (KundInnen-Management, Marketing etc.)

Der MaaS Betreiber kann dabei entweder privat, öffentlich oder eine Mischung sein (vgl. Aapaoja et al. 2017: 9ff):

Private Betreiber	„Reseller“	Angebote von verschiedenen Mobilitätsanbietern/ Verkehrsmitteln werden für die EndnutzerInnen in einer Schnittstelle zusammengefasst (z.B. Reisebüro). Die Zukunftsaussichten dieses Betreiber-Modells werden eher gering gesehen.
	„Integrator“	„Normale“ Mobilitätsangebote werden mit extra digitalen Features durch einen mobilen Service-Provider erweitert (z.B. Möglichkeit Tickets mobil zu kaufen oder mobiles Bezahlen, Routenplanung). Für manche Integrator-Betreiber kann das MaaS das Hauptgeschäft sein, für andere ist es eine Ergänzung ihrer verschiedenen Angebote. Diesem Betreiber-Modell wird ein ambivalentes Zukunftsbild zugeschrieben, da es aktuell wenig Erfahrungswerte bei kommerziellen Betreibern und durch unterschiedliche Faktoren eine große Unsicherheit in Bezug auf die Entwicklung dieses Modells gesehen wird.
ÖV-Betreiber		ÖV-Betreiber sind traditionell zentrale Akteure im Mobilitätssektor und ergänzen als MaaS-Betreiber das bestehende Angebotsportfolio (um ein on-demand Service für die First und Last Mile zur Verführung zu stellen): zum einen über zusätzliche Mobilitätsservices wie z.B. Taxi, Carpooling, City Bikes; zum anderen über zusätzliche digitale Services durch den mobilen Service-Provider (z.B. Möglichkeit Tickets mobil zu kaufen, mobiles Bezahlen, multimodaler Routenplaner).
PPP-Modell		Die öffentliche Hand arbeitet dabei mit verschiedenen Stakeholdern zusammen und integriert verschiedene Services in einem System, was Verbesserungen für Services, für die die öffentliche Hand zuständig ist, nach sich ziehen kann (z.B. Sondertransporte, Liefertätigkeiten). Bei diesem Betreiber-Modell gibt es keine vorrangige Profitorientierung, es kann aber zu Einsparungen für die öffentliche Hand durch Steigerungen der Effizienz führen. Als Beispiel kann das Kätevä Seinäjoki Pilotprojekt in Finnland angeführt werden, wo eine kollaborative Initiative aus einem Consulting-/Planungsbüro, der Stadtregierung von Seinäjoki und einigen lokalen Mobilitätsanbietern als Betreiber des MaaS-Angebots agiert. Der Fokus liegt auch intensiver auf Social Service Transporte (z.B. Fahrten für mobilitätseingeschränkte oder ältere Personen durch das Vernetzen der Organisationen für solche Fahrten durch das MaaS Service). Aus ersten empirischen Erkenntnissen abgeleitet könnte dieses Modell v.a. für ländliche oder dünn besiedelte Siedlungsstrukturen geeignet sein. V.a. in dieser Umgebung ist Effizienz entscheidend – somit kann das Kombinieren von logistischen Services und schulischen bzw. sozialen Transport-Services in einem MaaS eine gute Lösung für die zukünftige Entwicklung darstellen.
PPPP-Modell (public-private-people partnership)		<p>Dieses Modell fungiert als Weiterentwicklung des PPP-Modells, v.a. für ländliche und dispers besiedelte Räume. Ziel ist hierbei auch die Verbesserung der Qualität und der Zugänglichkeiten von ÖV durch das Miteinbeziehen von (P2P) Sharing-Angeboten. Besonders die soziale Komponente und die Integration von P2P-Sharing Angeboten stellt eine wesentliche Säule in diesem Modell dar. Da dieses Modell in der Praxis noch nicht angewendet wird, können aktuell nur schwer Aussagen über die Zukunftsaussichten gemacht werden.</p> <p>PPPP-Modell (Quelle: Aapaoja et al. 2017: 9ff)</p>

In der Literatur kommt zum Teil die Diskussion auf, dass weder ÖV-Betreiber noch private Betreiber für die MaaS-Betreiber Rolle passend sind, da beide als Akteure Interesse daran haben ihr eigenes Mobilitätsangebot zu favorisieren (vgl. Smith et al. 2017: 8).

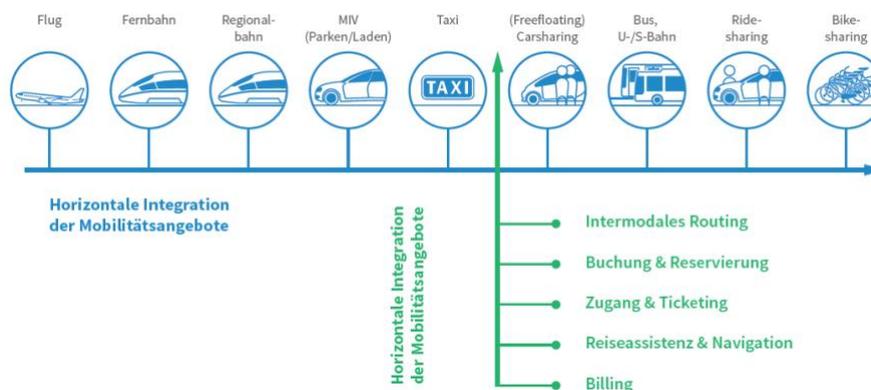
Rolle des öffentlichen Verkehrs in MaaS Angeboten

In der Literatur wird dem ÖV eine wichtige Rolle in MaaS zugesprochen. So wird der ÖV von manchen als Kern/Rückgrat von MaaS bezeichnet und dass MaaS den hochqualitativen Transport auf fixen Routen zu fixen Zeiten als effizienteste Art Menschen in dicht besiedelten Gebieten zu transportieren nicht ersetzen wird (vgl. z.B. Smith et al. 2017: 8, Tsay & Accuardi 2016). Die anderen Services in MaaS spielen aber eine wesentliche Rolle als Ergänzung in dünner besiedelten Regionen oder bei komplexeren Routen. Durch diese Vernetzung könnten Kosten für die öffentliche Hand für die Bereitstellung von ÖV durch Kooperationen mit dem privaten Sektor reduziert werden (vgl. Smith et al. 2017: 10). Außerdem kann MaaS mit einer nutzerInnen-freundlichen, integrierten, flexiblen Darstellung helfen, die Eintrittsbarrieren für die Nutzung des ÖV oder andere Mobilitätsdienste niedrig zu halten – und dadurch eventuell eine größere NutzerInnen-Gruppe anzusprechen (vgl. Smith et al. 2017: 10). Auch in Bezug auf das Image könnten ÖV-Betreiber von MaaS profitieren (moderneres, flexibleres Image). Andererseits besteht allerdings auch die Gefahr, dass der ÖV-Betreiber weniger Kontrolle über die Marke hat (z.B. in einem privat kontrolliertem MaaS) oder dass die MaaS Marke stärker/bekannter wird als die ÖV-Marke (vgl. Smith et al. 2017: 11f).

- ÖV als Betreiber: Die bereits bekannte Marke wird genutzt, um ergänzende Dienstleistungen zu integrieren, um das Hauptangebot - den öffentlichen Verkehr - zu unterstützen. Vorteile dieses Modells sind die gesicherte langfristige Stabilität und das Garantieren einer regionalen Abdeckung. Durch die institutionellen Rahmenbedingungen, die rund um den ÖV existieren (politische Entscheidung über Tarife, Dienstleistungsangebote usw.), kann es passieren, dass das Maximieren der Auslastung des ÖV im Vordergrund steht und nicht das Maximieren die KundInnenzufriedenheit mit dem Gesamtservice (vgl. Holmberg et al. 2015: 34f).
- ÖV als Marktteilnehmer: Die Betreiberfunktion wird von einem externen (kommerziellen) Anbieter übernommen, der ÖV fungiert als einer unter verschiedenen Mobilitätsdienstleistern. Der Betreiber verfolgt ein kommerzielles Interesse, mit dem vorrangigen Ziel, die NutzerInnen-Zahl des integrierten Service zu maximieren. In der Praxis erweist sich das Integrieren des ÖV-Angebots in das übergeordnete MaaS allerdings zum Teil noch als Herausforderung – durch starre ÖV-Betreiberstrukturen und funktionale Barrieren (z.B. Anbieten eines digitalen Tickets) (vgl. Holmberg et al. 2015: 35ff).

Funktionale Integration und Mobilitätsdienstintegration

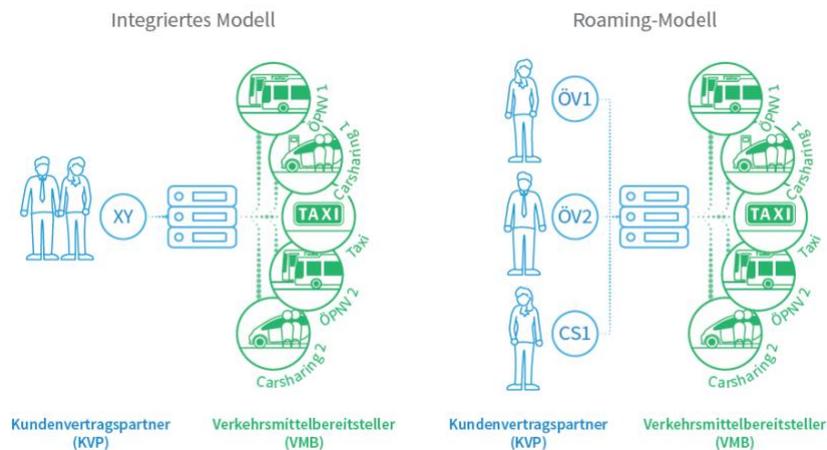
Wichtig in Bezug auf das Konzept MaaS ist die Zusammenarbeit der verschiedenen Mobilitätsanbieter sowie die spezielle Nutzung von IKT-Technologien als Voraussetzung (vgl. Jittrapirom et al. 2017: 16). Es lassen sich zwei Dimensionen der Integration unterscheiden: (1) Die horizontale Integration, auf der die Angebote unterschiedlicher Mobilitätsanbieter wie ÖV, Shared Mobility oder Taxi zu finden sind, und (2) die vertikale Integration, die sich auf die Hauptfunktionen Information, Zugang und Abrechnung für jedes Verkehrsmittel bezieht (vgl. Jonuschat et al. 2016: 70).



Horizontale und vertikale Integration von Mobilitätsangeboten (Quelle: Jonuschat et al. 2016: 70)

Derzeit existieren vor allem zwei Modelle für Mobilitätsplattformen, die eine vollständige horizontale und vertikale Integration anstreben, die sich im Frontend voneinander unterscheiden (vgl. Jonuschat et al. 2016: 71f):

- (1) Das integrierte Modell mit eigener Marke und Kundenschnittstelle, sprich der KundInnenkontakt wird über einen neuen Dienst mit eigener Marke hergestellt.
- (2) Das „Roaming“-Modell, das durch Mandantenfähigkeit gekennzeichnet ist und ähnlich wie beim Mobilfunk-Roaming die Nutzung von Partner-Diensten über die gewohnte App ermöglicht. Für die KundInnen ändert sich somit wenig, da zum Beispiel der Ticketkauf in anderen Regionen oder die Nutzung eines Ride Sharing-Bikes im Hintergrund zwischen den Unternehmen verrechnet wird.



Integriertes Modell und Roaming-Modell (Quelle: Jonuschat et al. 2016: 70)

Die fortschrittlichste MaaS-Integration ist diejenige, wo bereits beim Einschreiben als NutzerInnen eine Integration der verschiedenen Angebote besteht (vgl. Andersson & Torstensson 2017).

- Level 0: keine Integration, einzelne Mobilitätsdienstleister mit ihren Services (z.B. Wiener Linien)
- Level 1: Integration von Information, ermöglicht das Finden des besten Trips („single trip focus“), v.a. große Anbieter, die für WerbekundInnen attraktiv sind (z.B. Google); Mobilitätsdienstleister stellen ihre offenen, standardisierten Daten kostenlos zur Verfügung
- Level 2: Integration von Buchung und Zahlung, leichter Zugang für NutzerInnen (v.a. für Personen, die bereits multimodal unterwegs sind, aber wenig Anreize für neue KundInnen), bessere Sichtbarkeit für Mobilitätsanbieter, Integrator übernimmt keine Verantwortung für die Qualität der einzelnen Mobilitätsanbieter
- Level 3: Integriertes Serviceangebot (z.B. UbiGo Schweden), fokussiert auf ganzheitliches Mobilitätsbedürfnisse von NutzerInnen (Ticket, Buchen, Reservierung, intermodales Routing, Zahlen), durch integrierte Bündelung (auch z.B. in Form von Registrierung) soll Attraktivität des Angebots gesteigert werden
- Level 4: Integration von gesellschaftspolitischen Zielen – Implementieren von Incentives (vgl. Sochor et al. 2017: 193ff)

Tarifgestaltung

Den NutzerInnen stehen häufig zwei verschiedene Tarifoptionen zur Verfügung: 1) Pay-as-you-Go-Prinzip, also Zahlung für die effektive Nutzung der Services sowie 2) Mobilitätspaket in Form einer bestimmten Anzahl an Kilometern/Minuten durch monatliche Zahlung. Gerade Letzteres ermöglicht durch die Nutzung von angelegten Profilen oder vergangenen Daten auch eine Personalisierung von Angeboten (z.B. in der Form von vorgeschlagenen Verkehrsmitteln), ist aber derzeit nur bei wenigen Plattformen möglich.

Zielgruppen

MaaS-Konzepte können sich grundsätzlich auf unterschiedliche Zielgruppen richten. Die meisten MaaS-Konzepte sind offen bzw. stellen übergreifende Angebote dar, d.h. sie richten sich grundsätzlich übergreifend an alle Personen. Zum Teil gibt es aber auch lokale Anbieter, z.B. Dorfgemeinschaften, die Mobilitätsangebote anbieten

Modale Integration

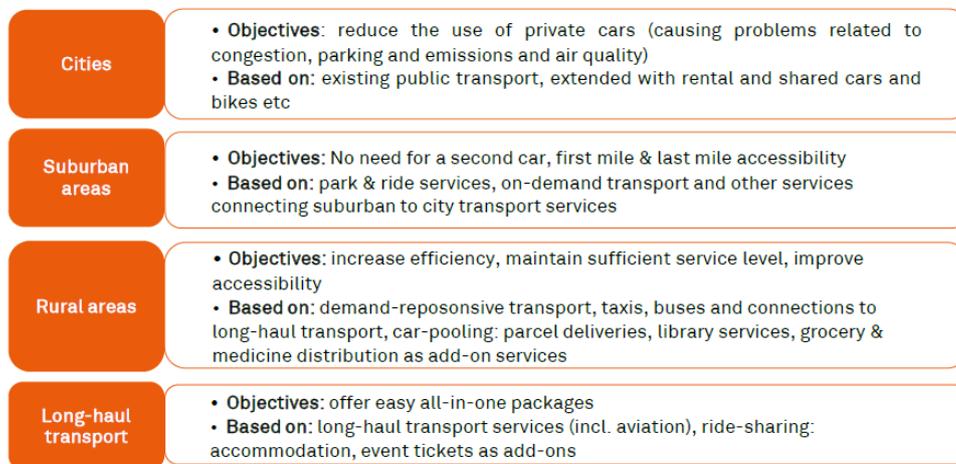
In der Literatur wird eine angebotene Vielzahl an Modi größtenteils als Grundvoraussetzung für MaaS betrachtet (vgl. z.B. Li & Voegelé 2017). Um Tür-zu-Tür-Mobilität zu ermöglichen ist eine gebündelte Integration aus angebotsorientierten Services (ÖV mit Taktfahrplan) und nachfrageorientierten Angeboten (z.B. Bike Sharing, Ride Sharing, Car Sharing, Taxi, Ride Hailing) anzustreben – v.a. als Last Mile Lösungen (zwischen ÖV-Station und Zieldestination) (vgl. Lund 2017). Mit einer großen Auswahl an Verkehrsmitteln bzw. Mobilitätsservices können MaaS-Betreiber eher die unterschiedlichen NutzerInnen-Bedürfnisse und Präferenzen erfüllen (vgl. Goulding & Karmagianni 2018: 2).

Dennoch wird das Konzept MaaS in der Praxis zum Teil sehr auf einige wenige Modi reduziert – z.B. auf das Angebot von Car Sharing bei Stadtentwicklungsprojekten (vgl. Glotz & Richter 2018). Auch Eckhard et al. (2018) sprechen die Gefahr einer „imbalance“ zwischen den Modi an. Es besteht das Risiko bei einem Markt-basiertem Szenario, dass (teurere) PKW-basierte Services (Car Sharing) eher forciert werden und ÖV-NutzerInnen leichteren Zugang zu Pkws bekommen. Eine

unbeabsichtigte Rebound-Wirkung als Folge kann dadurch eine steigende Anzahl an Wegen insgesamt bzw. einen Rückgang an Wegen, die mit dem ÖV zurückgelegt werden sein (vgl. z.B. Datson 2016; Karlsson et al. 2017).

Angebotsraum

In innerstädtischen Bereichen, mit einer gut ausgebauten und vielfältigen Verkehrsinfrastruktur und einem ebenso vielfältigen Serviceangebot, kann MaaS aus derzeitiger Sicht am ehesten umgesetzt werden. In ländlichen Gebieten sind größere Barrieren zu überwinden, wobei auch hier das Angebot im Sinne des Gesamtverkehrssystems zu forcieren sein wird (vgl. Alberts et al. 2016: 17). V.a. die Integration von sozialen Dienstleistungen/Services in MaaS könnte eine Erleichterung für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen in dispers besiedelten Räumen bedeuten. Welche Ziele mit MaaS in den unterschiedlichen Angebotsräumen (Städte, suburbane Gebiete, ländliche Gebiete, überregionale Transporte) verbunden werden, fasst folgende Grafik zusammen:



Potentiale von MaaS in verschiedenen Räumen (Quelle: MaaS Alliance 2017: 19)

Für eine internationale Vernetzung soll in einem ersten Schritt ein besserer Informationsaustausch zwischen den beteiligten Akteuren, die Beseitigung von technischen Barrieren, die stärkere Integration der Managementsysteme, die Verknüpfung von Services und die Diskussion und Neuaufstellung von Rahmenbedingungen z.B. rund um die ÖV-Bestellung und generell der Erfahrungsaustausch und Vertrauensaufbau eine Basis schaffen (vgl. Alberts et al. 2016: 18). Dieses Bestreben wird auch anhand der EU Forschungsagenden und der Erarbeitung von regulatorischen Bestimmungen sichtbar. So soll beispielsweise auf einer europäischen Ebene das Roaming zwischen MaaS Services, Städten und Mitgliedsstaaten bei der Entwicklung von Verkehrsvorschriften mitgedacht werden, um grenzüberschreitende Mobilität (v.a. Ein-Richtungsfahrten) im Zusammenhang mit MaaS zu ermöglichen (vgl. MaaS Alliance 2017: 16).

Die Möglichkeiten der EU sind allerdings auf die Schaffung von rechtlichen Rahmenbedingungen, Diskussionsforen, Förderung von Plattformen und Einzelprojekten beschränkt. Der Aufbau von Mobilitätssystemen findet aktuell vorrangig auf regionaler und nationaler Ebene statt. Selbst wenn neue Mobilitätsangebote rasch globale Bedeutung bekommen können (z.B. Uber), die Umsetzung erfolgt jeweils auf städtischer und regionaler Ebene und Erfolg und Akzeptanz hängen stark von lokalen Gegebenheiten und Bestimmungen ab. Dies spiegelt sich auch in den aktuellen internationalen Aktivitäten wider, die sich mit MaaS auseinandersetzen (vgl. Alberts et al. 2016: 18).

Personalisierung durch HMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle)

Das MaaS Konzept setzt auf personalisierte und intelligente Mobilitätsdienstleistungen, die NutzerInnenbedürfnisse aufgreifen und individuelle nahtlose Wegemöglichkeiten samt Verkehrsträger aufzeigen (vgl. Epomm 2017). Diese hohe NutzerInnenorientierung, die im Konzept vorgesehen ist, drückt sich in unterschiedlichen Graden an Personalisierung (Favoriteneinstellungen, Vorlieben und Einschränkungen des/der Nutzenden, vergangene Wege) in den einzelnen MaaS Services aus. Diese individuelle Zusammenstellung stellt auch eine Erleichterung von Tür-zu-Tür-Wegekettten für jene mit eingeschränktem Mobilitätszugang dar (vgl. Hoadley 2017: 6). Personalisierung im Kontext von MaaS kann aktuell in zwei Forschungsstränge unterteilt werden: (1) Personalisierung von Sharing-Fahrzeugen und (2) Personalisierung für intermodale Routen.

(1) Kuemmerling et al. (2013) analysieren HMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle) bei Sharing-Fahrzeugen durch Personalisierung nach NutzerInnen-Bedürfnissen mittels „individueller Mobilitätsprofile“, die über das Internet für das jeweilige Fahrzeug verfügbar sind. Gespeichert werden vier Datenkategorien (vgl. Kuemmerling et al. 2013: 451):

- Allgemeine Informationen über den/die FahrerIn: Größe, Heimatadresse ...
- Informationen über die bevorzugten Fahrzeugeinstellungen: Radiosender, Temperatureinstellungen, ...
- Hardware-abhängige Einstellungen: Seitenspiegel, Sitzeinstellungen ... (werden beim ersten Mal je Fahrzeug manuell vom FahrerIn eingestellt, anschließend werden die Informationen gespeichert)
- Digitales Logbuch: gefahrene Kilometeranzahl, Durchschnittsgeschwindigkeit ...

Herausforderungen stellen dabei v.a. der Schutz der sensiblen Daten und die Standardisierung zwischen verschiedenen AnbieterInnen dar (vgl. Kuemmerling et al. 2013: 453).

(2) In anderen aktuellen Forschungsprojekten wird Personalisierung mittels HMI für intermodale Routen entwickelt. Das Projekt Guide2Wear (2014-2016) beispielsweise analysiert, welche Wearable Devices in Zukunft Hilfestellungen bei intermodalen Wegen bieten könnten. Die Ergebnisse zeigen, dass durch neue Wearable Devices sich hauptsächlich die Art der Informationsbereitstellung ändern wird. Smartwatches eignen sich z.B. durch die Benutzeroberfläche mit einer breiten Palette von Interaktionsmöglichkeiten für intermodale Mobilitätsanwendungen. Durch den Einsatz von Smart Clothes (in Gewebe integrierte Technologie) könnte es zukünftig möglich sein, auf der Temperaturbasis in unterschiedlichen Fahrzeugen zu reagieren. Durch Augmented Reality, in Kombination mit interaktiver Sprachsteuerung ist eine Interaktion ohne Hände möglich (vgl. Guide2Wear 2016: 32f). Mit dieser Technologie beschäftigt sich auch das Projekt RadAR+ (2016-2018), das in der Verschneidung der Themenfelder Mobilität, Augmented Reality, Sprach-User Interfaces, Mensch-Maschine-Interaktion sowie Nutzermodellierung Reiseassistenzsysteme für dynamische Umgebungen auf Basis von Augmented Reality entwickeln möchte. Die Ausstattung von Mobilgeräten mit Augmented-Reality-Anwendungen und einem lernenden Nutzermodell soll eine individualisierte und bedarfsgerechte Unterstützung der NutzerInnen ermöglichen. Im Projekt „RadAR+“ wird ein persönlicher Mobilitätsagent entwickelt, der NutzerInnen bei Verkehrsmittelwechseln unterstützt. Der lernende Mobilitätsagent verwaltet das erforderliche Umgebungswissen zu Verkehrsknoten und stellt die navigationsrelevanten Daten in Echtzeit zur Verfügung. Für die individualisierte Mobilitätsplanung werden je nach persönlichen Bedürfnissen tragbare Geräte wie Datenbrillen und Smartwatches verwendet. Auf diese Weise können auch komplexe Routeninformationen situationsgerecht vermittelt werden. Auch Störfaktoren werden einberechnet – z.B. erkennt das System, wenn der/die NutzerIn Gepäck dabei hat und dadurch langsamer geht. Das System passt automatisch die Dauer des Weges an und überprüft, ob die Zug-, Bus-, oder Bahnverbindung noch erreicht werden kann. Bei Wartezeiten werden Vorschläge für mögliche Aktivitäten zum Zeit vertreiben angezeigt, wobei die Empfehlungen auf den individuellen Gewohnheiten, die das System erkannt und gespeichert hat, basieren (vgl. Radarplus 2018: online).

Auch Sensoren können dabei helfen Mobilitätsangebote zu personalisieren. So ermöglichen Kraftsensoren beispielsweise die automatische Sitzeinstellung in Fahrzeugen angepasst an das Gewicht und die Körpergröße des/der FahrerIn (vgl. Hering & Schönfelder 2012: 320).

Blockchain im Kontext von MaaS

Andersson & Torstensson (2017: 62) schreiben der Schnittstelle MaaS und Blockchain das Potenzial einer disruptiven Innovation zu. Bislang war für das Vernetzen von verschiedenen Mobilitätsanbietern über eine gemeinsame Plattform eine Organisation notwendig, die als Vermittler zwischen den Anbietern und NutzerInnen stand. Die Frage „wem gehört der Kunde“ kann eine Herausforderung darstellen, wenn die neue Ebene eines MaaS-Betreibers zwischen den NutzerInnen und den Transportdienstleistern eingeführt wird. Außerdem gab es v.a. im Kontext von P2P Sharing oftmals aus NutzerInnensicht Vertrauens- und Sicherheitsbedenken. Blockchain kann vor dem Hintergrund dieser bestehenden Herausforderungen drei wichtige Rollen einnehmen (vgl. Andersson & Torstensson 2017, Laborda 2017, MaaS Alliance 2017): 1) Transaktionen erfassen, 2) Identität nachweisen 3) „Smart Contracts“ herstellen.

Durch Blockchain kann das Abschließen der individuellen Verträge und das Vernetzen mit den AkteurInnen im System durch den MaaS Betreiber vereinfacht werden, wodurch auch das Roaming und die Skalierbarkeit der Services erleichtert wird (vgl. MaaS Alliance 2017: 18). Die neue Technologie Blockchain bietet eine praktikable Methode zur Koordinierung von Parteien ohne eine zentrale Autorität zu benötigen – spricht eine neutrale Plattform basierend auf „smart contracts“. Aktuell sind unterschiedliche Blockchain Systeme verfügbar, aber nicht bei allen (z.B. Bitcoin) sind „smart contracts“ möglich, die für eine MaaS Anwendung erforderlich sind. Die Systeme „Ethereum“ (public blockchain) und „Hyperledger“ (Set aus Tools, um consortium blockchains für Unternehmensanwendung zu schaffen) sind in diesem Kontext interessant. Bei einer öffentlichen Blockchain findet die Steuerung nicht von einem Individuum statt, sondern es wird ein Konsensusalgorithmus verwendet, der es jedem ermöglicht, Teil des Verifizierungsprozesses zu werden. Aus diesem Grund wird v.a. in einer öffentlichen Blockchain Potenzial für MaaS gesehen, wenn das Ziel ist, ein neutrales System aufzubauen (vgl. Andersson & Torstensson 2017: 48f).

Projekte mit der Schnittstelle MaaS und Blockchain finden sich aktuell v.a. in den Bereichen (1) Teilen von Mobilitätsdaten, (2) Mobilitäts-P2P-Transaktionen, (3) AV, (4) NutzerInnen-basierte Versicherung (vgl. Laborda 2017: online).

Im Rahmen von Stakeholder-Interviews zeigte sich eine grundsätzlich positive Einstellung bei den Interviewten in Bezug auf das Thema Verschneidung von MaaS und Blockchain. Allerdings scheinen viele MaaS-Beteiligte kein großes Wissen im Bereich Blockchain zu haben und sind unsicher, wie sich dies auf ihr Geschäft auswirken wird (vgl. Andersson & Torstensson 2017: 47).

Soziale Exklusion/Inklusion

In der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass MaaS auch zu Ungleichheiten und Benachteiligungen führen kann (vgl. Hoadley 2017: 7f). So könnte es zu Ausgrenzung bestimmter NutzerInnen-Gruppen kommen, da die zunehmende Digitalisierung von Mobilitätsservices zu einer weiteren Exklusion jener führen könnte, die nicht so technikaffin sind („digitale Kluft“) (vgl. Hoadley 2017: 8). MaaS Konzepte basieren stark auf einer Datenplattform – ermöglicht durch die zunehmende Digitalisierung – und erfordern ein neues Verständnis von Mobilität, was möglicherweise zu Widerstand bei den alteingesessenen AkteurInnen im Mobilitätsbereich führt. Außerdem kann es Zeit brauchen, bis End-NutzerInnen das System akzeptieren und in ihre Mobilitätsroutinen aufnehmen (vgl. Aapaoja et al. 2017: 9ff).

Außerdem kann MaaS zu sozialräumlichen Ungleichheiten führen, wenn kommerziell ausgerichtet Betreiberstrukturen dazu führen, dass MaaS ausschließlich in einem dichten urbanen Gefüge angeboten wird und dispers besiedelte Räume keinen Zugang dazu haben.

Shared Mobility

Shared Mobility, als Teilbereich der Sharing Economy, bezeichnet Mobilitätsdienstleistungen, die eine geteilte Nutzung durch verschiedene Personen ermöglichen (vgl. bmvit 2016d: 12) und gilt als neuer Hoffnungsträger in Hinblick auf eine klima- und ressourcenschonende Mobilität. Im Kern der Sharing Economy steht, dass ein Gegenstand nicht in das Eigentum des Nachfragers übergeht, sondern nur vorübergehend genutzt wird (vgl. Bartik et al. 2013). Gemeinsam ist den unterschiedlichen Formen von Shared Mobility, dass sie zwischen Individual- und öffentlicher Mobilität stehen und Zugang zu Verkehrsmitteln bieten, ohne diese besitzen zu müssen (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 26). Da die Möglichkeiten für Shared Mobility in Zukunft zunehmen werden, ist es für den öffentlichen Sektor wichtig, geeignete Rechtsvorschriften zu erlassen bzw. zu überarbeiten, um die öffentliche Sicherheit und Chancengleichheit zu schützen und Leitlinien zur Nutzenmaximierung zu setzen (vgl. Shaheen & Chan 2016: 575).

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor Shared Mobility abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkmals	Ausprägung				
Angebotsform	GoodsSharing (Fahrzeug)			ServiceSharing (Fahrt bzw. Sitz)	
Organisationsform	C2C		G2C	B2C	
Integration	Schwach integriert			Stark integriert	
Modi	AV_Auto	Auto	Pods	Fahrrad	Scooter etc.
Integration (z.B. auch stark bis schwach)	modal	räumlich	organisatorisch	zeitlich	technologisch
Bedienungsgebiet	Hohe räumliche und zeitliche Verkehrsnachfrage			Gesamtgebiet	
Abdeckung Gesamtstrecke	Shared Mobility durchgängig von Start bis Ziel			Shared Mobility nur auf Teilstrecke, Rest individualisiert (Intermodal)	
Nutzungsmodus	stationsbasiert			stationsunabhängig	
Algorithmen Soziales Matching	Wenig fortgeschritten und inkludiert			Stark fortgeschritten und inkludiert	

Angebotsformen

Neben dem Sharing des Verkehrsmittels selbst (good sharing) findet sich im Bereich der Personenmobilität auch das Ride Sharing (service sharing), also geteilte Fahrten mittels Fahrgemeinschaften unterschiedlichster Organisationsform (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 26). Während das Teilen bei Car Sharing zeitlich getrennt erfolgt, findet es bei Mitfahrgelegenheiten zeitgleich statt (vgl. Kaup 2013: 13). In Abgrenzung zu „Carpooling“, das regelmäßige Fahrgemeinschaften (z.B. von PendlerInnen) bezeichnet, steht Ride Sharing für spontane Mitfahrgelegenheiten (vgl. Furuhashi et al. 2013: 4).

Organisationformen

Innerhalb der letzten Jahre entstand eine Vielzahl an Sharing-Angeboten im Mobilitätsbereich – mit unterschiedlichen Organisationsformen:

- Kommerziell (also B2C oder B2B): gewerbliche Anbieter stellen Flotten für NutzerInnen (PrivatkundInnen oder andere Unternehmen) gegen Gebühr (reine nutzungsbasierte Gebühr oder mit Mitgliedsbeitrag) temporär zur Verfügung (vgl. Scholl et al. 2013). Services wie beispielsweise Reinigung und Instandhaltung werden vom Betreiber übernommen. Das Produkt wird am Ende des Nutzungszeitraums vom Anbieter zurückgenommen und verbleibt in seinem Besitz (vgl. bmvit 2016d: 13).
- Nicht kommerziell (also C2C) ist durch eine nicht gewinnorientierte Ausrichtung gekennzeichnet (vgl. Gugg 2015). Die Austauschbeziehungen sind mehrseitig: Privatpersonen sind in diesem Modell entweder Anbieter („peer provider“) oder Nachfrager („peer consumer“) von Gütern oder Dienstleistungen (vgl. Andersson et al. 2013: 3, zitiert nach: bmvit 2016d: 14). Es lassen sich grob zwei Modellen unterscheiden (vgl. Shibayama et al. 2013): Bei Grass-Root Modellen bilden die NutzerInnen eine geschlossene Gruppe zum Tausch von einem oder mehreren Fahrzeugen. Diese Gruppen sind überwiegend als (eingetragene) Vereine, Genossenschaften oder auf informeller Ebene organisiert (vgl. Gugg 2015). Peer-to-Peer Sharing ist hingegen normalerweise ein offenes System, das die BesitzerInnen und alle registrierten NutzerInnen zur Benutzung eines Fahrzeuges in einem System berechtigt (vgl. Shibayama et al. 2013). Üblicherweise werden bei diesen Sharing-Modellen das Anbieten und das Buchen über eine APP und/oder eine Internetplattform geregelt.

- Government-to-Consumer (G2C) umfassen Angebote der öffentlichen Hand – oft auch unter Beteiligung städtischer Unternehmen – die für alle BürgerInnen gleichermaßen zugänglich sind. Typischerweise können Produkte oder Dienstleistungen gegen eine geringe Gebühr temporär genutzt werden. Diese Angebote werden durch öffentliche Gelder subventioniert oder finanziert und erfüllen üblicherweise eine Aufgabe der Daseinsvorsorge (vgl. bmvit 2016d: 14).

Sharing-Modi

Sharing-Angebote lassen sich auch nach der Verkehrsart unterscheiden: Car Sharing als Vorreiter von Shared Mobility, mittlerweile ist auch Bike Sharing in vielen Städten, aktuell kommen vermehrt auch (E-)Scooter Sharing Anbieter auf den Markt.

Vor allem in Bezug auf Car Sharing und dessen Effekt auf das Mobilitätsverhalten der NutzerInnen gibt es allerdings ambivalente Meinungen. Der Einsatz von Car Sharing ist oftmals mit dem Argument der Nachhaltigkeit und dem Umweltschutz verbunden – so soll ein Car Sharing-Fahrzeug vier bis acht in Privatbesitz befindliche Fahrzeuge substituieren können, was einen erheblichen Rückgewinn an Stadtfläche bedeuten würde. Allerdings konnte dieser Effekt bisher nicht nachgewiesen werden. Studien zeigen, dass Car Sharing eher als zusätzliche Option im Mobilitätsportfolio von Haushalten genutzt wird, die über ein eigenes Fahrzeug verfügen. Car Sharing hat sogar den paradoxen Effekt, Personen zur Nutzung eines Pkw zu motivieren, die bisher den öffentlichen Verkehr nutzten (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 27).

Der Zusammenhang zwischen Sharing und AV scheint in Hinblick auf diese Studie besonders interessant: Während Fahrzeuge niedriger Automatisierungsgrade auch für die Shared Mobility zu einer Vereinfachung der Nutzung und Erhöhung der Sicherheit beitragen könnten, sind grundlegende Veränderungen erst in den Automatisierungsgraden 4 und 5 zu erwarten. So könnten vollautomatisierte Fahrzeuge in der Shared Mobility (Automatisierungsgrad 4) beispielsweise die Parkplatzsuche in einem abgegrenzten Bereich selbstständig durchführen. Bei fahrerlosen Autos (Automatisierungsgrad 5) wird die Differenzierung zwischen kommerziellem Car Sharing, Ride Selling und Taxidiensten beinahe überflüssig. Zukünftig wäre somit Sharing mit autonomen Fahrzeugen im Wesentlichen die zeitliche Überlagerung der Fahrzeugnutzung, also Ride Sharing. Basierend auf einem Algorithmus würde außerdem das Potenzial für selbstständige Relocation der Fahrzeuge bestehen. Während dem fahrerlosen Fahrzeug beim innerstädtischen Car Sharing auf Grund der überwiegend kurzen Nutzungsdauern aus NutzerInnen-Perspektive nur ein eher geringer Mehrnutzen beigemessen wird, könnte das Angebot allerdings für NutzerInnengruppen, die zuvor nicht aktiv am Car Sharing teilnehmen konnten (z. B. aus Altersgründen, auf Grund körperlicher Einschränkungen oder mangels Führerscheinbesitz) neue Mobilitätschancen eröffnen und einen großen Mehrwert darstellen (vgl. bmvit 2016d: 65).

Die potenziellen Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung autonomer Fahrzeuge und der Shared Mobility können in folgenden Bereichen gesehen werden (vgl. bmvit 2016d: 64ff):

- Sogwirkung des Markteintritts neuer Fahrzeuge: Attraktivitätsgewinn bestehender Sharing-Angebote; Entstehung neuer Sharing-Angebote
- Shared Mobility als frühzeitige Anwender der Technologie könnte dem automatisierten Fahren zum Durchbruch helfen
- durch verstärkte Forschungs- und Investitionsaktivitäten von Akteuren aus dem Bereich der Shared Mobility wie z. B. Uber könnte die Shared Mobility für die Entwicklung autonomer Fahrzeugtechnologie eine wichtige Rolle spielen

Integration der Angebote

Der Mobilitätssektor fungiert als „Versuchsfeld“ für zukünftige Software und Hardware Lösungen. Shared Mobility Anbieter sammeln Unmengen an NutzerInnen-Information und machen sichtbar wie Big Data intelligent analysiert und strategisch eingesetzt werden kann. Eine zukünftige Herausforderung im Bereich Shared Mobility ist die Bündelung der Vielzahl an Plattformen und eine Harmonisierung der Plattformen unterschiedlicher Mobilitätsangebote, was als Basis für eine stärkere Nutzung dieser gesehen wird (vgl. bmvit 2016d: 25).

Mit einem höheren Anteil von Einpersonen-Haushalten in den Städten und einer längeren Lebenserwartung wird sich die Nachfrage auf noch individuellere Mobilitätsdienste, die an die spezifischen Lebensumstände der NutzerInnen angepasst sind, verlagern. Außerdem besteht die Hypothese, dass ländliche Regionen weniger von Shared Mobility profitieren werden können und sich deshalb der Gap zwischen Stadt und Land noch weiter vergrößern wird (vgl. Roland & Berger 2014: 7). Um solche Angebote auch im ländlichen Raum verfügbar zu machen, müssen Kommunen und Gemeinden gemeinsam mit lokalen Nahverkehrsunternehmen aktiv werden (vgl. bmvit 2016d: 30).

Mobility Sharing wird in der Literatur auch im Kontext von First und Last Mile diskutiert (vgl. z.B. Shaheen et al. 2011, 2012, 2014; Kaufman et al. 2015; Campbell et al. 2016): je nach räumlich strukturellen Gegebenheiten und Sharing Fahrzeugen fungiert Shared Mobility entweder als Konkurrenz zu bestehenden (ÖV-)Angeboten oder als Zubringer. So haben E-Bikes eher eine konkurrierende Wirkung auf das ÖV-System, während herkömmliche Fahrräder eher als Zubringer genutzt werden (Campbell et al. 2016). Auf einer räumlich strukturellen Ebene wird bspw. Bikesharing in größeren Städten eher als Konkurrenz zum ÖV genutzt, in kleineren Städten als Zubringer (vgl. Shaheen et al. 2012 und 2014).

Bediengebiet und Abdeckung Gesamtstrecke

Kommerzielle Anbieter stellen oftmals nur dort Sharing bereit, wo eine hohe zeitliche und räumliche Verkehrsnachfrage gegeben ist. Wenn das regionale bzw. städtische Gesamtgebiet durch Sharing-Angebote nicht abgedeckt ist, hat das Auswirkungen darauf, ob Shared Mobility durchgängig von Start bis Ziel oder ob es nur auf einer Teilstrecke (intermodal) herangezogen werden kann. Die Abdeckung der Gesamtstrecke mit Shared Mobility hängt auch stark mit der Einbindung in ein MaaS System zusammen.

Nutzungsmodus

Shared Mobility Systeme werden vorrangig über zwei verschiedene Standortsysteme angeboten:

- Stationsbasierte Systeme sind gekennzeichnet durch ein Netz von ortsgebundenen Verleihstationen in Form von Selbstbedienungsterminals, an denen die Leihfahrzeuge von NutzerInnen ausgeliehen bzw. zurückgegeben werden können und zwischenzeitlich geparkt werden. Typischerweise wird zur Servicenutzung vorausgesetzt, sich zu registrieren, um dann das Fahrrad mit einer Chipkarte, per Mobiltelefon oder auf andere Weise am Terminal vollautomatisch auszuleihen. Das Leihfahrzeug kann an jeder anderen netzinternen Verleihstation zurückgegeben werden, sofern ein Stellplatz frei ist.
- Stationsunabhängige (free-floating) Systeme sind gekennzeichnet durch ein definiertes Geschäftsgebiet, das ohne Stationen für die Ausleihe und die Rückgabe der Fahrzeuge auskommt, d.h. das Abstellen der Fahrzeuge an keine fixen Orte gebunden, sondern im Prinzip überall, wo dies legal möglich ist. Das Ausborgen erfolgt durch die Verwendung einer Smartphone-App der anbietenden Firma, die BenutzerInnen müssen sich anmelden, identifizieren und eine Kreditkarte zur Abbuchung des Entgelts hinterlegen. Verfügbare Fahrzeuge werden über GPS-Technologie ausfindig gemacht und die Entsperrung ist mittels App möglich (vgl. Alkhaddour 2018). Free-floating kann eine erhöhte Flexibilität ermöglichen und hat das Potenzial, v.a. die Erreichbarkeit durch first und last mile weiter zu verbessern (vgl. Shaheen & Chan 2016: 576). Eine Herausforderung bei diesem System ist allerdings die Relocation der Fahrzeuge – durch Ein-Richtungsfahrten besteht die Problematik, dass die Fahrzeuge manchmal in Gebieten mit geringer individueller Mobilitätsnachfrage (Cold Spots) feststecken, während sie eigentlich in Zonen höherer Nachfrage (Hot Spots) benötigt werden (z.B. vgl. Weikl & Bogenberger 2013). ExpertInnen prophezeien, dass free-floating Systeme in Zukunft weiter wachsen werden (vgl. Shaheen & Chan 2016: 577).

Soziales Matching

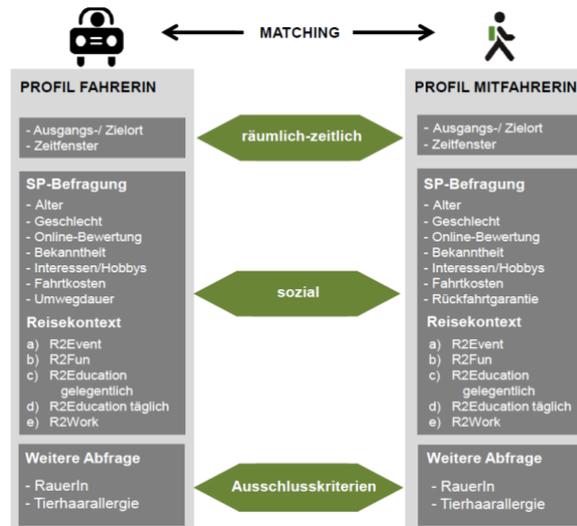
Sharing wird v.a. durch zwei digitale Faktoren erleichtert: Online Social Networking und GPS-Systeme (vgl. Shaheen & Chan 2016: 573). Bei Plattformen ist das Matching ein wesentliches Element. Es soll Personen die Möglichkeit gegeben werden, deren zu tauschende Güter bzw. Dienstleistungen in zum Teil freiem Format beschreiben und durch einen intelligenten MatchMaking-Algorithmus finden zu können. Gerade bei Ride Sharing spielen soziale Komponenten beim Matching eine entscheidende Rolle für die Akzeptanz – die Literatur beschäftigt sich u.a. wie ein soziales Matching ermöglicht werden kann.

Vorrangig wird dies über eine Verknüpfung mit Social Media diskutiert (z.B. vgl. Gidofalvi et al. 2008, Wessels et al. 2010, verkehrplus et al. 2014). Soziale Netzwerke konzentrieren sich darauf, die Netzwerke sozialer Relationen zwischen Menschen sichtbar zu machen und zu erweitern (1st level friends und 2nd level friends, also Freunde von Freunden). Viele soziale Netzwerke stellen ihre Daten über APIs (application programming interface) für andere Softwareanwendungen zur Verfügung, wodurch sich für Ride Sharing interessante Möglichkeiten ergeben (vgl. Wessels et al. 2010: k.A.).

Als hemmendes affektives Motiv wird bei Ride Sharing oftmals das fehlende Vertrauen in die andere fremde Person genannt. Über Social Media Profile könnten MitfahrerIn und FahrerIn Information über die jeweils andere Person einholen und sich ein Bild davon machen, ob die Person freundlich und vertrauenswürdig erscheint. Außerdem könnten Bewertungen/Ratings in unterschiedlichen Bereichen (Verlässlichkeit, Flexibilität, Fahrsicherheit, Freundlichkeit etc.) in den Sozialen Netzwerken in Bezug auf Ride Sharing ergänzt werden und als soziale Filterfunktion fungieren (vgl. Wessels et al 2010: k.A.).

Gidofalvi et al. (2008) beschäftigen sich außerdem mit dem Bilden von geo-demografischen „interest groups“ für Ride Sharing auf Basis von sozialen Netzwerken. Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass Menschen im realen Leben über drei Faktoren Beziehungen aufbauen: Nähe zum Zuhause, Arbeit und Interessen. Diese Faktoren könnten über eine Integration der Faktoren räumliche Nähe und ähnliche Interessen in das soziale Matching des Ride Sharings einfließen (vgl. Gidofalvi et al. 2008: 6).

In der net(t)ride Studie (vgl. verkehrplus et al. 2014: 74) wird ein stufenweises Matching vorgeschlagen, wobei zuerst das raum-zeitliche Matching als grundsätzlich notwendige Voraussetzung für das Zustandekommen der Fahrt erfolgt. Erst in zweiter Stufe erfolgt das soziale Matching mit den in Frage kommenden Personen. Abschließend können noch die Personen ausgeschieden werden, welche die festgelegten Ausschlusskriterien („No-gos“) aufweisen.



Matching zwischen FahrerIn und MitfahrerIn (Quelle: verkehrsplus et al. 2014: 74)

Je nach Fahrtkontext können die unterschiedlichen sozialen Parameter dabei verschiedene Einflusstärken haben:

Parameter	Ride2Event		Ride2Fun		Ride2Education gelegentlich		Ride2Education täglich		Ride2Work	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Geschlecht		■ ■ ■			■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■ (3)		■ ■ ■	■ ■
Alter	■ ■ (3)	■ ■ ■ (3)		■ ■ ■ (2)	■ ■ ■	■ ■ ■ (2)		■ ■ ■ (3)	■ ■ ■	■ ■ ■ (3)
Online-Bewertung	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■ (3)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)
Bekanntheit		■ ■ ■	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (1)	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■ (3)	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■	■ ■ ■ (2)	
Rückfahrtgarantie	x		x		x		x		x	
Umwegdauer		x		x		x	■ ■	x	■ ■ ■ (3)	x
Interessen/Hobbys	■ ■	■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■	
Fahrtkosten	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■ (1)	■ ■ (3)	■	■ ■ ■ (3)	■ ■	■ ■	■ ■ ■ (2)	■ ■ ■	■ ■ ■ (2)

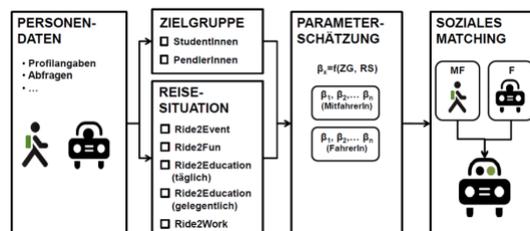
Legende: ■ Signifikanzniveau 0,1-0,05
 ■ ■ Signifikanzniveau 0,05-0,01
 ■ ■ ■ Signifikanzniveau < 0,01
 x Parameter nicht berücksichtigt
 (1)|(2)|(3) Rangreihenfolge in Abhängigkeit der Einflusstärke

F FahrerIn
 M MitfahrerIn

Einflusstärke der Parameter (Quelle: verkehrsplus et al. 2014: 84)

Einen starken Einfluss auf die Bereitschaft jemanden mitzunehmen bzw. bei jemandem mitzufahren haben vor allem die Online-Bewertung, die Bekanntheit, die Fahrtkosten und das Alter. Die Ergebnisse zeigen weiters, dass die Rückfahrtgarantie, Umwegdauer (außer bei alltäglichen, routinemäßigen Fahrten) sowie die Gemeinsamkeit von Interessen und Hobbies eine geringere Rolle als vermutet spielen (vgl. verkehrsplus et al. 2014: 83f).

Durch die Verknüpfung mit sozialen Netzwerken (z.B. Facebook) kann der Eingabeaufwand bei der Profilerstellung reduziert werden, indem Informationen über Freunde Geschlecht, Alter, Hobbys etc. integrierbar sind (vgl. verkehrsplus et al. 2014: 76).



Implementierung soziales Matching in Mitfahrsystem (Quelle: verkehrsplus et al. 2014: 77)

Das soziale Matching soll als automatischer Hintergrundprozess ablaufen. Nachdem der User sein Profil erstellt (Angabe von Personendaten) bzw. sich einloggt, wird er einer Zielgruppe (z.B. Studierende) zugewiesen. Weiters muss der Reisezweck (z.B. Fahrt zu Großevent) angegeben werden. Mit diesen beiden Informationen erfolgt auf Basis der ermittelten Gewichtungsfaktoren das soziale Matching zwischen FahrerIn und MitfahrerIn (vgl. verkehrsplus et al. 2014: 76).

Mobilitätseinstellungen

Das Mobilitätsverhalten unterliegt einem komplexen Entstehungsprozess und ist von zahlreichen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen geprägt – so wird die Alltagsmobilität sowohl von objektivierbaren Faktoren des Verkehrsangebotes, als auch durch ihre subjektive Bewertung und subjektiven Einflussfaktoren, wie Gefühle, Werte und Einstellungen bestimmt. Mobilitätseinstellungen haben einen wesentlichen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten (Aktivitätenprogramme, Raum-Zeit-Verhaltensweisen, Verkehrsmittelwahl ...) (vgl. Mehlhorn 2011: 100).

Unter Einstellungen versteht man zusammenfassende Bewertungen aus einer eher eigennutzorientierten Perspektive (Vorteile und Nachteile des jeweiligen Einstellungsobjektes werden für die eigene Person eingeschätzt), die sich in der Regel auf Objekte (im Falle der Mobilität spezifische Verkehrsmittel oder Formen der Fortbewegung) beziehen. Diese Bewertung ist aber kein rationales Zusammenstellen von Vor- und Nachteilen, sondern ist Ergebnis aus individuellen subjektiven Erfahrungen – weswegen Einstellungen kognitive, affektive und verhaltensbezogene Elemente beinhalten können (vgl. Hunecke 2015: 16).

Einstellungen sind verhaltensrelevant, da sie im vorgelagerten Entscheidungsprozess die Vorstrukturierung und Ausrichtung der Informationsverarbeitung beeinflussen – dennoch besteht zwischen Einstellung und tatsächlichem Verhalten ein großer Unterschied (auch im Mobilitätsbereich). Wenn die Einstellungen leicht abrufbar bzw. zugänglich sind und eine zeitliche Stabilität aufweisen, haben sie den stärksten Einfluss auf zukünftiges Verhalten (vgl. Glasman & Albarracín 2006).

In der Literatur werden zur inhaltlichen Charakterisierung die Motive für die Nutzung von Verkehrsmitteln in drei Kategorien eingeteilt (vgl. Steg 2005)¹⁶:

- *Instrumentelle Motive* beziehen sich darauf, inwiefern das einzelne Verkehrsmittel dazu beiträgt die individuellen Mobilitätsziele zu erreichen (Aufwand für die Nutzung des Verkehrsmittels in Bezug auf Zeit, Kosten und Überwindung von räumlichen und organisatorischen Barrieren).
- *Affektive Motive* beziehen sich auf den hedonischen Erlebniswert der Verkehrsmittelnutzung, z.B. positive Emotionen wie Freude durch das Unterwegs sein (mit einem bestimmten Fahrzeug) oder negative Emotionen aus Stressbelastungen wie dem Warten in Staus oder der Enge in überfüllten öffentlichen Verkehrsmitteln.
- *Symbolische Motive* beziehen sich auf die Bewertung des sozialen Status und Aspekte der sozialen Identität von Personen und fungieren damit als symbolische Bewertungen der Alltagsmobilität, die sozial vermittelt und durchaus emotional wirksam werden können.

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor Mobilitätseinstellungen abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkmal	Ausprägung			
	Verändern	Festhalten	Spannung	Balance
Technikaffinität	hoch		mittel	gering
Einstellungen Shared Mobility	symbolisch (Besitz vs. Nicht-Besitz / Umwelt)		affektiv (Flexibilität, Souveränität der Verkehrsmittelwahl)	instrumentell (Kosten, Zeit, Komfort, Verlässlichkeit, planbarkeit)
Einstellung Ride Sharing	symbolisch: (Toleranz)		affektiv: (Nähe, Sympathie)	instrumentell: (Umwege, Wartezeiten, geringe Kosten)
Einstellungen AvF	symbolisch (Technikaffinität, -feindlichkeit)		affektiv: (Befürchtungen, Risiken)	instrumentell: „sinnvolle“ Tätigkeiten während der Fahrt
Einstellungen Auto	symbolisch: (Ansehen, Prestige)		affektiv: (Fahrspaß, Freiheit)	instrumentell: (Gepäckmitnahme, flexibel von A nach B, Notwendigkeit weil keine Alternative)
Ressourcen (Zahlungsfähigkeit)	Zeit viel, Geld wenig	Geld viel, Zeit wenig	beides viel	beides wenig

¹⁶ Allerdings ist weder aus Innensicht der VerkehrsteilnehmerInnen (vgl. Mann & Abraham 2006), noch für die empirische Überprüfung der Trennschärfe der drei Einstellungsdimensionen (vgl. Gatersleben & Uzzell 2007), eine eindeutige inhaltliche Abgrenzung zwischen den drei Kategorien möglich. In Bezug auf empirische Untersuchungen gibt es außerdem methodische Schwierigkeiten bei der Erfassung von Einstellungen mitzudenken – v.a. bei Befragungen durch das Phänomen der sozialen Erwünschtheit. So lassen sich die symbolisch-affektiven Bewertungen nur eingeschränkt über Selbstberichte in Befragungen erfassen. Umso direkter die Befragten hier mit den symbolisch-affektiven Dimensionen der Pkw-Nutzung konfrontiert wurden, umso stärker antworten sie im Sinne der sozialen Erwünschtheit und rationalisierten ihre persönliche Verkehrsmittelwahl durch instrumentelle Motive (vgl. Steg et al. 2001).

Werte

Werte im Gegensatz zu Einstellungen haben eher eine allgemeine Orientierungsfunktion und beziehen sich auf generalisierte, abstrahierte Lebensziele, wodurch sie sich weniger eignen um Verhalten direkt ableiten zu können. Sie können aber als vorgeschaltete Einflussfaktoren einen substantiellen Beitrag zur Erklärung von Normen und Einstellungen leisten (Value-Belief-Norm Theorie, in der Werte als Prädiktoren für umweltbezogene Normen und Einstellungen postuliert werden, vgl. Stern et al. 1999).

Technikaffinität

Unter Technikaffinität versteht man den Grad der Anziehung, welche technische Artefakte durch ihre Verwendung (behavioral), das Wissen hinsichtlich der Funktionsweise (kognitiv) oder auf den Gemütszustand (affektiv) auf eine Person ausüben (vgl. Seebauer et al. 2010: 49). Technikaffinität fungiert als Einstellungskonstrukt mit emotionalen, kognitiven und verhaltensbezogenen Aspekten und bezieht explizit auf die eigene Person und den persönlichen Umgang mit konkreten Technologien. Technikaffine Einstellung kann dabei als relevantes Segmentierungskriterium für die Verwendung von modernen digitalen Technologien herangezogen werden (vgl. z.B. Seebauer et al. 2010, Eberhard 2005, Franken & Luley 2005). In diesem Kontext umfasst Technikaffinität einen technikfreundlichen Lebensstil und eine Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien – hoch technikaffine Menschen könnten demnach vorrangig zu den NutzerInnen von AV Fahrzeugen zählen.

Einstellungen gegenüber Shared Mobility

Die Entwicklung hin zum Teilen statt Besitzen lässt sich nicht nur auf die technologischen Entwicklungen zurückführen, sondern ist auch Resultat eines Wertewandels der Gesellschaft. So verändert sich die Einstellung in Bezug auf den eigenen Pkw und es ist generell ein kultureller Wandel mit Bedeutungsverlust von Eigentum in der Gesellschaft zu verzeichnen (vgl. z.B. Priddat 2015; Owyang et al. 2014; Botsman 2013), demgegenüber erlangen Werte wie Multioptionalität und Autonomie große Bedeutung (vgl. Kaup 2013). Mit Shared Mobility werden moderne Werte, ein Zugewinn an Freiheit sowie hohe Flexibilität und Ungebundenheit assoziiert (vgl. Harms 2003) und z.B. Ride Sharing als Ausdruck eines bestimmten Lifestyles praktiziert (vgl. Beckmann und Brügger 2013). Auch das „grüne Image“ etwa von Car Sharing kann zu einer wachsenden Nutzergemeinschaft beitragen (vgl. z.B. Steding et al. 2004). In engem Zusammenhang dazu stehen soziale Innovationen, angetrieben von der Nachhaltigkeitsbewegung und einer veränderten Konsumorientierung, welche sich nach und nach zum Mainstream etabliert (vgl. Walsh 2011).

Hemmender soziokultureller Faktor ist v.a., dass die Alltagsmobilität von Routinen geprägt ist und in diesem Zusammenhang ältere Menschen eine besonders schwer zu erreichende Zielgruppe für Sharing-Angebote sind. Mangelnde Erfahrungen mit alternativen Verkehrsmitteln und Überforderungen durch fehlende Kenntnisse der Nutzungsweise (insbesondere der technischen Komponenten) verstärken die Fixierung auf das Auto als bevorzugtes Fortbewegungsmittel (vgl. Hefner 2013). Außerdem gibt es (über alle NutzerInnen-Gruppen hinweg) Vertrauens- und Sicherheitsbedenken, v.a. bei C2C Angeboten. Shared Mobility beinhaltet immer eine soziale Komponente, man braucht Vertrauen in die anderen NutzerInnen (vgl. Roland Berger 2014: 7).

Sharing-Motive können in vier Bereiche zusammengefasst werden (vgl. Bucher & Fieseler 2015):

- (1) weil es ihnen Spaß macht
- (2) weil sie anderen helfen möchten
- (3) weil sie dadurch unternehmerisch tätig werden möchten
- (4) weil sie ihr persönliches Einkommen aufbessern möchten

Hedonische Gesichtspunkte sind dabei die am häufigsten genannten Motive, seine Güter mit anderen zu teilen, weit vor monetären Motiven. Dies bedeutet nicht, dass finanzielle Gesichtspunkte irrelevant wären, jedoch sind spielerische und spaßorientierte Aspekte gute Alleinstellungsmerkmale für Sharing-Angebote. Während früher Umweltaspekte für die Shared Mobility vorrangiger Motivator waren, fungieren nun Alltagskompatibilität und Kostenersparnisse als vorrangige Motive.

Das UbiGo MaaS Pilotprojekt in Schweden zeigte, dass MaaS das Potenzial hat Mobilitätseinstellungen zu ändern: TeilnehmerInnen haben sich im Zuge des Projektes weniger positiv gegenüber dem privaten Auto und positiver gegenüber alternativen Verkehrsträgern wie Car Sharing, Bike Sharing und ÖV eingestellt (vgl. Sochor et al. 2016).

Einstellungen gegenüber Ride Sharing

Bei den Einstellungen in Bezug auf Ride Sharing findet sich ein starkes Zusammenspiel aus symbolischen, affektiven und instrumentellen Motiven – zum Teil mit ambivalenter Wirkweise. Sowohl die positiven Einstellungen, als auch die negativen Einstellungen lassen sich in die drei Motiv-Unterkategorien einordnen. Bei den positiven Einstellungen kommen auf instrumenteller Motivebene folgende Aspekte vorrangig zum Tragen (vgl. Nielsen et al. 2015: 119):

- Kostenersparnisse: Ride Sharing ist oftmals günstiger als andere Verkehrsmittel
- Flexibilität: man ist nicht auf Haltestellen des ÖV und damit auf die Ziele in der Nähe dieser angewiesen
- Geschwindigkeit: weniger Haltestopps als bei ÖV-Massentransportmittel

Negativ auf instrumenteller Ebene wirkt zum einen die Abhängigkeit vom FahrerIn/Verfügbarkeit und zum anderen mögliche Umwege (oftmals mehrere Stopps, ineffizientere Routen, dadurch längere Reisezeit) (vgl. Nielsen et al. 2015: 118).

In Bezug auf affektive Motive spielen zum einen die sozialen Kontakte und der soziale Austausch und zum anderen der wahrgenommene Komfort (Sitzplatz, Temperatur ...) eine Rolle (vgl. Nielsen et al. 2015: 119). Negativ wirken auf affektiver Ebene v.a. Vertrauen und Sicherheitsaspekte. Außerdem wird das Auto als privater Raum wahrgenommen, wo man als MitfahrerIn in diese Privatsphäre eindringt, was oftmals mit einem komischen/peinlichen/unguten/verlegenen Gefühl verbunden ist (vgl. Nielsen et al. 118).

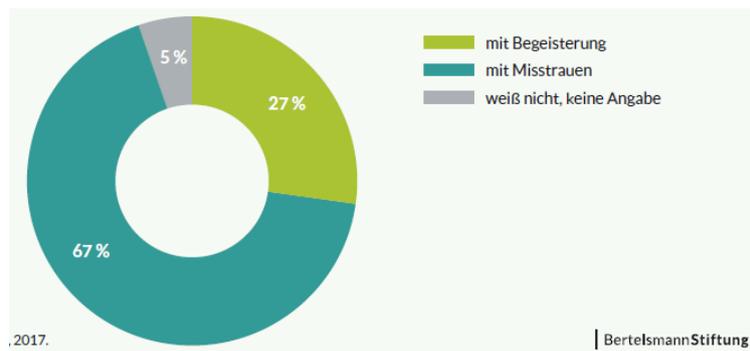
Auf symbolischer Ebene kann mit Ride Sharing ein gewisser Lebensstil und Werthaltung, z.B. Toleranz, Umweltbewusstsein etc. nach außen getragen werden. Allerdings spielt der Umweltgedanke als Motiv für Ride Sharing nur eine sehr untergeordnete Rolle (vgl. Nielsen et al. 2015: 120). Negativ auf symbolischer Ebene kann wirken, dass Ride Sharing einem nicht die emotionale Freiheit oder das soziale Prestige verleiht, die oftmals mit einem eigenen Auto verbunden sein kann (Statussymbol Auto) (vgl. Nielsen et al. 2015: 119).

Einstellungen gegenüber AV

Aktuell ist in der öffentlichen Debatte häufig noch gar nicht klar, von was genau die Rede ist, wenn von AV gesprochen wird. Dadurch ist es für Personen schwierig zu prognostizieren, was konkret der Nutzen für sie sein könnte – auf individueller und gesellschaftlicher Ebene. Momentan ist nur zu erahnen, welche Wertzuordnungen beim automatisierten Fahren die wichtigsten Rollen einnehmen – Themen wie Sicherheit, Komfort, Kostenersparnis, Umweltverträglichkeit, Zeitersparnis, Chancengleichheit etc. spielen eine wichtige Rolle (vgl. Fraedrich & Lenz 2015: 657).

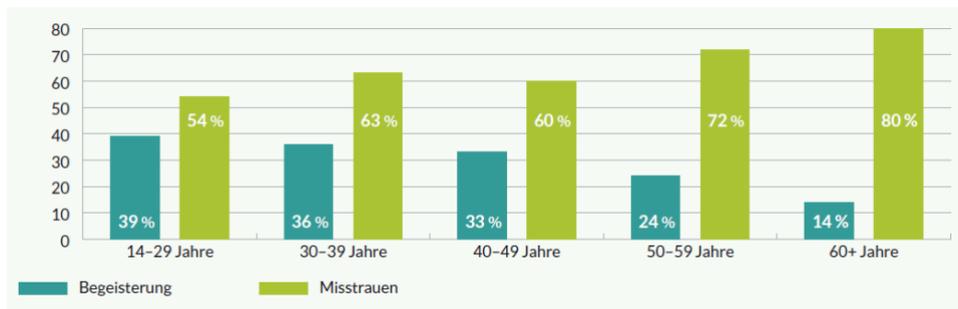
Die Ambivalenz in den Einstellungen zum AV kommt v.a. zum Ausdruck, wenn man Aussagen auf der sachlich-objektbezogenen Ebene um Aussagen auf der affektiv-subjektiven Ebene ergänzt: Während das automatisierte Fahrzeug als solches eine vornehmlich positive Bewertung erfährt, gibt es doch gleichzeitig ein ausgeprägtes Misstrauen und eine deutliche Skepsis bis hin zur Ablehnung gegenüber dem automatisierten Fahren und der Einführung von automatisierten Fahrzeugen in das Verkehrssystem. Diese Einstellung ist besonders häufig mit der Angst vor negativen sozialen Folgen, aber auch vor dem Verlust von Freiheit assoziiert (vgl. Fraedrich & Lenz 2015: 655f.).

Die Einstellungen der deutschen Bevölkerung gegenüber dem automatisierten Fahren wurden 2017 vom Meinungsforschungsinstitut Kantar Emnid im Auftrag der Bertelsmann Stiftung ermittelt (n=1.015, Telefoninterviews, Ergebnisse sind repräsentativ für die deutschsprachige Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ab 14 Jahren). Komplette automatisiert-fahrenden Fahrzeugen steht eine deutliche Mehrheit der Befragten eher skeptisch gegenüber. Begeistert blickt nur etwas mehr als ein Viertel dieser sich abzeichnenden Entwicklung entgegen (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 3).



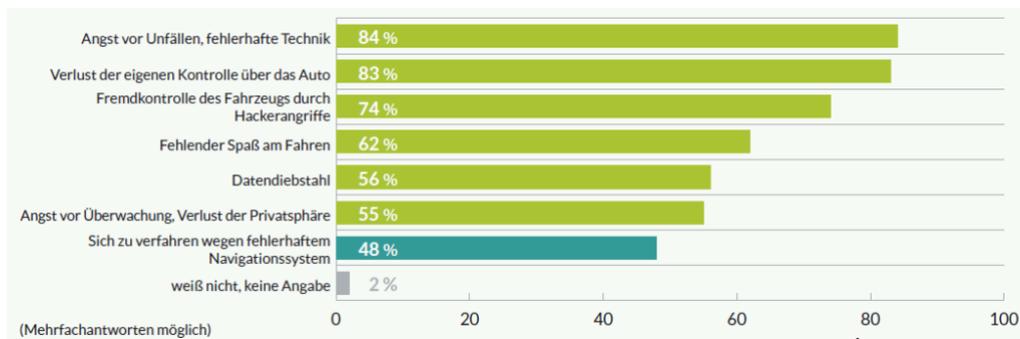
Automatisiertes Fahren: Begeisterung vs. Misstrauen (Quelle: Bertelsmann Stiftung 2017: 3)

In Hinblick auf die Einstellungen gegenüber AV bestehen Unterschiede bei den Geschlechtern und Altersgruppen: Männer und unter 50-Jährige sehen die Möglichkeiten automatisierten Fahrens im Durchschnitt erheblich positiver als Frauen und über 50-Jährige. Dennoch überwiegt deutlich bei beiden Geschlechtern und in allen Altersgruppen der Anteil der Misstrauischen (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 4).



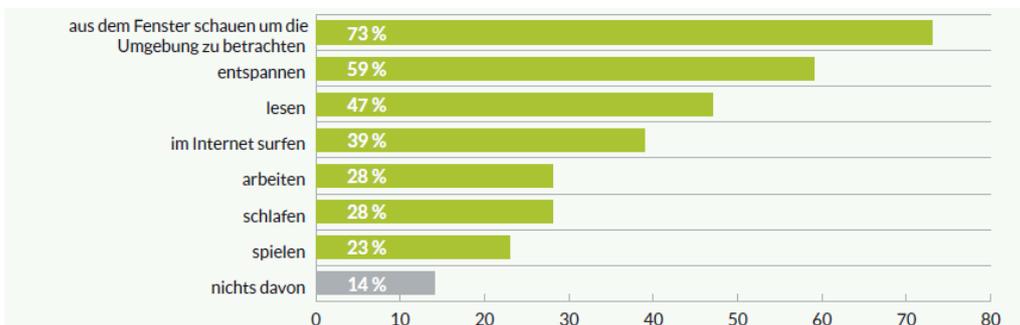
Automatisiertes Fahren: Begeisterung vs. Misstrauen nach Altersgruppen (Quelle: Bertelsmann Stiftung 2017: 4)

Dabei überwiegen affektive Motive als Gründe für das Misstrauen gegenüber AV: Ängste vor Unfällen und fehlerhafter Technik sowie Angst vor dem Verlust der eigenen Kontrolle über das Fahrzeug, fehlender Spaß am Fahren (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 4).



Gründe für Misstrauen (Quelle: Bertelsmann Stiftung 2017: 4)

Auf instrumenteller Ebene spricht für den Einsatz von AV, dass die Fahrzeit „sinnvoll“ genutzt werden kann – das Auto während der Fahrt nicht mehr selbst steuern zu müssen, würde ermöglichen, Zeit für andere Tätigkeiten zu haben. Danach gefragt, wie sie diese frei gewordene Zeit nutzen würden, gibt eine deutliche Mehrheit an, am liebsten einfach aus dem Fenster schauen oder ganz allgemein entspannen zu wollen (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 6). Trotz des Wunsches, bei der Fahrt abschalten und entspannen zu können, erwartet nur eine Minderheit von 34%, dass automatisiertes Fahren tatsächlich mehr Freizeit ermöglichen wird (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 7).



Tätigkeiten während der Fahrt in einem automatisiert fahrenden Auto (Quelle: Bertelsmann Stiftung 2017: 6)

Einstellungen gegenüber dem eigenen Auto

Die Wahrnehmung von automatisiertem Fahren ist stark mit subjektiven und persönlichen Motiven der eigenen Autonutzung verwoben – das zeigt eine Untersuchung¹⁷, wo Aussagen aus Kommentaren zum automatisierten Fahren analysiert wurden (vgl. Fraedrich & Lenz 2015). Die Analyse konnte zwei gegensätzliche Pole der Einstellungen identifizieren (vgl. Fraedrich & Lenz 2015: 654):

- Auf der einen Seite stehen instrumentelle Motivlagen, die den Komfort und Flexibilität des Autos sowie „allgemeine“ Vorteile des motorisierten Individualverkehrs betonen. Solche Aussagen enthalten zumeist auch eine eher positive Einschätzung und Bewertung des automatisierten Fahrens.
- Auf der anderen Seite spielen affektive Motive, wie Freiheit, Individualität, Kontrolle und den Spaß am Autofahren, eine Rolle – die meist mit einer skeptischen bis ablehnenden Haltung gegenüber der neuen Technologie verknüpft sind.

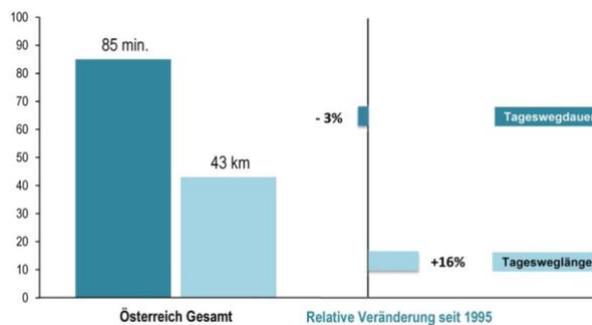
Während sich besonders in den Ballungsräumen die Einschätzung verbessert hat, dass auch der ÖV gut zur Bewältigung der Alltagsmobilität genutzt werden kann, ist in den übrigen Räumen ein negativer Trend hin zum MIV erkennbar – v.a. durch den Faktor Privatsphäre und die Möglichkeit körperliche Nähe zu meiden. Privatsphäre ist ein Gut, das trotz allem Pragmatismus im ÖPNV sehr vermisst wird (vgl. Phleps et al. 2015: 58, 90).

Verfügbare Ressourcen

Die realisierte Mobilitätsnachfrage ist das Ergebnis des Zusammenspiels von Einstellungen, Mobilitätsbedürfnissen und -wünschen auf der einen Seite und einschränkenden Rahmenbedingungen auf der anderen Seite (vgl. Hängerstrand 1970). Auf individueller Ebene stellen dabei verfügbare Budgets – Kostenbudget und Zeitbudget – eines der entscheidenden Regimes dar.

In den 1970er Jahren wurde von Zahavi (1974) und Goodwin (1973) die These des konstanten Zeitbudgets begründet, die besagt, dass die für Mobilität aufgewendete Zeit über die Jahrzehnte hinweg in etwa gleich oder doch ähnlich geblieben ist, während sich der Umfang der zurückgelegten Distanzen deutlich erhöht hat. Diese These wird zunehmend von der Auffassung abgelöst, dass das Mobilitätszeitbudget keine konstante Größe darstellt, wenngleich der Zeitaufwand für Mobilität relativ stabil, d.h. über die Jahre hinweg nur langsam veränderlich, erscheint – und durch die Idee „des relativ stabilen Zeitbudgets“ ersetzt. So schlug bereits Heinze (1979) die These von einem zwischen einer Ober- und Untergrenze oszillierenden individuellen Reisezeitbudget vor (vgl. Heinze 1979: 9).

Die Daten aus Österreich Unterwegs (vgl. bmvt 2016e) unterstreichen die These des „relativ stabilen Zeitbudgets“ bei Zunahme der zurückgelegten Distanzen:



Wochentag; Werktag; Jahreszeit: Gesamtjahr; Kategorien: AT, Raumtypen; Stichprobe: n=145.384 Wege

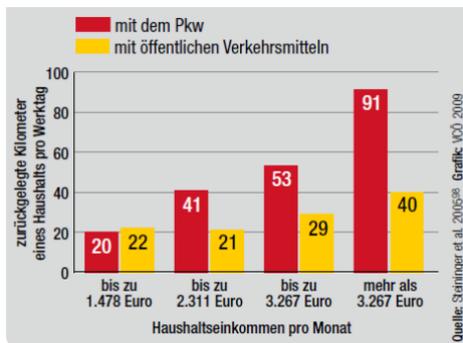
Mittlere Tageswegedauer (Minuten/Tag) und Tageswegelänge (Kilometer/Tag) je mobiler Person (Quelle: Klimabündnis 2018)

Durch Routinen im Wochenrhythmus sind die Reisezeiten intrapersonell von Woche zu Woche vergleichsweise stabil. Die zeitlichen Regimes der VerkehrsteilnehmerInnen sind allerdings Veränderungen unterworfen, z.B. durch Veränderungen der Arbeitszeiten, Liberalisierung der Öffnungszeiten, demografischer Wandel mit mehr Personen in Pension (vgl. Kuhnimhof & Schnittger 2009: 37f). Durch technologische Entwicklungen im Sektor der Informations- und Kommunikationstechnologie (Handy, Laptop, Tablet, ...) bekommt die synchrone Nutzung der Mobilitätszeiten mit anderen

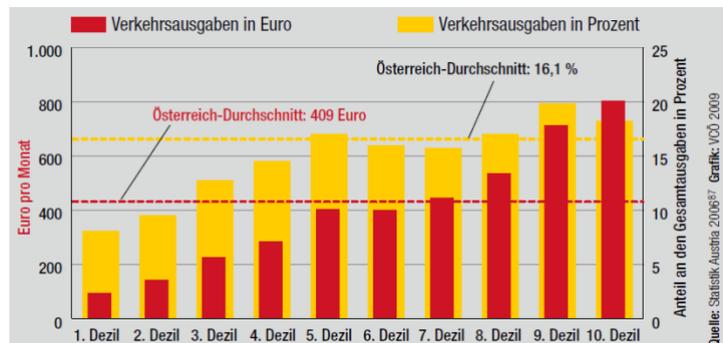
¹⁷ Der methodische Zugang erfolgte über die Auswertung der Rezeption von Online-Artikeln weit verbreiteter Printmedien; diese Rezeption ist in Form von online verfügbaren Kommentaren seitens der Nutzerinnen und Nutzer nachvollziehbar

Aktivitäten eine besonders aktuelle Bedeutung. Das Projekt mobilTIMES (2016-2018) beschäftigt sich in diesem Kontext mit Konzepten für eine multifunktionale Nutzung des Mobilitäts-Zeitbudgets. Individuelle Multitasking Strategien lassen eine eindeutige Zuordnung ausschließlicher „Mobilitätszeit“ nicht mehr zu. De facto können durch die Angabe von „nutzbarer“ Zeit eine andere Reihung und damit Entscheidungsgrundlagen geschaffen werden, die den Vorteilen der Zeitverwendung im ÖV Rechnung tragen. Weitere aktuelle Relevanz erhält das Thema in Hinblick auf gegenwärtige Entwicklungen, wie zum Beispiel im Kontext von automatisiert fahrenden Fahrzeugen (vgl. FFG 2016).

Neben dem Zeitbudget spielen auch die vorhandenen finanziellen Ressourcen für die Mobilität eine wichtige Rolle. So zeigt eine Studie des VCÖ (2009), dass die Teilnahme am Verkehr in der Bevölkerung ungleich verteilt ist (neben finanziellen Aspekten spielen hier auch die Unterschiede Stadt/Land und geschlechterspezifische Faktoren eine Rolle). Je höher das Einkommen, desto mehr Verkehrsleistungen werden beansprucht. Allerdings steigt die Autonutzung überproportional mit dem Einkommen. Das heißt, wenn Autofahren gefördert wird, werden die Wohlhabenden überproportional gefördert – jede Förderung des Autoverkehrs stärkt daher soziale Ungleichheiten (vgl. VCÖ 2009: 9f).



Haushaltseinkommen und zurückgelegte Kilometer (Quelle: VCÖ 2009: 9)



Verkehrsausgaben und deren Anteil an Gesamtausgaben (Quelle: VCÖ 2009: 11)

Menschen mit hohem Einkommen können Verkehrsleistungen wesentlich intensiver nutzen. Menschen mit geringem Einkommen haben nur einen geringen Teil ihres monatlichen Haushaltsbudgets für Mobilität zur Verfügung. Besonders deutlich wird dies, wenn Haushalte nach ihrem Einkommen in zehn Teile, so genannte Dezile, geteilt werden: Jene Haushalte mit dem niedrigsten Einkommen (weniger als 1.034 Euro) verwenden nur 8,1 Prozent ihrer Ausgaben für Verkehr, der Durchschnitt der Verkehrsausgaben in Österreich liegt bei 16,1 Prozent (vgl. VCÖ 2009: 11).

Die Studie kommt so zu dem Schluss, dass die Förderung des ÖV besonders Frauen und ärmere Bevölkerungsgruppen in ihrer Mobilität unterstützt und mehr Chancengleichheit ermöglicht. Wer in seiner Mobilität stark eingeschränkt ist, sei es aus finanziellen, zeitlichen oder sozialen Gründen, läuft Gefahr, auch von gesellschaftlichen Prozessen ausgeschlossen zu werden. Diese „Mobilitätsarmut“ führt zu einer Benachteiligung in anderen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens (vgl. Runge 2005). Häufig sind es Menschen mit geringem Einkommen, arbeitslose Menschen, Menschen mit körperlichen Behinderungen oder ältere Menschen, die unter Mobilitätsarmut leiden (vgl. Lange 2008). Das Problem der Mobilitätsarmut aus Geld- und Zeitmangel wird im deutschsprachigen Raum unzureichend thematisiert (vgl. in einer erstmaligen Übersicht Runge 2005). In diesem Zusammenhang spielt die Einkommensarmut die größte Rolle. Im Diskurs wird der eingeschränkte bzw. verhinderte Zugang zum Mobilitätssystem als Bestandteil sozialer Ausgrenzung eingeordnet und mit Forderungen an eine Politik der „social cohesion“ verbunden. Bezogen auf den Nachhaltigkeits-Diskurs ist dabei bedeutsam, dass der sozial erzwungene Mobilitätsverzicht in bestimmten sozialen Gruppen nicht als Zeichen für das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen gewertet wird. Vielmehr wird durch armutsbedingte Mobilitätsexklusion ein Aspekt sozialer Nicht-Nachhaltigkeit verstärkt, der die ökologischen Probleme der aktuellen Mobilität nicht löst, möglicherweise aber verdeckt (vgl. Dangschat & Segert 2011: 61).

Mobilitäts- und Verkehrspolitik

Die Verkehrspolitik zeichnet sich durch eine ungewöhnlich ausgeprägte Diskrepanz zwischen programmatischem Anspruch und realer Umsetzung, sprich tatsächlicher Verkehrsentwicklung, aus. Das traditionelle Verständnis von Verkehrspolitik wurde stark von den Wirtschaftswissenschaften geprägt (Orientierung an naturwissenschaftlichen Standards, „exakte“ Wissenschaft), wodurch sich Sozialwissenschaften vom Thema Verkehrspolitik distanzieren und Verkehr lange Zeit als ökonomisches Phänomen reduziert wurde (vgl. Schwedes 2016: 3).

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor Mobilitäts- und Verkehrspolitik abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkm al	Ausprägung			
Politische Logik / Governance (Rolle des Staates und Marktes)	<ul style="list-style-type: none"> • starker Staat: Unterstützung technologischer Innovationen, politische Strategien, Roadmaps, Positionierung und breite Verankerung • Eher schwacher Markt 	<ul style="list-style-type: none"> • Starker Staat: Steuerung technologischer und sozialer Innovationen politische Strategien, Roadmaps, Positionierung und breite Verankerung • Eher schwacher Markt 	<ul style="list-style-type: none"> • schwacher Staat: laissez-faire • eher starker Markt 	<ul style="list-style-type: none"> • schwacher Staat: schwindende Wohlfahrt, • eher starker Markt
Richtung der Treiber	Top-down		Bottom-up	beides
Ziele	(ökologische) Nachhaltigkeit	Wettbewerb / Wirtschaftsförderung	Kostenwahrheit (einschließlich externer Effekte)	Soziale Inklusion (z.B. Daseinsvorsorge)
Stadt- und verkehrspolitische Rahmenbedingungen	Regulierung: starkes Kartellrecht, hohe Standards zur Verkehrssicherheit, hoher individueller Datenschutz, starke Standardisierung, starke Qualitätsvorgaben, hohe Umweltstandards...		Deregulierung: fehlendes bzw. schwaches Kartellrecht, geringe Standards zur Verkehrssicherheit, geringer individueller Datenschutz, schwache Standardisierung, wenig Qualitätsvorgaben, geringe Umweltstandards...	
AV Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • aktive, integrierte Bereitstellung von digitaler und baulicher AV Infrastruktur durch den Staat • V2X-Vehicle-to-Everything, flächendeckende 5G Netze • Flächen für Infrastruktur V2X, Echtzeit Verkehrslage, Standardisierung und Harmonisierung von Daten, Trennung von Fahrstreifen für Fahrzeuge unterschiedlicher AV Level (Level 3 bzw. 4 zu Level 5) verbunden mit großen Investitionen 		<ul style="list-style-type: none"> • passive Bereitstellung von digitaler und baulicher AV Infrastruktur durch den Staat 	<ul style="list-style-type: none"> • aktive, sektorale Bereitstellung von digitaler AV („mobile Netzwerke“) Infrastruktur durch den Staat und durch PPP Modelle z.B. mit OEMs • V2V-Vehicle-to-Vehicle, flächendeckende 5G Netze, Clouds • Echtzeit Verkehrslage Standardisierung und Harmonisierung von Daten
Zielausrichtung	„Rational Planning“, Fachwissen, ExpertInnenurteile, rationale Argumentationen	normativ, wertend, technologieorientiert	normativ, wertend, umweltschutzorientiert	normativ, wertend, inklusionsorientiert
Fokus Förderung von Verkehrsangebot	ausgewogen	aktive Mobilität	ÖV	Auto
Ziele und Maßnahmen: Evaluierung und Konsistenz	<ul style="list-style-type: none"> • breit akkordierte, klare Ziele auf unterschiedlichen Zielebenen • umfassende, messbare, überprüfbare Indikatoren • vorhandene Konsistenz zwischen Zielen und Maßnahmen (sowie zwischen Zielen) • systematische Überprüfung mittels Evaluation auf der Basis von Standards • hohe Maßnahmenkonsistenz 		<ul style="list-style-type: none"> • wenig akkordierte, unpräzise Ziele sektorale, schwer messbare Indikatoren • fehlende Konsistenz zwischen Zielen und Maßnahmen (sowie zwischen Zielen) • fehlende Überprüfung mittels Evaluation, inkonsistente Zielsetzungen • geringe Maßnahmenkonsistenz 	
Steuerung Mobilität	Pull		Push	Pull & Push
Relevante Planungs-/Umsetzungsinstrumente	PPP Modelle		integrierte Planung	
Innovationsinteressen Wirtschaft	innovativ, offensiv, disruptiv		abwartend, defensiv, inkrementell, risikoavers	
Finanzierungsmodell Mobilität (ÖV)	Subvention		Mischform	privatwirtschaftlich

Politische Logik und Rolle des Staates

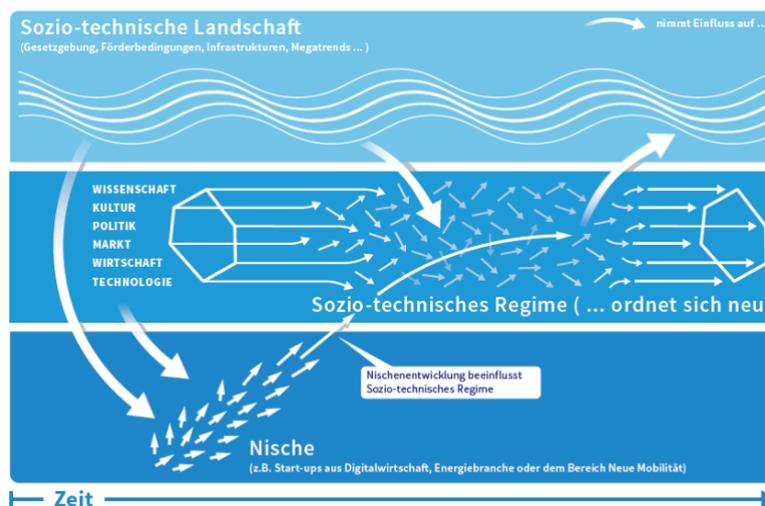
Die Rolle des Staates spielt für die Logik der Verkehrspolitik eine wesentliche Rolle, fungiert doch der Staat traditionell für den Verkehrssektor als zentraler Akteur. Die Funktionsweise des Staates scheint sich im Zusammenspiel mit den anderen Kräften Markt und Zivilgesellschaft (Akteur: moderne Mensch, individuelle Mobilitätsbedürfnisse), angestoßen durch globale Entwicklungstendenzen, im Zuge gesamtgesellschaftlicher Transformationsprozesse zu wandeln (vgl. Cerutti 2007). So kommt in der Literatur immer wieder die Frage auf: Welche Rolle kann nationale Verkehrspolitik überhaupt noch spielen und welche neuen/alten Instrumente stehen ihr zur Verfügung? (vgl. Schwedes 2016: 22)

Eine neoliberale wirtschaftstheoretische Sichtweise schränkt bspw. verkehrspolitische Handlungsspielräume stark ein (konzentriert sich auf die ökonomischen Effekte und behandelt soziale oder ökologische Aspekte nachrangig). Staatliche Aktivitäten sollen sich auf die Gewährleistung von freier Entfaltung privater Marktinteressen konzentrieren (vgl. Schwedes 2016: 15). Alte Regulationsmechanismen werden intensiviert: Finanzialisierung, Kürzungsdiktate, Privatisierung, Flexibilisierung, Pragmatisierung, Entdemokratisierung. Der Staat agiert mit einem kurzfristigen Krisenmanagement mit dem Ziel der Bewahrung der grundlegenden Strukturen (vgl. Candeias 2013: 3). Verkehrspolitik nimmt dabei eine moderierende Rolle, die den dominanten wirtschaftlichen Prozessen folgt (vgl. Schwedes 2016: 15). Die Möglichkeit, eigenständig gestaltend und die Entwicklung unter politischen Gesichtspunkten steuernd einzugreifen, wird ihr abgesprochen bzw. sogar als kontraproduktiv erachtet (vgl. Aberle 1993). Im Grunde kommt es bei diesem Modell zu einer Fortsetzung der fossilistischen Produktions- und Lebensweise und nur zu symbolischen sozialen und ökologischen Modifikationen (vgl. Candeias 2013: 3).

Demgegenüber stehen andere Modelle, wie z.B. der Green New Deal mit unterschiedlichen Ausprägungen (z.B. vgl. Schachtschneider 2009, Candeias 2013). Der „New Green Deal“ orientiert sich in seinen Grundannahmen an dem New Deal von Präsident Roosevelt in den 1930er Jahren. Ziel ist erneut eine Transformation der kapitalistischen Wirtschaft zu forcieren. Gemein ist allen Ansätzen das Setzen auf einen neuen grünen Innovationszyklus: Eine Kombination aus direkten staatlichen Investitionen in ökologische Infrastruktur einerseits und durch die Schaffung eines günstigen Rahmens für das Wachstum des Markts an „grünen“ Produkten und Dienstleistungen andererseits soll eine ökologische Ausrichtung gelingen. Unterschiedliche Ausprägungen des Modells gibt es hinsichtlich der sozialen Seiten des Deals, dem Ausmaß an regulatorischen Vorgaben und der Wachstumsfrage (vgl. Schachtschneider 2009).

Richtung der Treiber

Top-down und bottom-up Perspektiven werden in der Politik, Informatik, Anthropologie und Soziologie, Ökologie, Psychologie, Nanotechnologie, im Planungsverfahren und in der Managementtheorie verwendet. In der Politik bezeichnet bottom-up die von der Basis ausgehende Wirkung und top-down Kampagnen, die zentral koordiniert und finanziert werden (vgl. bmvit 2018c). In Bezug auf die Innovationspolitik kann das Technological Transition Modell von Geels (2002) herangezogen werden, um technologisch getriebene Transformation in drei Ebenen zu gliedern, die sich wechselseitig beeinflussen:



Technological Transition Modell (Quelle: Jonuschat et al. 2016: 10 nach Geels 2002)

Bottom-up: Laufende Aktivitäten in gesellschaftlichen und technologischen Nischen (z.B. Förderprojekte, einzelne Bürgerinitiativen, Start-ups) fungieren als Trigger für die Transformation. Die eher dynamischen Nischenentwicklungen werden eher von offenen, flexibleren Strukturen, einzelnen Institutionen und locker vernetzten Stakeholdern vorangetrieben – sichtbar oftmals erst durch ein Zusammenwirken mehrerer Akteure im Sinne einer „kritischen Masse“. Gerade wenn parallele Aktivitäten in der Nische gleiche Ziele verfolgen und sich mehrere Nischenakteure zum Beispiel zu

Innovationsnetzwerken zusammenschließen, kann auch aus der Nische heraus ein starker Änderungsdruck für das bestehende sozio-technische Regime entstehen (vgl. z.B. Gloor 2005, Komminos 2008).

Top-down: Auf Ebene der sozio-technischen Landschaft kumulieren Entwicklungen, die die Transformation unterstützen und neue Möglichkeitsräume eröffnen. Entwicklungen auf Ebene der Landschaft sind stets von festen Institutionen und Pfadabhängigkeiten geprägt. Die Mobilitätslandschaft wird dabei zum Beispiel von Verkehrsinfrastrukturen, mobilitätsbezogenen Gesetzgebungen, Fahrzeugtechnologien oder finanziellen Ressourcen für den öffentlichen wie privaten Verkehr bestimmt. Auch wenn die Entwicklungen auf Ebene der Mobilitätslandschaft „schwerfälliger“ als auf der Ebene der Nische sind, ist auch die Mobilitätslandschaft in Bewegung (vgl. Jonuschat et al. 2016: 11).

Verkehrspolitische Ziele und Maßnahmen

Auf der Ebene der politischen Leit- und Strategiepapiere zeigt sich eine starke Verknüpfung der Themen Mobilität und Klima-/Umweltschutz. Als europäischer Rahmen fungiert das von der Europäischen Kommission vorgelegte Weißbuch „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem“ (2011). Dort werden zehn Ziele für ein wettbewerbsorientiertes und ressourcenschonendes Verkehrssystem präsentiert, als Orientierungswerte zur Erreichung des Ziels einer Verringerung der Treibhausgasemissionen um 60 %. Die Ziele lassen sich in drei Themenfelder gliedern (vgl. Europäische Kommission 2011: 10f):

- (1) Neue und nachhaltige Kraftstoffe und Antriebssysteme
- (2) Multimodaler Logistikketten (u.a. durch stärkere Nutzung energieeffizienterer Verkehrsträger)
- (3) Steigerung der Effizienz des Verkehrs und der Infrastrukturnutzung durch Informationssysteme und marktgestützte Anreize

Darüber hinaus veröffentlichte die Europäische Kommission Leitlinien für die städtische Mobilitätsplanung (engl. Sustainable Urban Mobility Plans, SUMP) (2014). Dieser neue Planungsansatz fordert folgende Aspekte ein: Partizipation von AkteurInnen und BürgerInnen von Anfang an und während des gesamten Planungsprozesses; Integration von Praktiken und Strategien verschiedener Politikbereiche, Verwaltungsebenen und benachbarter Behörden; Verschneidung der Themen Wirtschaft, soziale Gerechtigkeit und Umweltschutz; messbare Zielvorgaben; Überprüfung von Verkehrskosten und -nutzen in Anbetracht von weiteren gesellschaftlichen Kosten und Nutzen. Die Guidelines formulieren das gewünschte Vorgehen in Bezug auf den Prozess (Ziele – Maßnahmen – Indikatoren – Zuständigkeiten – Management – Monitoring/Evaluierung) (vgl. European Commission 2014).

Auf nationaler Ebene gibt es den Gesamtverkehrsplan Österreich (2012), der auf vier Zielebenen agiert (vgl. bmvit 2012):

- Sozial: Leistbarkeit gewährleisten, Raumplanung koordinieren bzgl. Baulandwidmung in Haltstellennähe, Qualität verbessern, Mobilitätsbedürfnisse berücksichtigen, Barrieren abbauen – alles in Bezug auf den ÖV
- Sicher: Schwerpunkt Verkehrssicherheit im Straßenverkehr
- Umweltfreundlich: Klimaschutzziele umsetzen – EU 20/20/20
- Effizient

Basierend auf diesen allgemeinen Zielen werden laut bmvit auch detaillierte Zielvorgaben und Umsetzungsprogramme formuliert – in den Dimensionen Infrastruktur, ÖV, Sicherheit, Intelligente Verkehrssysteme/Verkehrsauskunft, Technologie & Innovation (Forschungsförderung), Umweltschutz, Rücksichtnahme auf unterschiedliche Bedürfnisse. Allerdings werden im Dokument nicht zu allen Zielen quantifizierte Angaben mit Zeithorizont gemacht und auch Zuständigkeiten werden nicht angeführt.

Durch den Fokus auf die Verkehrsinfrastruktur lässt das Dokument einen weiten Spielraum für lokale Mobilitätsstrategien, z.B. für das Fachkonzept Mobilität Wien (2015). Dort werden die Ziele in sechs Themenfelder angeführt: fair, gesund, kompakt, ökologisch, robust und effizient. Die Modi ÖV und aktive Mobilität werden dabei stark in den Vordergrund gestellt (vgl. Stadt Wien 2015).

Oftmals dominieren in den Dokumenten deklaratorische oder lediglich ordinal skalierte Ziele. Neben dem Modal Split finden sich quantitative Ziele relativ häufig in den Bereichen Verkehrssicherheit (z.B. Halbierung der Zahl der Verkehrstoten bis zum Jahr X) und Umweltschutz (Emissions- bzw. Umweltqualitätsziele oder Zahl der Elektroautos) (vgl. Fichert & Grandjot 2016: 152).

Verkehrspolitik ist die Folge der Aktivitäten einer Vielzahl von AkteurInnen und Organisationen, die nach unterschiedlichen Rationalitäten handeln, sprich zum Teil sehr unterschiedliche Orientierungen und Zielsetzungen haben. So kann z.B. auch die Forschungsförderung in der Verkehrspolitik nur verstanden werden, wenn man sie das Ergebnis des Zusammen- (oder auch Gegeneinander-)wirkens dieser unterschiedlichen Rationalitäten versteht und analysiert (vgl. Meyer 2016: 601). Wissenschaft fungiert als Teil der verkehrspolitischen Einflusssträger, indem sie als ExpertInnen Fachwissen in die Diskurse einbringen. Während in der älteren Literatur zumeist die Auffassung vertreten wurde, dass Wissenschaftler „neutrale“, allein an den Bedürfnissen der Allgemeinheit orientierte Empfehlungen aussprechen, wird seit einiger Zeit vermehrt auf

die Eigeninteressen der Wissenschaftler hingewiesen (z. B. persönliches Renommee, Zugang zu Forschungsmitteln) (vgl. Fichert & Grandjot 2016: 145).

Stadt- und verkehrspolitische Rahmenbedingungen

Stadt- und verkehrspolitisch kommen vermehrt veränderte Rahmenbedingungen zum Tragen: Klima/Umweltschutz, Energiewende, demografische Veränderungen, Informations- und Kommunikationstechniken, ... Diese veränderten Rahmenbedingungen für Mobilität und Gütertransport in Städten und Regionen wie auch die Herausforderungen einer zukunftsfähigen, nachhaltigen Stadt- und Verkehrsentwicklung führen derzeit verstärkt zu neuen, zum Teil innovativen Mobilitätshandlungsstrategien und -handlungskonzepten. Durch die Ausdifferenzierung der Gesellschaft werden an die Gestaltung vielfältige Ansprüche gestellt, denen mit Hilfe von umfassenden Partizipationsprozessen begegnet werden soll. Als Reaktion auf die veränderten Rahmenbedingungen gibt es eine Vielzahl von stadt- und verkehrspolitischen Handlungsansätzen technologischer, organisatorischer, betrieblicher, kostenanlastender, informativer und rechtsetzender Art (vgl. Beckmann 2013a: 7ff).

Entscheidend scheint dabei die Verknüpfung von Technikinnovation und Verhaltensänderungen als Basis für einen „postfossilen Verkehr“ zu sein – veränderter Verkehrsmittelbesitz, veränderte Verkehrsmittelpräferenzen und Wertungen des Symbolgehalts bzw. des Images von Verkehrsmitteln, multimodale/intermodale Verkehrsmittelnutzung, vermehrte urbane Standortpräferenzen und neue technologische Entwicklungslinien. Diese Tendenzen gilt es durch angepasste Kostenstrukturen zu begleiten und durch veränderte gesellschaftliche und politische Werthaltungen zu unterstützen (vgl. Beckmann 2013b: 53).

Verkehrssicherheitsniveau

Das Thema Verkehrssicherheit beschreibt die sicherheitsgerichtete Gestaltung von Verkehrssystemen und hierbei insbesondere den Schutz menschlichen Lebens im Verkehr. Die anspruchsvolle Zielsetzung eines sicheren Verkehrs wird jedoch in der Realität meist nicht erreicht; vielmehr besteht oft eine Diskrepanz zwischen angestrebter und tatsächlich vorhandener Sicherheit im Verkehr. Der Auftrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit wird in vielfältiger Natur wahrgenommen, insbesondere durch die legislative Regelsetzung und die Ahnung durch die Exekutivorgane des Staates jedoch auch durch Erziehung und Ausbildung, Selbstverpflichtung und Kampagnen sowie Öffentlichkeitsarbeit, Anreize und Anerkennungen (vgl. Schnieder & Schnieder 2013: 4). Letztendlich können als insbesondere durch die Politik bzw. den Staat unterschiedliche Instrumente zur Erhöhung des Verkehrssicherheitsniveaus eingesetzt werden, je nachdem welches Verkehrssicherheitsniveau sich ein Staat zum Ziel setzt. Diese Ziele sind in Österreich im Österreichischen Verkehrssicherheitsprogramm festgeschrieben (vgl. bmvit 2016c: 22).

AV Infrastruktur, Innovations- und Forschungspolitik

Vom bmvit wurde 2016 der Aktionsplan Automatisiertes Fahren herausgegeben, der Rahmenbedingungen schaffen soll, um der forschenden Industrie zu ermöglichen, neue Technologien unter realen Bedingungen zu testen und weiterzuentwickeln. Oberziel ist dabei v.a. die Stärkung des Wirtschaftsstandort Österreich, als oberste Prämisse wird die Verkehrssicherheit genannt (vgl. bmvit 2016a). In diesem Kontext setzt auch das FFG-Förderprogramm in seiner strategischen Ausrichtung auf den Förderschwerpunkt Automatisiertes Fahren (2016, 2017). Das bmvit stellt für diese Initiative bis 2019 rund 20 Mio. € zur Verfügung. Diese sollen investiert werden in (vgl. FFG 2018):

- Aufbau von integrierten Forschung-/Entwicklung-/Testumgebungen (Mobilität der Zukunft)
- F&E Projekte (Mobilität der Zukunft, IKT der Zukunft)
- sicherheitskritische Forschungsaktivitäten (KIRAS)
- Stiftungsprofessuren für den Aufbau von wissenschaftlichen Kompetenzen

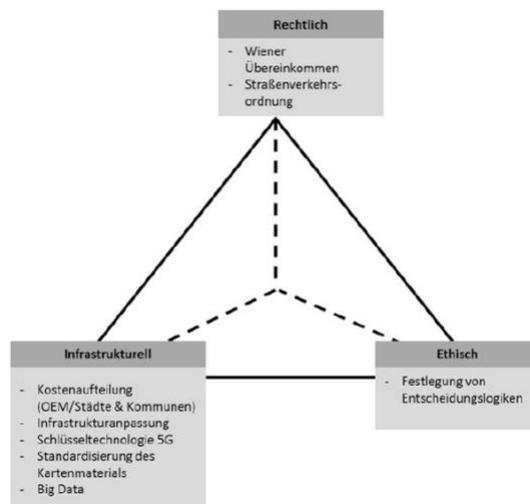
Im November 2018 wurde der zweite Aktionsplan bzw. das Aktionspaket Automatisierte Mobilität veröffentlicht. Er zieht eine Zwischenbilanz hinsichtlich umgesetzter Maßnahmen, Meilensteine und Aktivitäten und definiert die weitere Vorgehensweise im Zeitrahmen von 2019 bis 2022 (vgl. bmvit 2018a). Österreich solle ein Vorreiterland in Bezug auf Forschung, Entwicklung und Produktion von AF werden (vgl. bmvit 2018a: 5). Der Prozess der Erstellung des zweiten Aktionsplans beruht auf mehreren Schritten und inkludiert die Beteiligung von Forschung, Industrie, Städten, Straßenbetreibenden und zivilgesellschaftlichen Vereinen. Neben Workshops und bilateralen Gesprächen wurde auch eine Online-Befragung durchgeführt.

Die größten Potentiale des AF werden in Österreich im Bereich der Verkehrssicherheit, der Wertschöpfung und Beschäftigung sowie der Nachhaltigkeit wahrgenommen (vgl. bmvit 2018a: 5). Zudem wird ein „verkehrlich sinnvoller und effizienter Einsatz“ (bmvit 2018a) von AV in Österreich als notwendig erachtet. Lebenswerte öffentliche Räume werden adressiert, ebenso wie das Ziel der Stärkung der Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Umfeld. Gleichzeitig verweist der Aktionsplan (bmvit 2018a) auf das Ziel der Senkung von CO₂-Emissionen bis 2030 sowie ein CO₂-neutrales Verkehrssystem bis 2050.

Industriepolitische Handlungsempfehlungen bzw. Forderungen in Bezug auf AV agieren zumeist in folgenden Dimensionen (vgl. Fraunhofer IAO 2015, vbw 2016):

- Rechtsrahmen
- Infrastrukturpolitik: Relevanz einer zügigen Umsetzung notwendiger verkehrstechnischer Infrastrukturmaßnahmen, Finanzierungsbeteiligung durch Private ist in Betracht zu ziehen, flächendeckende 5G Netz und sichere und leistungsfähige IT-Infrastruktur für die Verkehrstelematik
- Datenstandards: Einigung der Hersteller auf gemeinsame Standards für Datenaustausch, im sicherheitsrelevanten und verkehrstechnischen Bereich Vernetzung der verschiedenen Backend-Systeme, Definition Mindeststandards an IT-Sicherheit zur Absicherung der Infrastruktur und Fahrzeugsoftware gegen externe Angriffe und Manipulation
- Wirtschaftspolitik: Förderung von Start-ups, Leitanbieterförderung, Leitmarktförderung
- Forschungspolitik: Automatisiertes Fahren und angrenzende Themenfelder (Umgebungserfassung, Künstliche Intelligenz ...) als Leuchtturmprojekte für den Standort, besondere Schwerpunktsetzung bei der Forschungsförderung, Schaffung von Testfeldern zur Erprobung des AV für alle Anwendungszwecke
- Bildungspolitik: Fachkräfte, Weiterbildungs- und Umschulungsmaßnahmen

Wagner & Kabel (2018: 319) ergänzen zu den oft genannten infrastrukturellen und rechtlichen Rahmbedingungen auch ethische Gesichtspunkte:



Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren (Quelle: Wagner & Kabel 2018: 319)

In Deutschland befasst sich seit September 2016, im Auftrag der Bundesregierung Deutschland, eine Ethikkommission mit den ethischen Herausforderungen, die durch die Nutzung hochautomatisierter/autonomer Fahrzeuge entstehen. Mittlerweile liegt ein Bericht zu den ethischen Regeln für den automatisierten und vernetzten Fahrzeugverkehr vor (vgl. BMVI 2017).

Steuerung Mobilität

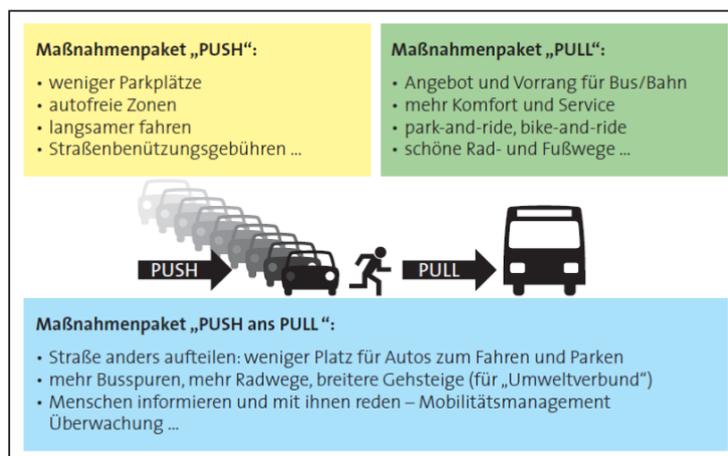
Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende im Verkehr können in Push- oder/und Pull-Maßnahmen („Carrots and Sticks“) unterteilt werden. Push-Maßnahmen sind dabei restriktive Maßnahmen, die darauf abzielen, bestimmte Transportmodi relativ unattraktiver zu machen. Pull-Maßnahmen demgegenüber sind fördernde Maßnahmen, die die relative Anziehungskraft bestimmter Modi erhöhen sollen. Insofern kann man einerseits von negativen, andererseits von positiven Anreizen sprechen (vgl. Bräuninger et al. 2012: 19). In der Regel sind Push-Maßnahmen wirksamer als Pull-Maßnahmen, haben aber oftmals ein Akzeptanzproblem.

Mit Push-Maßnahmen soll vor allem der motorisierte Individualverkehr (MIV) reduziert oder dessen Entstehen verhindert werden. Die Grundidee ist dabei weniger, den MIV gänzlich aus dem Transport-Mix zu verdrängen. Vielmehr geht es darum, den einzelnen Transportmodi ihre tatsächlichen sozialen Kosten anzulasten, damit Transportentscheidungen auf Basis realistischer relativer Preise gefällt werden. Demnach sollen einerseits externe Kosten (oder auch Nutzen) internalisiert und andererseits Verhaltensänderungen induziert werden. Push-Maßnahmen sind entweder ökonomischer oder regulatorischer Natur (vgl. Bräuninger et al. 2012: 20f):

- Ökonomische Instrumente zielen zwar hauptsächlich auf Verhaltensbeeinflussungen ab, können aber auch signifikante Einnahmen (beispielsweise zur Weiterverwendung für nachhaltige Verkehrsprojekte) generieren. Ökonomische Instrumente können nationalen oder regionalen/lokalen Charakter haben. Zu den nationalen ökonomischen Instrumenten zählen vor allem Steuern auf Treibstoffe und Fahrzeuge, zu den regionalen ökonomischen Instrumenten gehören insbesondere Straßennutzungs- oder Zufahrts- sowie Parkgebühren.
- Mit regulatorischen Instrumenten wie Zufahrtsbeschränkungen und ähnlichem kann grundsätzlich Verkehrsverhalten gesteuert werden, sofern es institutionell möglich ist, diese Maßnahmen zu implementieren. Effizienzüberlegungen sprechen jedoch dafür, sie nur als ergänzende Instrumente einzusetzen.

Pull-Maßnahmen zielen vor allem darauf ab, die Attraktivität der Alternativen zum MIV zu steigern. Letztlich sollen mit ihnen die Gesamtkosten vor allem des öffentlichen Personennachverkehrs und des nicht motorisierten Verkehrs (NMT) reduziert werden (vgl. Bräuninger et al. 2012: 21).

Oftmals wird auch eine Kombination aus Pull- und Push-Maßnahmen vorgeschlagen, siehe z.B. im Mobilität Leitfadens Klimaschutz in Gemeinden (2016), der vom Klimabündnis Österreich im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erstellt wurde. Eine Grafik soll das vorgeschlagene Maßnahmenpaket verdeutlichen, durch das die Bevölkerung weg vom Individualverkehr und hin zu klimafreundlicheren Verkehrsmitteln motiviert werden soll.



Beispiele für unterschiedliche Maßnahmenpakete im Bereich Mobilität (Quelle: Klimabündnis Österreich 2016: 7)

Planungs- und Umsetzungsinstrumente

Integrierte Verkehrsplanung meint die gemeinsame Betrachtung aller Verkehrsträger und die übergreifende Betrachtung von Stadtentwicklung, Umwelt und Verkehr (vgl. Holz-Rau 2011: 115f). Folgende Kriterien charakterisieren integrierte Konzepte (vgl. Beckmann 2013a: 9, Holz-Rau 2011: 118f):

- Verkehrsintegration: Sie betrachten alle Verkehrsmittel und Verkehrsarten gemeinsam (auch unter Miteinbeziehung des Güter- und Wirtschaftsverkehrs).
- Sie sehen baulich-infrastrukturelle, fahrzeugtechnische, betriebliche, organisatorische, anreizsetzende, ordnungsbehördliche und informatorische Maßnahmen vor.
- Horizontale Integration: Sie binden benachbarte Planungsräume ein.
- Vertikale Integration: Sie beziehen über- und untergeordnete Planungsebenen ein.
- Sie enthalten verschiedene zeitliche Wirkhorizonte.
- Sektorale Integration: Sie sehen eine interdisziplinäre Vorgehensweise in/mit Stadtentwicklung/Stadtplanung, sonstiger technischer Infrastrukturplanung, Sozialplanung, Umweltplanung usw. vor.
- Integration der Akteurebenen

Durch Planungsentscheidungen der öffentlichen Hand, privater Haushalte und von Unternehmen stößt die integrierte Planung aber zum Teil an ihre Grenzen, da sich aufgrund lokal und sektoral unterschiedlicher Zielsysteme und Kräfteverhältnisse sich diese Entscheidungen bei insgesamt geringen Raumwiderständen (v.a. Zeit und Kosten) in verkehrsabhängigen und verkehrsaufwändigen Entwicklungen ausdrücken (vgl. Holz-Rau 2011: 126f).

Public Private Partnership (PPP) ist ein Oberbegriff für verschiedene Formen projektbezogener Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Körperschaften und privaten Akteuren. Die Zusammenarbeit kann informell oder formell institutionalisiert sein und bezieht sich im Wesentlichen auf Projekte der Stadtentwicklung und auf Bau oder Betrieb oder Finanzierung von Infrastruktur. Modellformen sehen wie folgt aus (vgl. Hauger 2012: 34):

- Betreibermodell (Verantwortung gegenüber den BürgerInnen bleibt beim Staat – Staat hebt auch Nutzungsentgelt ein)
- Konzessionsmodell (Privater kann seine Kosten direkt über Entgelte von NutzerInnen finanzieren)
- Kooperationsmodell (Staat und Privater gründen ein gemeinsames Unternehmen mit privater Rechtsnorm)

Wesentliches Merkmal von PPP als Finanzierungsinstrument ist die Tatsache, dass die Objekte langfristig über ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet werden (vgl. Langhagen-Rohrbach 2007: 540). Das Hauptproblem, das durch PPP gelöst werden soll, sind die unzureichenden öffentlichen Mittel für Planungen zugunsten von volkswirtschaftlich rentablen, jedoch betriebswirtschaftlich unrentablen Projekten (vgl. Hauger 2012). Die Etablierung von PPP soll neben der Finanzkraft auch die fachliche Kompetenz und das Leistungsstreben der Privatwirtschaft nutzbar machen, um öffentliche Aufgaben zu bewältigen. Die (ideologischen und finanziellen) Treiber von PPP Projekten (Investmentbanken, Bau-, Consulting- und Rechtsberatungsunternehmen) sprechen daher von einer Win-Win-Situation für den Staat und die privaten Interessenten. Von gesamtwirtschaftlichem Interesse ist eine Steigerung der Effizienz des Ressourceneinsatzes. Propagiertes Ziel ist, dass durch die verstärkte Einbindung Privater der Nutzen für die Bevölkerung vermehrt und die Kosten verringert werden (vgl. Puwein & Weingärtler 2010: 8).

An PPP-Modellen wird allerdings auch verstärkt Kritik laut, dass sich hinter dieser „Win-Win“-Rhetorik zahlreiche Nachteile verbergen, die sich aus diesen äußerst komplexen, langfristigen vertraglichen Vereinbarungen ergeben. Anstelle Budgets zu entlasten, stellen sie häufig ein finanzielles Stabilitäts- und öffentliches Kontrollrisiko dar. Während v.a. vor der Finanzkrise 2008 die Euphorie bzgl. PPP-Modellen noch groß war, relativierte sich das Bild durch eine steigende Anzahl an missglückten PPP-Projekten. Auch die deutschen Rechnungshöfe kommen 2011 zum Schluss, dass die Effizienzvorteile von PPP im Trend überschätzt werden (vgl. Deutsche Rechnungshöfe 2011). Trotz der zunehmenden Kritik stehen PPP-Projekte aktuell aber wieder verstärkt auf der politischen Agenda. Durch dieses Vorgehen können Budgetrestriktionen umgangen werden, den BürgerInnen kann eine „schwarze Null“ präsentiert werden, während verschwiegen wird, dass ein (intransparenter und häufig ineffizienter) Schattenhaushalt entsteht, der ein Stabilitätsrisiko darstellt (vgl. Plank 2017: online).

Innovationsinteressen Wirtschaft

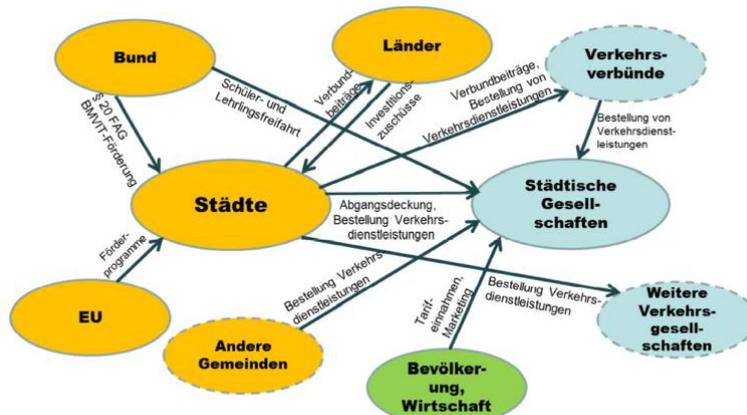
Bisherige Verkehrspolitik ist zumeist mit einer inkrementellen Innovationslogik verbunden, die auf Teilsysteme bezogen ist (z.B. technische Trägersysteme, organisatorische Verlaufssteuerung). In der Literatur werden als Antwort darauf immer wieder disziplinäre Offenheit und ein ganzheitlicher Blick gefordert (vgl. Rammler 2011: 26f): welche Veränderungen müssten in anderen Gestaltungsfeldern angestoßen werden, um zu Veränderungen in der Mobilitätspraxis zu kommen? Welche Änderungen der Mobilitätspraxis können im inkubatorischen Sinne zu nachhaltigen Veränderungen in anderen Teilsystemen führen? V.a. innovative Nutzungs- und Geschäftsmodelle sollten im Fokus stehen und erst in einem zweiten Schritt zu Produktinnovationen führen. Der Innovationsimpuls bezieht sich also zunächst auf die (Neu-) Gestaltung von Handlungs- und Organisationsabläufen mit gegebenen Produkten in einem gegebenen Umfeld.

Finanzierungsmodelle öffentlicher Verkehr

Die Begründung für die staatliche Subventionierung des ÖV ist, dass mit der finanziellen Förderung wichtige gesellschaftliche Ziele (Gewährleistung der Daseinsvorsorge, die Lösung von Stau Problemen, die Versorgung aller Wohn- und Wirtschaftsräume mit einer qualitativ hochwertigen Mobilität, die Förderung des Gemeinwohls, die Verringerung der verkehrsinduzierten Umweltbelastungen und die Wirtschaftsförderung) verfolgt werden (vgl. Peistrup 2006: 23 ff.). Auch weniger rentable Leistungen können angeboten werden, da beispielsweise durch die Querverbands-Subventionierung erwirtschaftete Defizite aufgefangen werden können und somit auch weniger nachgefragte Strecken und Zeiten bedient werden. Als Nachteile wird die Effizienz des Mitteleinsatzes hinterfragt, d.h. wie gut es dem öffentlichen Unternehmen gelingt ohne den Druck des Wettbewerbs aus eigenem Antrieb heraus hohe Erträge zu niedrigen Kosten zu realisieren und damit maximal kundenorientiert zu agieren (vgl. Werner 2006: 18). Beim privatwirtschaftlichen Finanzierungsmodell kommt das Angebot nachfrageorientiert zustande. Die Vergabe der Aufträge erfolgt dabei in Form eines Wettbewerbs oder Direktvergabe. Wichtig ist, dass das Angebot an Verkehrsleistungen durch eigenwirtschaftliche Verträge zwischen Aufgabenträger und Unternehmen sichergestellt ist (vgl. von Sassen 2007: 8f).

Die bestehenden organisatorischen und finanziellen Strukturen im ÖV in Österreich sind komplex, unübersichtlich und länderweise unterschiedlich. So sind die österreichischen Städte zwar faktisch Aufgabenträger im städtischen ÖV, können aber an keine österreichweiten Konzepte oder klaren übergeordneten Strategien zum ÖV anknüpfen, die einen verlässlichen Rahmen für die Städte bilden würden. Die Finanzierungsverflechtungen im städtischen ÖV sind sehr vielfältig. Die Transfers zwischen den Gebietskörperschaften, den Verkehrsverbänden und den gemeindeeigenen Gesellschaften, etc. erschweren eine Beurteilung der Finanzflüsse. Die Transparenz ist nicht durchgängig gegeben. Hinzu

kommt, dass jede Stadt eigene Rahmenbedingungen vorfindet, was insbesondere durch unterschiedliche Förderbeziehungen zu den Ländern (und den Verkehrsverbänden), aber auch zum Bund deutlich gemacht wird. Im Zentrum des städtischen ÖV stehen dabei in der Regel die Stadt selbst sowie die städtische Gesellschaft (im Eigentum der Stadt). Die Stadt bestellt Verkehrsdienstleistungen von der städtischen Gesellschaft und übernimmt eine etwaige Abgangsdeckung. Wichtige Fördergeber an die Städte sowie die städtischen Gesellschaften sind dabei der Bund und die Länder. Daneben gibt es noch enge Finanzierungsverflechtungen mit den Verkehrsverbänden, aber auch mit anderen Gemeinden (vgl. Mitterer & Hochholdinginger 2016: 41).

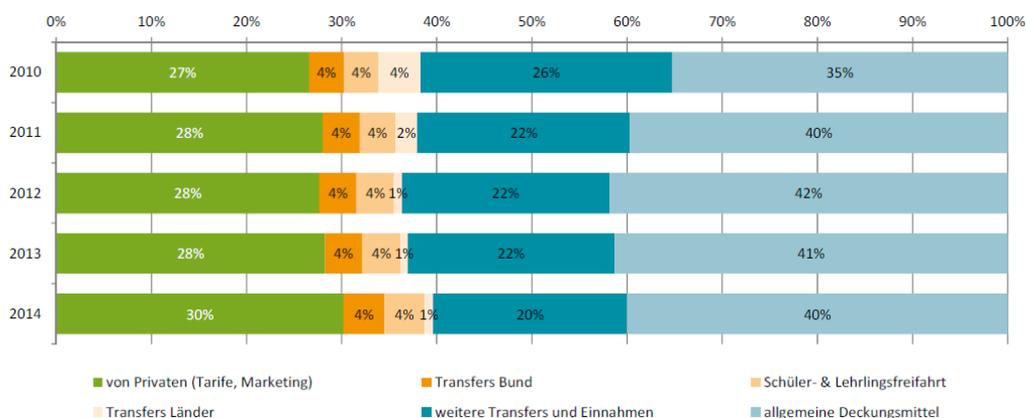


Quelle: KDZ: eigene Darstellung 2016.
Anmerkung: orange = Gebietskörperschaft, grün = private Nicht-ÖPNV-Einheiten, blau = private ÖPNV-Einheiten.

Überblick über Finanzierungsverflechtungen im städtischen ÖPNV (Quelle: Mitterer & Hochholdinginger 2016: 41)

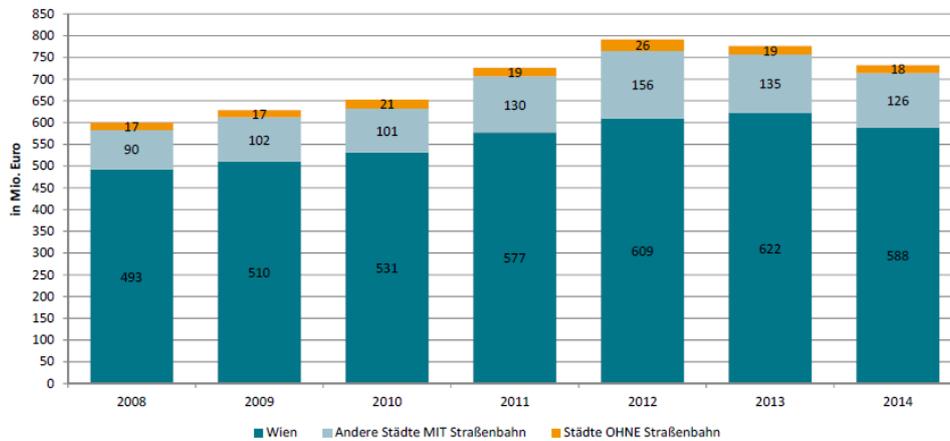
Die Städte tragen dabei wesentlich zur Finanzierung des ÖPNV bei. Daneben bestehen zahlreiche Finanzierungsflüsse von Bund und Ländern. Dies betrifft insbesondere die Mittel aus dem Finanzausgleichsgesetz (§ 20 FAG 2008), die Mittel der SchülerInnen- und Lehrlingsfreifahrt und ergänzende Bundeszuschüsse (z.B. Zuschuss zum U-Bahn-Bau). Die weiteren Bundesmittel stehen für die ÖBB und Privatbahnen sowie für die Länder und Verkehrsverbände zur Verfügung.

Die konsolidierten und transferbereinigten Ausgaben im ÖV haben sich um 6,9 Prozent erhöht (2008 – 2014). Hingegen stagnierten die Einnahmen seit dem Jahr 2008 bzw. sind sogar leicht um 1,3 Prozent gesunken. Um die steigenden Ausgaben zu decken, mussten die allgemeinen Deckungsmittel kontinuierlich erhöht werden. Bestand 2008 ein Zuschussbedarf von nur 35 Prozent der Ausgaben, so erhöhte sich der Zuschussbedarf bis zum Jahr 2014 auf 40 Prozent der Ausgaben (vgl. Mitterer & Hochholdinginger 2016: 43).



Konsolidierte und transferbereinigte Einnahmenstruktur der Städte über 30.000 Einwohnern und stadteigene Gesellschaften im ÖPNV in Österreich – inkl. Wien (Quelle: Mitterer & Hochholdinginger 2016: 43)

Insgesamt zeigt sich, dass ein wesentlicher Anteil des Zuschussbedarfes auf Wien (Straßenbahnen und U-Bahn) entfällt, daneben weisen vorrangig die Städte mit Straßenbahnen einen hohen Zuschussbedarf auf. Die verbleibenden Städte über 30.000 EW sind dagegen vergleichsweise gering belastet (vgl. Mitterer & Hochholdinginger 2016: 44).



Zuschussbedarf der Städte über 30.000 Einwohner und stadt eigenen Gesellschaften im ÖPNV (Quelle: Mitterer & Hochholdingler 2016: 44)

Integrierte Mobilitätspolitik und -planung

In der Praxis findet oftmals eine wenig integrierte Verkehrspolitik statt – so sind verkehrspolitischen Maßnahmen gemessen an der Bedeutung des Verkehrssektors bisher ungenügend (vgl. van Wee et al. 2013). Eine wesentliche Ursache für diese Diskrepanz wird darin gesehen, dass die Entwicklung im Transportbereich von anderen gesellschaftlichen Wirkungsfeldern beeinflusst wird, auf die die Verkehrspolitik umgekehrt kaum oder gar nicht einwirken kann. Zu dieser „heimlichen Verkehrspolitik“ zählen sowohl die Raum- und Siedlungspolitik, die Wirtschaftspolitik, die Arbeits- und Unternehmenspolitik, die Forschungs- und Technologiepolitik wie auch die Sozial- und Finanzpolitik (vgl. Schwedes 2016: 6). Auf Entwicklungen der Siedlungsentwicklung, die z.B. durch wirtschaftspolitische Interessen getrieben sind, reagierte die Verkehrspolitik traditionell mit einer technisch fixierten Anpassungsplanung, die ihre Aufgabe darin sah, den reibungslosen Verkehrsfluss zu gewährleisten (vgl. Schmucki 2001).

Mobility Pricing

Mobility Pricing wendet marktwirtschaftliche Preismechanismen im Verkehr an. Mobility Pricing ist keine Technologie, sondern ein ökonomisches Prinzip, und bedeutet möglichst große Kostenwahrheit, verbunden mit dem Grundsatz, dass Verkehrspolitik besser funktioniert, wenn sie auf Anreizen basiert statt auf Vorschriften und auf infrastrukturellen Maßnahmen. Verkehrspolitisch bedeutet die Einführung von Mobility Pricing eine Umschichtung der Finanzierungsbasis weg von Steuern und hin zu benutzerInnenabhängigen Tarifen und Gebühren: Wer Mobilität konsumiert, soll sie auch bezahlen. Neben einem höheren Grad an BenutzerInnenfinanzierung bedeutet Mobility Pricing eine stärkere Preisdifferenzierung nach Zeiten und Strecken sowie Investitionsentscheide, die auf Kosten-Nutzen-Erwägungen basieren, nicht auf einem föderalen Wunschkonzert. Die Einführung des Mobility Pricing sollte auf Schiene und Straße gleichermaßen erfolgen, denn eine einseitige Be- oder Entlastung hätte eine Verkehrsverlagerung zur Folge, die neue Engpässe schaffen würde (vgl. Müller-Jentsch 2013).

Die primären Ziele des Mobility Pricing liegen zumeist in den Bereichen (1) Verkehrsmanagement und (2) Finanzierung (vgl. Roth 2009: 5f). Im Bereich (1) Verkehrsmanagement in Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung (zeitlich, räumlich, modal) und Verkehrslenkung (Routenwahl, Produktwahl). Im Bereich (2) Finanzierung in:

- Umstellung: auf Steuerfinanzierung, auf Engelt-/Gebührenfinanzierung, auf Nutzerfinanzierung, auf Privatfinanzierung
- Umschichtung: belastungsneutral, für Steigerung der öffentlichen Einnahmen, mit Mehrbelastung
- Anlastung: der Verkehrswegekosten, der Verkehrsinfrastrukturkosten, der externen Kosten

Wirkungen sind immer in beiden Bereichen (Verkehrsmanagement und Finanzierung) zu betrachten. Während die übergeordneten Ziele meist gut verträglich sind, können in den detaillierteren Zielbereichen der einzelnen Akteure Zielkonflikte entstehen. Solch ein grundlegender Zielkonflikt besteht z.B. darin, dass einer zunehmenden Differenzierung der Preise zur gezielten Beeinflussung der Wirkungen häufig Nachteile wie größerer Aufwand sowie schwierigere Begreifbarkeit und Handhabung für die NutzerInnen gegenüberstehen (vgl. Roth 2009: 139).

Charakterisieren lassen sich die unterschiedlichen Instrumente von Mobility Pricing in (vgl. Roth 2009: 19):

- Verfolgte Ziele
- Gegenstand der Bepreisung: Verkehrsmittel, Anwendungsbereich
- Differenzierung der Bepreisung: Situationsabhängigkeit, Nutzerabhängigkeit, Nutzungsabhängigkeit, zeitliche und räumliche Nutzungsmöglichkeit

- organisatorisch/finanzielle Aspekte: Verkehrssystembetreiber, Preisbildungsprinzipien, Einnahmenverwendung, Preisermittlung
- technische Aspekte: Registrierung, Erfassung, Zahlung, Kontrolle, Information

Bei der Analyse der Wirkungen sind modale, intermodale und finanzierungsabhängige Wirkungen zu beachten. Dabei können finanzierungsabhängige Wirkungen sehr bedeutend sein, gleichzeitig sind sie teilweise schwer zu erfassen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sollte den Entscheidungen über Einsatz und Gestaltung von Instrumenten des Mobility Pricing eine Gegenüberstellung von Gesamtnutzen und Gesamtkosten zugrunde liegen. Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Instrumenten modal bei einem Verkehrsmittel und auch intermodal sind zu beachten. Die Wirkungen in den Bereichen Verkehrsgeschehen, Wirtschaft, Umwelt, Akzeptanz und Finanzen sind daher immer vollständig und im Gesamtzusammenhang zu betrachten (vgl. Roth 2009: 139).

Fallbeispiele belegen die Wirkungspotentiale für das Mobility Pricing und zeigen eindeutig, dass auch für einschneidende neue Instrumente eine hohe Akzeptanz erreichbar ist, wenn dadurch wesentliche Probleme wahrnehmbar gemindert werden. Daher ist es für das Erreichen einer hohen Akzeptanz wichtig, die Bevölkerung schon im Vorfeld über die Ziele der Systeme und die Wirkungen aufzuklären (vgl. Roth 2009: 139).

Open Data

Das Verarbeiten von Daten wird im Mobilitätssektor immer wichtiger (siehe MaaS, Sharing, vernetzte Fahrzeuge). Offene Daten mit Verkehrs- und Infrastrukturbezug werden verstärkt durch Verkehrsunternehmen, staatliche Stellen (Kommunen, Länder, Bund, aber auch einzelne Fachbehörden) sowie Unternehmen aus anderen Branchen bereitgestellt. Gerade für multimodale Mobilität ist Open Data (Fahrpläne, Echtzeitverkehrsinformation, Auslastungen ...) ein wesentlicher Faktor, da sie durch den verbesserten Informationsfluss entscheidend gestärkt und vereinfacht werden kann. Beim Einsatz von Open Data im Verkehr zeichnet sich eine öffentlich-private Zusammenarbeit als Trend ab, mit dem Versprechen eines gegenseitigen Nutzens (vgl. ITF 2017). Viele Aspekte sind aber noch ungeklärt, was ein großes Risiko darstellt: u.a. wie geht man mit sensiblen Geschäftsdaten, dem Schutz der Privatsphäre und Cyber-Sicherheit um, inwieweit besteht die Gefahr der Kommerzialisierung. Außerdem gilt es im Zusammenhang mit Machtaspekten kritisch zu hinterfragen, bei wem die Verfügungsrechte der Daten liegen: Staat, Unternehmen, Community oder Individuen.

Antriebstechnologien

Auch wenn in einer evolutionären Logik, die von iterativen und kleinen Veränderungen im Antriebsmix ausgeht, angenommen wird, dass bis zum Jahr 2040 der Verbrennungsmotor weiterhin die dominierende Antriebsart darstellen wird (vgl. Bukold 2015: 3), gilt es gerade vor dem Hintergrund von Ressourcenverknappung und Klimaveränderung proaktiv ein Umdenken in Bezug auf alternative Kraftstoffe und neue Antriebskonzepte zu forcieren (vgl. Ahrend et al. 2011: 65 ff; Kollosche & Schwedes 2016: 19 f).

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor Antriebstechnologien abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkmalsname	Ausprägung							
Art	Verbrennungsmotor		Elektroantriebe		Hybride Antriebe		Brennstoffzelle	
Ressourcenverfügbarkeit	endlich				regenerativ			
Energieaufnahme (räumliche und zeitliche Verfügbarkeit, Aufnahmedauer, Sicherheit, digitale realtime Info)	hohe Netzdichte, schnelle Energieaufnahme (bzw. passend zum Mobilitätsbedarf), hohe Sicherheit,				geringe Netzdichte, langsame Energieaufnahme (bzw. nicht passend zum Mobilitätsbedarf), geringe Sicherheit			
Kraftstoffe	Otto	Diesel	Methanol	Erdgas	Wasserstoff	Biogas	E-Fuels / Bio-Fuels der zweiten Generation	
Standardisierung	gering				hoch			
Reichweiten	gering (bzw. nicht passend zum Mobilitätsbedarf)				Hoch (bzw. passend zum Mobilitätsbedarf)			
Kosten (Kostenentwicklung)	gering				hoch			

Antriebsart

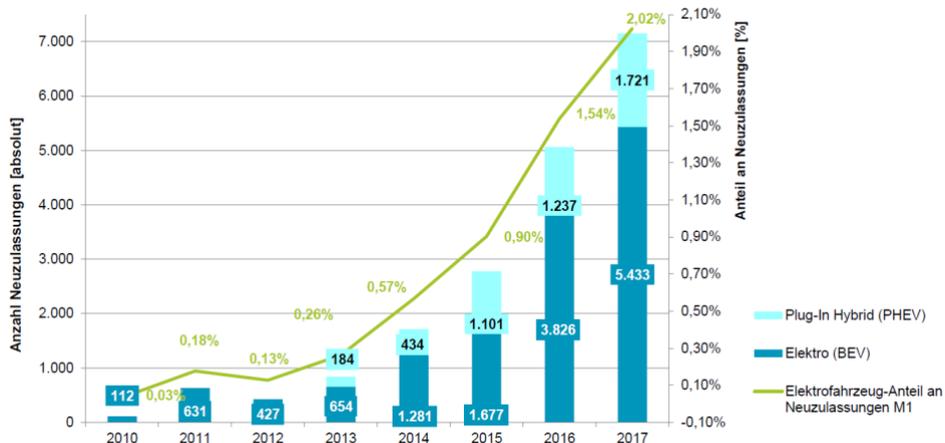
Neben klassischen Verbrennungsmotoren kann eine Entwicklung neuer Antriebstechnologien beobachtet werden (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 19f):

- Batteriefahrzeugen (Battery Electric Vehicle, BEV): Elektromotor generiert Antriebsenergie vollständig aus einer mit Strom geladenen Batterie; geringe Reichweite: 150-250 km
- Brennstoffzellenfahrzeuge: erzeugen die benötigte Energie mithilfe einer Brennstoffzelle, welche wiederum einen Elektromotor antreibt; als Kraftstoff kommt Wasserstoff zum Einsatz; keine Anbindung an das Stromnetz; durchschnittliche Reichweite: 400-600 km
- Brennstoffzellen-Hybrid-Elektrofahrzeug: Kombination der zwei zuvor erwähnten Antriebstechnologien, besitzt neben der Brennstoffzelle noch eine Batterie
- Hybridfahrzeuge: Kombination von klassischem Verbrennungsmotor und Elektromotor; Ladung der Energie durch Bremskraftrückgewinnung, keine Anbindung an Stromnetz
 - Mild-Hybrid-Fahrzeug: Start-Stopp-Funktion, dem Boosten und der Rekuperation der Bremsenergie
 - Voll-Hybrid-Fahrzeug: zusätzlich auch die Möglichkeit des rein elektrischen Fahrens
 - Plug-in-Hybrid-Fahrzeug: Verbrennungsmotor dient als Range-Extender

Die Gesamtenergiebilanz der Fahrzeuge muss kritisch bewertet werden. Das Umweltbundesamt gab 2015 eine Untersuchung für Pkw, Lkw, Linienbus, Flugzeug und Seeschiff in Auftrag, mit welcher postfossilen Energieversorgungsoption die jeweils höchsten Treibhausgasreduzierungen erreicht werden können – inklusive weiterer ökologischer, ökonomischer, technischer, infrastruktureller sowie systemischer Aspekte, die in die ganzheitliche Bewertung der Energieversorgungsoptionen einbezogen wurden. Die Gesamtbewertung aller Aspekte zeigt: Die effizienteste, ökologischste und meist auch ökonomischste Form ist es, wenn Strom direkt im Fahrzeug genutzt werden kann – ob sich dabei eher rein batterieelektrische Fahrzeuge oder Plug-In-Hybride eignen, hängt von den erforderlichen Reichweiten ab und ob Oberleitungen bzw. Schnellademöglichkeiten genutzt werden können. Nachdem Plug-in-Hybride für den Verbrennungsmotor flüssige Kraftstoffe benötigen, ist der Pkw-Verkehr langfristig neben Biokraftstoffen der Zweiten Generation (Erläuterung unten) auf stromgenerierte Kraftstoffe angewiesen. Für alle postfossilen Optionen gilt: Jede Option hat bestimmte Nachteile. Beispielsweise sind Elektromobilität, Biokraftstoffe der Zweiten Generation sowie stromgenerierte Kraftstoffe gerade in der Einführungsphase oftmals teurer als konventionelle Kraftstoffe. Stromgenerierte

Kraftstoffe schneiden aufgrund der Energieverluste bei der Herstellung nur dann ökologisch vorteilhaft ab, wenn sie ausschließlich aus regenerativem Strom hergestellt werden (vgl. UBA 2015: 5).

Aktueller Stand an Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in Österreich im Jahr 2017 sind 7.154 Elektrofahrzeuge, was einer Steigerung von rund 40% im Vergleich zu 2016 entspricht (vgl. bmvit 2018d: 1).



Neuzulassungen von E-Fahrzeugen und Anteil an der Gesamtanzahl aller neu zugelassenen PKW (Quelle: bmvit 2018d: 1)

Auch im Bestand von Elektrofahrzeugen setzt sich die deutliche Steigerung, die im Jahr 2016 zu erkennen war, weiter fort (2016: 11.373; 2017: 18.645 E-Fahrzeuge) (vgl. bmvit 2018d: 2). Das Umweltministerium sprach 2012 noch von 250.000 Elektrofahrzeuge im österreichischen Fahrzeugbestand bis 2020 als Ziel (vgl. Rief 2015: online) – welches vor den aktuellen Zahlen allerdings illusorisch erscheint (vgl. Umweltbundesamt 2015: 6). Im „Umsetzungsplan Elektromobilität in und aus Österreich“ vom Juni 2012 (vgl. BMLFUW et al. 2012) werden allerdings schon keine Zahlen mehr genannt, stattdessen werden recht allgemeine Ziele formuliert, wie: „Die aufeinander abgestimmten Aktivitäten zielen darauf ab, optimierte Rahmenbedingungen zu gestalten, um so einerseits Elektromobilität im Alltag rascher erfahrbar zu machen und andererseits die mit der Elektromobilität verbundenen Chancen für Österreich bestmöglich zu nutzen.“ (vgl. BMLFUW et al. 2012: 5).

Kraftstoffe & Ressourcenverfügbarkeit

Neben fossilen Brennstoffen kommt es zunehmend zu einer Entwicklung alternativer Kraftstoffe (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 19f):

- Wasserstoff: kann nur als alternativer Kraftstoff eingestuft werden, wenn die Speicherung von durch Wasserstoff gewonnener regenerativer Energie erfolgt. Der Weg über Kernenergie oder Kohleverstromung mit CO₂-Abtrennung und Speicherung (Clean Coal) ist klima- und energiepolitisch ausgeschlossen und/oder ineffizient. Relevant ist Wasserstoff als Kraftstoff für den Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen.
- Elektrizität (aus erneuerbaren Energien)
- Biokraftstoffe
 - Erste Generation: Stoffe zu deren Erzeugung spezifische Biomasse und Anbaupflanzen benötigt werden (z.B. Ethanol, Biodiesel, Pflanzenöle, Biogas); wird aus umweltpolitischer Perspektive als ineffizient eingeschätzt (Risiken für die Landwirtschaft, da für die Produktion von Biokraftstoffen Biomasse und damit Pflanzen aus landwirtschaftlichem Anbau benötigt werden)
 - Zweite Generation: unspezifische Biomassen und Abfälle/Reststoffe (Restholz und -stroh), die nicht in Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion stehen und die stofflich nicht genutzt werden können, wie z.B. Zellulose-Ethanol, Biomass-to-Liquid (BtL), Synthetic Natural Gas (Bio-SNG); durch Nachteile in der Produktion von Biokraftstoffen der ersten Generation wird die Entwicklung der zweiten Generation der synthetischen Biokraftstoffe empfohlen (vgl. UBA 2015)
 - Dritte Generation: Biokraftstoffe, die aus Algen und unabhängig von Kulturflächen gewonnen werden

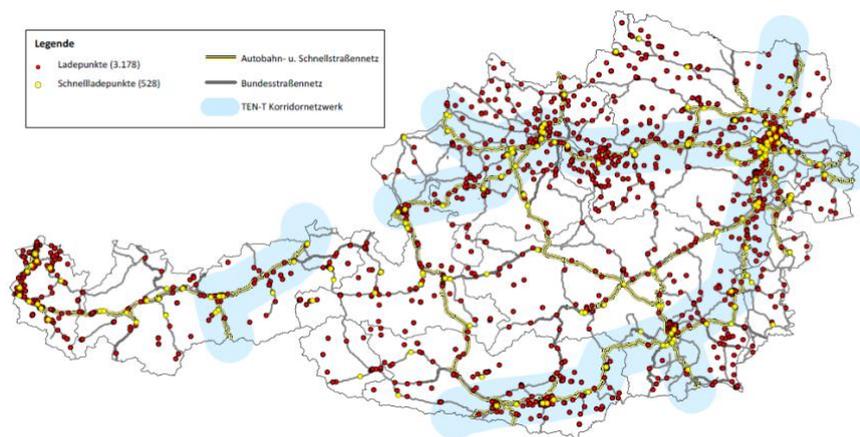
Allerdings muss kritisch angemerkt werden, dass trotz jahrelanger Förderung die Biokraftstoffe Zweiter und Dritter Generation aus ihrer Marktnische nicht herausgekommen sind – es kommen zwar immer neue Anlagen dazu, aber ein profitabler Betrieb im aktuellen Preisumfeld ist nicht möglich und die Kraftstoffmengen werden noch über Jahrzehnte hinweg irrelevant bleiben (im besten Fall könnten bis 2020 Mengen von 2,8 Mrd. Liter erreicht werden; d.h. selbst bei voller

Auslastung könnten sie nur eine Menge liefern, die 0,5% der Biokraftstoffe darstellen, die ihrerseits nur 4% der Kraftstoffe insgesamt bereitstellen) (vgl. Bukold 2015: 31).

Der Einsatz neuer Kraftstoffe geht in den meisten Fällen auch mit der Produktion neuer Motoren einher. Aus diesem Grund wird die Entwicklung abgestimmter Motoren und Kraftstoffe an Bedeutung gewinnen (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 20). Drei Kriterien sind für alternative Kraftstoffen entscheidend: Umweltverträglichkeit, Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit. In diesen Kriterien liegen zugleich die Ursachen für industriepolitische Strategien, die einen weiteren Ausbau der Technologien zur Gewinnung alternativer Kraftstoffe und Antriebe eher verhindern. So sind die Energiekonzerne kaum daran interessiert, die Fahrzeugflotten mit Wasserstoff oder Elektrizität aus erneuerbaren Energien zu versorgen (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 20).

Standardisierung

Die derzeit im halböffentlichen bzw. öffentlichen Raum existierenden Lademöglichkeiten sind meist proprietäre Lösungen mit speziellen Zugangsmöglichkeiten. Funktionen über das reine Laden hinaus werden i. d. R. nicht angeboten. Folgende Karte zeigt für Österreich die öffentlich zugängliche Normal- und Schnellladepunkte gemäß der Richtlinie 2014/94/EU. In Summe handelt es sich um 3.178 Normalladepunkte und 528 Schnellladepunkte (bieten eine höhere Ladeleistung als 22 kW). Der weitaus überwiegende Teil der Schnellladestationen in Österreich verfügt über den Multi-Standard (Typ2, CCS, CHAdeMO). Je nach Auslegung verfügt eine derartige Schnellladestation über zwei bis drei Schnellladepunkte. Allerdings fehlt ein offizielles österreichisches Register für Ladestationen, somit sind für die angegebenen Informationen kein Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben (vgl. bmvit 2018d: 3).



Übersicht der öffentlich zugänglichen Ladepunkte in Österreich (Quelle: bmvit 2018d: 3)

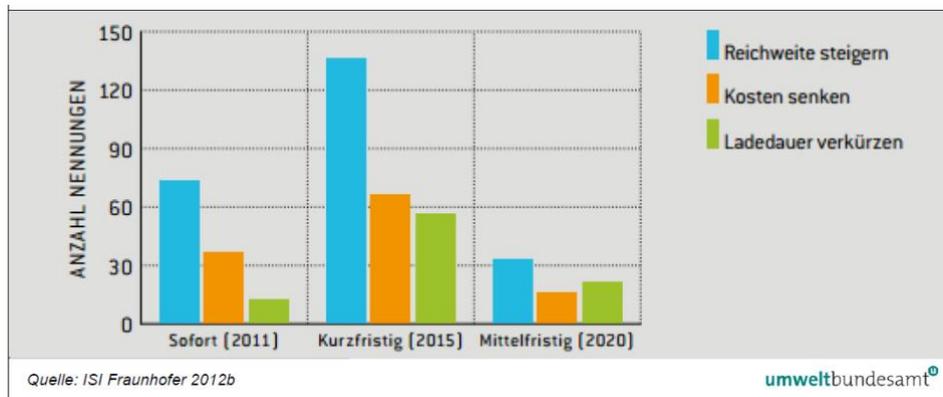
Die Infrastruktur muss bedarfsgerecht ausgerollt werden und sowohl national als auch international interoperable Lösungen ermöglichen. Dringenden Beschleunigungsbedarf gibt es bei der noch mangelnden Standardisierung. Standardisierungsbedarf gibt es v.a. in zwei Bereichen (vgl. z.B. BMLFUW et al. 2014, Ebert et al. 2012):

- Stecker-Standardisierung (Ladestationen und Ladekabel müssen vereinheitlicht werden) – aktuell setzt sich eine gewisse Standardisierung mittels des Typ 2 Steckers durch
- Standardisierung der Zugangsschemata, Kommunikationsprotokolle, Systemlösungen für die Abrechnung

Energieaufnahme & Reichweiten

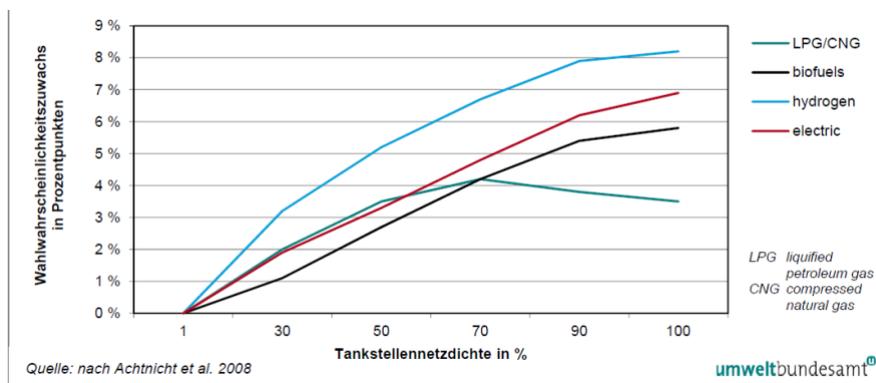
Voraussetzung für ein Etablieren der alternativen Kraftstoffe und Antriebstechnologien am Markt ist eine steigende NutzerInnenakzeptanz. Bislang ist eher skeptische Haltung vorherrschend – auch weil potenziellen NutzerInnen die Vorteile dieser Technologien nicht bekannt sind bzw. deren Akzeptanz und Wahrnehmung durch die Einschränkungen und Nachteile gegenüber konventionellen Fahrzeugen überschattet werden – v.a. die geringe Reichweite der reinen Elektrofahrzeuge im Vergleich zum herkömmlichen Verbrennungsmotor, wobei die erzielten Reichweiten für den Großteil der zurückzulegenden Wege ausreichend sind, was aber oft nicht wahrgenommen wird (vgl. Kollosche & Schwedes 2016: 19f). Bei den Reichweiten geht es v.a. darum, ob sie passend zum Mobilitätsbedarf sind oder nicht. Auch die Energieaufnahme ist ein wesentlicher Faktor in der NutzerInnen-Akzeptanz: Netzdichte an Ladestationen, räumliche und zeitliche Verfügbarkeit, zum Mobilitätsbedarf passende Energieaufnahme, Sicherheit Aufnahmedauer, digitale realtime Info.

Eine Befragung deutscher NutzerInnen (ISI Fraunhofer 2012) zeigt, dass die Faktoren „Reichweite steigern“, „Kosten senken“ und „Ladedauer verkürzen“ als wesentliche Treiber aus NutzerInnen-sicht in Bezug auf Elektrofahrzeuge fungieren.



Umfrageergebnisse: Wie können aus Nutzersicht Elektrofahrzeuge attraktiviert werden? (Quelle: Umweltbundesamt 2015: 11)

Unterschiedliche Studien beschäftigten sich außerdem mit der Auswirkung der Netzdichte an Ladestationen für die Wahl von Elektrofahrzeugen bzw. alternativ betriebenen Fahrzeugen (vgl. Achtnicht et al. 2008, Umweltbundesamt 2012). Sie kommen zum Schluss, dass sich der Ladestellenausbau mit einem Anstieg der Wahlwahrscheinlichkeiten für Elektrofahrzeuge in der Höhe von 7 Prozentpunkten niederschlägt. Achtnicht et al. (2008) ergänzen, dass sich eine höhere Netzdichte am stärksten auf den Kauf eines Wasserstofffahrzeugs auswirken würde. Außerdem konnten sie zeigen, dass der Einfluss der Tankstelleninfrastruktur auf die Kaufentscheidung unabhängig vom Wohnort (urban vs. rural) und der jährlichen Fahrleistung der potenziellen Pkw-KäuferInnen ist.



Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Tankstellennetzdichte für alternativ betriebene Fahrzeuge (Quelle: Umweltbundesamt 2015: 12)

Generell wird allerdings konstatiert, dass singuläre Maßnahmen wie finanzielle Anreize oder Ladeinfrastruktur für keine hohe Akzeptanz von Elektrofahrzeugen sorgen. Die Summe aus finanziellen Anreizen und Ladeinfrastruktur ist aber eine Möglichkeit, die Akzeptanz von alternativen Antriebsformen und damit die Marktentwicklung zu fördern (vgl. Umweltbundesamt 2015: 13).

Sowohl technologische Hemmnis als auch Herausforderung bleiben die für KundInnen relevante Faktoren: Energieinhalt pro Tank, Tank-Häufigkeit und Tank-Dauer. Hier liegen jeweils Größenordnungen zwischen der konventionellen Antriebstechnik und der Elektromobilität (siehe Abbildung), wobei dieses Problem mittelfristig nicht lösbar sein dürfte (vgl. Umweltbundesamt 2015: 14).

Ausgewählte Eigenschaften verschiedener Antriebstechniken²³

Eigenschaft	Benzin-Fahrzeug	Plug-In Hybrid	Lithium-Ionen-Batteriefahrzeug	Brennstoffzellen-fahrzeug
Abkürzung	ICE	PHEV	BEV	FCEV
Energieinhalt (Tank)	445 kWh	200 + 10 kWh	24 kWh	140 kWh
Volumen (Tank)	50 Liter	25 + 50 Liter	90 bis 170 Liter	120 bis 180 Liter
Gewicht (Tank)	37 kg	20 + 100 kg	150 bis 250 kg (Zelle + System)	4+80 kg (Kraftstoff + System)
Reichweite	> 700 km	50 + 600 km	< 150 km	~ 400 km
„Tank“-Häufigkeit	Alle 2 Wochen	Jeden Tag + alle 2 Wochen	Alle 3 Tage voll, 30 % jeden Tag	Alle 1 bis 2 Wochen
„Tank“-Dauer	3 Minuten	3 Minuten + 2 Stunden	0,5 bis 8 Stunden	3 Minuten

Quelle: ISI FRAUNHOFER (2012a) umweltbundesamt[®]

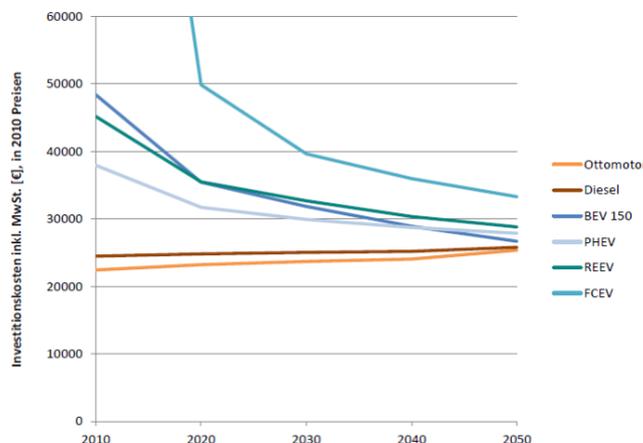
Ausgewählte Eigenschaften verschiedener Antriebstechniken (Quelle: Umweltbundesamt 2015: 16)

Kostenentwicklung

Ein wesentlicher Faktor, der Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der verschiedenen alternativen Antriebstechnologien nimmt, sind die Kosten. So spielen für die NutzerInnen die Kosteneffizienz, der Preis für das Fahrzeug und die Betriebskosten (neben Reichweite, Ladedauer etc.) eine nicht zu unterschätzende Rolle (vgl. PwC 2012: 45). PwC (2011) hat verschiedene Personen befragt, welche alternativen Antriebstechnologien sie nach den Maßstäben Kosteneffizienz und Praktikabilität zurzeit für besonders geeignet halten. Demnach plädiert die Mehrzahl der NutzerInnen für Hybridfahrzeuge und PHEV (Plug-In-Hybrid Fahrzeuge). Nur etwa 8% halten rein batteriebetriebene Fahrzeuge für besonders geeignet (vgl. PwC 2012: 26). Die hohen Kosten für die Anschaffung eines reinen Elektrofahrzeugs sind ein wichtiger Hinderungsgrund für die Anschaffung (PwC & Fraunhofer IAO 2010: 12). In welchem Ausmaß sich die Erwartung der Nutzer an niedrige Betriebskosten erfüllt, hängt von der Strompreisentwicklung und der Preispolitik der Automobilhersteller bei Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge ab.

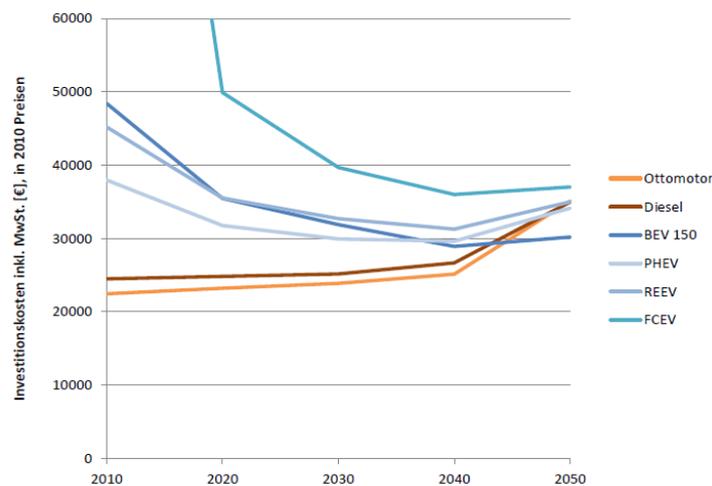
Das Öko-Institut hat in einem Working Paper (2014) zwei Szenarien für die Entwicklung von Investitionskosten der unterschiedlichen Antriebstechnologien entwickelt (die Betriebskosten wurden in dieser Studie jedoch nicht näher betrachtet):

- Szenario 1:** Die gesamten Investitionskosten inklusive Markup und Mehrwertsteuer steigen für die verbrennungsmotorischen Pkw, Benzin und Diesel, jährlich aufgrund der angenommenen Effizienztechnologien. Die Investitionskosten der alternativen Antriebskonzepte sinken jährlich aufgrund höherer Stückzahlen und technologischer Verbesserung. Die Investitionskosten des REEV (Elektrofahrzeuge mit Range Extender) und PHEV liegen im Jahr 2050 allerdings noch höher als die der verbrennungsmotorischen Pkw, da aufgrund der konventionellen Effizienztechnologien zusätzliche Kosten jährlich entstehen. Eine Konfiguration des PHEV und REEV mit weniger konventionellen Effizienztechnologien wäre auch denkbar, da in diesem Fall der Energieverbrauch weiterhin geringer im Vergleich zum verbrennungsmotorischen Pkw ist, die Investitionskosten jedoch sinken. Effizientere Batterien und ein geringerer Bedarf an Batteriekapazität durch Gewichtsreduktion führen dazu, dass die Investitionskosten des BEV (Batterieelektrische Fahrzeuge) sich am stärksten reduzieren. Die Kosten des FCEV (Brennstoffzellenfahrzeuge) sinken über die Zeit zwar am meisten, liegen dennoch höher als bei den anderen Antriebskonzepten (vgl. Öko-Institut 2014: 43).



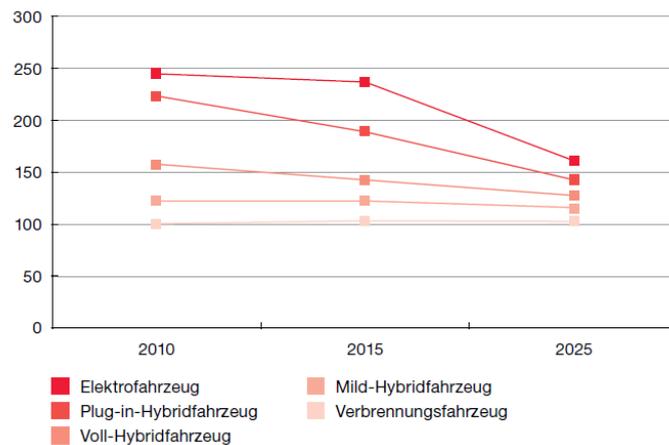
Investitionskosten eines mittleren Pkw (Verkaufspreise inkl. MwSt) nach Antriebskonzept 2010-2050 – Szenario 1 (Quelle: Öko-Institut 2014: 44)

- Szenario 2:** Im Jahr 2050 sind die Kosten für verbrennungsmotorische Pkw um rund 10.000 € höher als in Szenario 1. Dies lässt sich im Wesentlichen auf die enorme Gewichtsreduktion mit teuren Materialien und die Vollhybridisierung zurückführen. Die Investitionskosten des PHEV, REEV und HEV weisen im Jahr 2050 ein ähnliches Niveau auf, während die Kosten des PHEV und REEV in Szenario 1 noch eindeutig über denen des verbrennungsmotorischen Pkw liegen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass hybride Komponenten im PHEV und REEV nicht zusätzlich eingesetzt werden, da es sich bei diesen Antriebskonzepten bereits um Hybridantriebe handelt. Im Vergleich zum HEV und den alternativen Antriebskonzepten fallen für das BEV die geringsten Investitionskosten im Jahr 2050 an. Effizientere Batterien und ein geringerer Bedarf an Batteriekapazität durch die Reduzierung des Fahrwiderstands sind ein wesentlicher Grund. Die enormen Kosten der Effizienztechnologie zur Reduzierung des Fahrwiderstands führen dazu, dass die Kosten des BEV von 2040 bis 2050 leicht steigen. Das Brennstoffzellenfahrzeug weist auch in diesem Szenario die höchsten Investitionskosten im Jahr 2050 auf (vgl. Öko-Institut 2014: 47).



Investitionskosten eines mittleren Pkw (Verkaufspreise inkl. MwSt) nach Antriebskonzept 2010-2050 – Szenario 2 (Quell: Öko-Institut 2014: 47)

Wyman (2009) hat in seiner Studie die Herstellungskosten für Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebstechnologien verglichen und prognostiziert, dass sich die Herstellungskosten von Verbrennungsfahrzeugen und batteriebetriebenen Fahrzeugen immer mehr annähern.



Annahmen zur Entwicklung der Herstellungskosten von Fahrzeugen nach Antriebstechnologie (vgl. PwC 2012: 65 nach Wyman 2009)

AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz

Das automatisierte Fahren bezeichnet die (vollständige) Übernahme der Längsführung (Geschwindigkeit halten, Gas geben und Bremsen) und Querführung (Lenken) eines Fahrzeugs durch ein System (VDA 2015: 15; Kollosche & Schwedes 2016: 21), wobei hierbei zwischen unterschiedlichen Automatisierungsstufen unterschieden wird. Wesentliche technische Komponenten des automatisierten Fahrens sind die Sensorik und die Aktuatorik sowie das Deep Learning (als Teildisziplin der künstlichen Intelligenz). Das Konzept der künstlichen Intelligenz (KI) beschreibt die Implementierung von denkendem und intelligentem Verhalten in Maschinen (vgl. Pöchhacker 2017: 5f). KI-Systeme lassen sich für die unterschiedlichsten Anwendungen und Funktionen (Monitoring, Auffinden, Vorhersagen, Interpretieren, Interaktionen mit der physischen Umgebung, Interaktionen mit Menschen und Interaktionen mit Maschinen) in zahlreichen Arbeits- und Lebensbereichen einsetzen, darunter auch im Bereich des automatisierten Fahrens (vgl. Pöchhacker 2017: 5f, 13f).

Die folgende Tabelle zeigt den für den Schlüsselfaktor AV Technologie/ Künstliche Intelligenz abgeleiteten morphologischen Kasten. Die einzelnen Merkmale sowie deren Ausprägungen werden anschließend detailliert beschrieben.

Merkmal	Ausprägung		
	Level 3	Level 4	Level 5
Stufen der Automatisierung, nach SAE	Level 3	Level 4	Level 5
(Lern-)Algorithmen der künstlichen Intelligenz (z.B. Deep learning (architecture)) „Planung & Kontrolle“	schnelle, exakte Reaktion: präzise, robust, lerneffizient, performanceeffizient (Speicher, Rechenleistung)	langsame, ungenaue Reaktion: ungenau, empfindlich, lernineffizient, performanceintensiv	
Redundanz Sensorik „Wahrnehmung“	sichere Erkennung vieler und diverser Objekte in dynamischen Anwendungskontexten: Hohe Zuverlässigkeit (~ 100 %): mehrere Sensoren, günstig, hohe Redundanz, Selbstdiagnose, 360 Gradabdeckung	ungewisse Erkennung weniger und gleicher Objekte in stabilen Anwendungskontexten: Geringe Zuverlässigkeit (95 %): wenige Sensoren, wenig Redundanz, teuer keine Selbstdiagnose,	
Hochleistungsrechnen (HPC) und Datenübertragung „Planung & Kontrolle“	schnelle, exakte Reaktion: günstig, leistungsfähig bei sehr hohen Datenmengen, geringe Latenzzeiten	langsame, ungenaue Reaktion: teuer, leistungsfähig bei geringen Datenmengen, hohe Latenzzeiten	
HMI	perfekte Kommunikation VerkehrsteilnehmerInnen - Fahrzeug (bidirektional)	fehlerhafte, rudimentäre Kommunikation VerkehrsteilnehmerInnen - Fahrzeug (bidirektional)	
Big Data und digitale Karten	hohe Informationsdichte und -komplexität, hohe Genauigkeit und hohe Aktualität	geringe Informationsdichte und -komplexität, geringe Genauigkeit und geringe Aktualität	
Cybersicherheit	geringe Anfälligkeit für Hackerangriffe	hohe Anfälligkeit für Hackerangriffe	

Stufen der Automatisierung (nach SAE)

Bei automatisierten Fahrzeugen können grundsätzlich verschiedene Automatisierungsstufen unterschieden werden (Tabelle 1). Diese können wie folgt beschrieben werden (vgl. VDA 2015: 14f; SAE International 2018: 17):

- Gibt es keine automatisierten Fahrfunktionen (Level 0, driver only), führt der/die FahrerIn allein die Längs- und Querführung aus; es gibt keine eingreifenden, sondern ausschließlich warnende Systeme (z.B. Spurverlassenswarner).
- Wird von einem System entweder die Längs- oder die Querführung eines Fahrzeugs übernommen, während der/die FahrerIn dauerhaft die jeweils andere Aktivität ausführt (z.B. Spurhalteassistent), so spricht man von Level 1 (assistiert).
- Teilautomatisierte Fahrzeuge (Level 2) bezeichnen solche Fahrzeuge, bei denen der/die FahrerIn sowohl die Längs- als auch die Querführung an das System in einem bestimmten Anwendungsfall (Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen) übergeben kann (z.B. Stauassistent). Der/die FahrerIn muss das Fahrzeug allerdings dauerhaft überwachen und jederzeit in der Lage sein, sofort die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen.
- Bei hochautomatisierten Fahrzeugen (Level 3) übernimmt das System ebenfalls Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall. Das System erkennt jedoch selbstständig die Systemgrenzen, also den Punkt an dem die Umfeldbedingungen nicht mehr dem Funktionsumfang des Assistenzsystems entsprechen. Ist dies der Fall, fordert das Fahrzeug den/die FahrerIn zur Übernahme der Fahraufgabe auf. Der/die FahrerIn muss die Längs- und Querführung des Fahrzeugs also nicht mehr dauerhaft überwachen, er/sie muss jedoch in der Lage sein, nach Aufforderung durch das System mit einer gewissen Zeitreserve die Fahraufgabe wieder zu übernehmen (z.B. Autobahn-Chauffeur).

- Vollautomatisierte Fahrzeuge (Level 4) bezeichnen solche Fahrzeuge, bei denen der/die FahrerIn die komplette Fahraufgabe an das System in spezifischen Anwendungsfällen übergeben kann. Das System kann im spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch bewältigen; im spezifischen Anwendungsfall ist kein/e FahrerIn erforderlich (z.B. Valet Parken).
- Kann das Fahrzeug vollumfänglich auf allen Straßentypen, in allen Geschwindigkeitsbereichen und unter allen Umfeldbedingungen die Fahraufgabe vollständig allein durchführen, spricht man von Level 5 (fahrerlos). Hierbei ist von Start bis Ziel kein/e FahrerIn erforderlich, die Fahrzeuge können also komplett fahrerlos bzw. autonom verkehren.

SAE-Level	Name	Beschreibung	Quer- und Längsführung	Umgebungsbeobachtung	Rückfallebene	operational design domain
Fahrer führt alle Fahraufgaben aus						
Level 0	No Driving Automation (keine Automation)	Der Fahrer fährt eigenständig, auch wenn unterstützende Systeme vorhanden sind.	Fahrer	Fahrer	keine	n/a
Level 1	Driver Assistance (Assistenzsysteme)	Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- oder Querverführung (nicht gleichzeitig).	Fahrer und System	Fahrer	Fahrer	Limitiert
Level 2	Partial Driving Automation (Teilautomatisierung)	Ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und gleichzeitiger Querverführung, Fahrer muss System dauerhaft überwachen.	System	Fahrer	Fahrer	Limitiert
System führt alle Fahraufgaben aus						
Level 3	Conditional Driving Automation (Bedingte Automatisierung)	Automatisiertes Fahren mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagieren muss.	System	System	Rückfallbereiter Nutzer (wird zum Fahrer auf der Rückfallebene)	Limitiert
Level 4	High Driving Automation (Hochautomatisierung)	Automatisierte Führung des Fahrzeugs mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagiert. Ohne menschliche Reaktion steuert das Fahrzeug weiterhin autonom. Fahrer muss System nicht dauerhaft überwachen.	System	System	System	Limitiert
Level 5	Full Driving Automation (Vollautomatisierung)	vollständig autonomes Fahren, bei dem die dynamische Fahraufgabe unter jeder Fahrbahn und Umgebungsbedingung wie von einem menschlichen Fahrer durchgeführt wird.	System	System	System	unlimitiert

Überblick über Automatisierungslevel (Quelle: SAE International 2018: 19)

(Lern-)Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI)

Neben den Sensoren und der Aktuatorik bildet das Deep-Learning – eine wichtige Teildisziplin der künstlichen Intelligenz – eine der wesentlichen Komponenten automatisierter Fahrzeuge. Deep Learning-basierte Systeme kennzeichnen sich durch die Möglichkeit eines eigenständigen Lernens – und damit dem menschlichen Gehirn und seinen neuronalen Netzwerkstrukturen (in Ansätzen) nachempfunden – aus, wodurch es Maschinen erlaubt, weitaus mehr zu verstehen, als bisher möglich war (vgl. Pöchhacker 2017: 16f). Die Interpretation von Daten wird dabei nicht mehr durch Programmierer endgültig festgelegt; stattdessen lernen entsprechende Systeme selbständig auf Basis geeigneter Trainingsdaten (vgl. Grigorescu et al. 2017: online). Deep Learning Systeme weisen einen sehr hohen Autonomiegrad auf, wo die Entscheidungsfindung alleine durch die trainierten Maschinen erfolgt (vgl. Pöchhacker 2017: 16f).

Gerade im Bereich automatisiertes Fahren ist Deep Learning entscheidend, da es für Softwareentwickler unmöglich ist, Programme zu schreiben, um jede Variable oder Fahrsituation, der ein Auto ausgesetzt sein kann, abzudecken. Die Fahrzeuge mit Deep Learning müssen aus ihren Erfahrungen lernen und sich an Echtzeit-Situationen ohne menschliche Intervention anpassen (vgl. Mehta & Schreiber 2017: 34). Das Deep Learning interpretiert durch den Einsatz neuronaler Netze die Millionen von Daten und Bildern der Sensoren und Kameras automatisierter Fahrzeuge (vgl. Ritz 2018: 53). Dies umfasst die Bild- und Sensordatenverarbeitung, die Fusion verschiedener Sensoren, die gegenseitige Plausibilisierung von Sensoren sowie eine hochgenaue Lokalisierung. Anschließend erfolgt die Kognition, d.h. das Szenenverstehen (vgl. Campbell et al. 2010: 4654). Dies umfasst die Erkennung des Szenenkontexts und der Beziehungen zwischen den Objekten, die Verknüpfung von semantischem Vorwissen, die Erkennung von Intentionen, die Vorhersage des erwarteten Fahrverhaltens sowie die Vorbereitung der Reaktion (vgl. Wahlster 2017: 17; Ritz 2018: 48). Dies erfordert und erfolgt durch Klassifikationsalgorithmen, die die Daten der Sensoren in Objekte (dynamisch/ statisch) übersetzen und Handlungsoptionen festlegen, was bedeutet das für alle Situationen (z.B. Pre-Crash Situationen), Reaktionen vorgegeben bzw. programmiert werden müssen (vgl. Wagner & Kabel: 321). Auf Basis von Perzeption und Kognition erfolgt ebenso durch das Deep Learning bzw. künstliche Intelligenz schließlich die Planung bzw. Ausführung der Reaktion sowie die Manöver- und Trajektorienplanung. Dies umfasst die Wahl einer geeigneten Fahrstrategie, die Erreichung globaler Ziele (z.B. Fahrtziel) sowie die Berechnung einer sicheren und komfortablen Trajektorie (vgl. Paden et al. 2016: 35; Wahlster 2017: 17; SAE International 2018: 5)

Als Voraussetzung damit Deep Learning möglich ist, müssen die Algorithmen mit großen Datenmengen gespeist werden. Einer der wichtigsten Trends, der die Automatisierung in der Branche vorantreibt, ist die wachsende Anzahl vernetzter Autos. Da automatisierte und vernetzte Autos Fahrerfahrungen und Interpretationen der Situation miteinander teilen, verwenden Algorithmen diese Daten, um sich an verschiedene Situationen anzupassen, ohne sie aus erster Hand erfahren zu müssen (vgl. Mehta & Schreiber 2017: 35).

Mit der Künstlichen Intelligenz sind auch zahlreiche Ängste verbunden, was die Auswirkungen sein könnten (Massenarbeitslosigkeit, ethische Bedenken, Übernahme der Weltherrschaft durch Maschinen etc.) – vor diesem Hintergrund ist eine Unterscheidung der KI hinsichtlich ihres Autonomiegrades zu treffen (vgl. Pöchhacker 2017: 20):

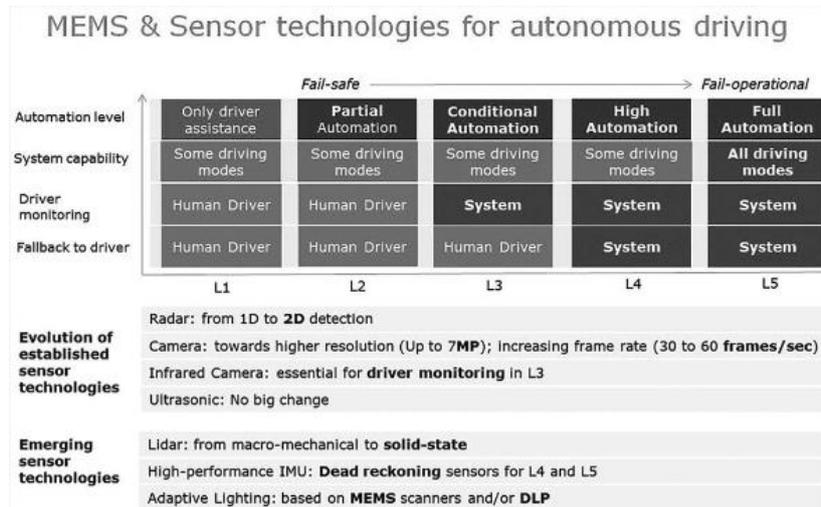
- die schwache KI, die nur für spezielle und definierte Aufgaben eingesetzt wird (Kombination von komplexen Algorithmen, maschinellem Lernen und zahlreichen anderen Techniken abhängig vom Anwendungsfall) – derzeitiger Stand der Technik
- die starke KI, eine hypothetische Form der KI, die die menschliche Intelligenz erreichen oder übersteigen und diese Problemlösungsfähigkeit auf beliebige Problemstellungen anwenden kann (Hardware und Software, die mit dem menschlichen Gehirn vergleichbar ist, ist notwendig) – aktuell noch nicht möglich, die vielversprechendste Möglichkeit besteht darin, eine KI zu programmieren, die sich durch selbstgeschriebene Codes eigenständig verändern und sich so laufend verbessern kann. Das würde ihr ermöglichen, zunehmend intelligenter zu werden und konstant auf ihrer eigenen Intelligenz aufzubauen, was zu exponentiellen Steigerungen ihrer Intelligenz führen würde (vgl. Deloitte 2016).

Wann eine Form der starken KI möglich sein wird, ist noch sehr ungewiss und es gibt unterschiedliche Prognosen: in AT Kearneys Report „Global Trends 2015-2025“ (vgl. ATKearney 2015) wird die Entwicklung in ca. 30 Jahren (2045) für möglich gehalten, bei einer Umfrage des KI-Forschers Nick Bostrom unter WissenschaftlerInnen geht die Hälfte der Befragten davon aus, dass es mit einer 50 %-igen Wahrscheinlichkeit bis 2040 möglich sein wird, bis 2065 wird die diesbezügliche Wahrscheinlichkeit auf 90 % geschätzt (vgl. Bostrom & Müller 2014).

Redundanz Sensorik „Wahrnehmung“

Die Wahrnehmung bzw. Messung der Umgebung sowie des Eigenzustands erfolgt durch die Sensoren als Grundlage für die Kognition, welche ihrerseits durch das Deep Learning bzw. künstliche Intelligenz erfolgt (vgl. Campbell et al. 2010: 4654). Wichtig für das automatisierte Fahren sind vor allem Umgebungssensoren. Durch diese erfolgt die Objekt- und Event-Detektion (vgl. SAE International 2018: 5). Die Sensorik in automatisierten Fahrzeugen umfasst dabei Radarsensoren (Radio Direction and Ranging), Ultraschallsensoren sowie Kameras (vgl. Bagloee et al. 2016: 296).

Zunehmend werden auch Lidar-Sensoren (light detection and ranging) sowie Dead Reckoning Sensoren (Koppelnavigation) zur laufenden Ortsbestimmung verwendet (vgl. Lemmer 2014: 14; Köllner 2017; Dixon 2018: 24). Nur die Kombination verschiedener Sensorsysteme (Sensorfusion) ermöglicht eine detaillierte Darstellung der Umgebung und der darin agierenden Objekte (vgl. Kernhof et al. 2018: 29; Ritz 2018: 47). Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über etablierte und aufstrebende Sensoren zur Unterstützung von automatisiertem Fahren.



Überblick über etablierte und aufstrebende Sensoren zur Unterstützung von automatisiertem Fahren (Quelle: IHS Markit 2016 nach Dixon 2018: 25)

Insbesondere das Erreichen der Automatisierungslevel 4 und 5 stellt für die verwendete Sensorik eine große Herausforderung dar (vgl. Dixon 2018: 24). Aufgrund der benötigten Präzision in der Positionsbestimmung von wenigen Zentimetern sind Dead Reckoning Sensoren bzw. die sogenannte (Trägheits-)Koppelnavigation von zunehmender Bedeutung. Diese basiert auf der Berechnung der aktuellen Position durch die Verwendung zuvor festgestellter Lokalisationsdaten und durch Verrücken dieser Position auf Grundlage bekannter Geschwindigkeitsmaße über einen bestimmten Zeitraum. Allerdings weisen derzeit selbst hochwertige MEMS-basierte Gierraten-Sensoren (Gyroskope), die die erforderliche Größe und das zulässige Gewicht für die Verwendung in einem Fahrzeug aufweisen, eine Lokalisationsgenauigkeit von 30 bis 50cm (über eine Distanz von 200m) anstatt der geforderten Maximalabweichung von unter 10cm auf (vgl. Dixon 2018: 25). In Zukunft ist deshalb auch denkbar, dass der Sensor Teil eines Sensor-Fusions-Szenarios wird: Daten von Radar, Kameras, Radgeschwindigkeitssensorik und WLAN-Signale (von anderen Fahrzeugen oder der Infrastruktur) werden zusammen mit den Signalen von Gierraten-Sensoren zur genauen Lokalisierung des Fahrzeugs genutzt und stellen gleichzeitig mehrere Redundanz-Szenarien bereit. Die Anforderungen der Sensoren werden dadurch zu einem gewissen Grad reduziert, abhängig davon, ob der Gierraten-Sensor bei einem Systemausfall als letzte Rückfallebene genutzt wird, um das Fahrzeug sicher und präzise über eine vorgegebene Bewegungsbahn bis zum Stillstand zu führen (vgl. Dixon 2018: 26).

Neben Dead Reckoning Sensoren sind auch 360°LiDAR-Sensoren von zunehmender Bedeutung. Diese können zur Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sowie zur Klassifizierung von Objekten im Straßenverkehr eingesetzt werden (vgl. Kernhof et al. 2018: 29). LiDAR Sensoren sind 3D-Laserscanner, die den Raum durch das emittieren von hochintensiven und fokussierten Lichtpulsen besonders hochauflösend erfassen (vgl. Ritz 2018: 42). Das Messprinzip basiert hierbei also auf der Zeitdifferenz zwischen der Aussendung eines oder mehrerer Licht(Laser)-Impulse bis zum Empfang der rückgestreuten Strahlen (vgl. Burkert 2018: online): Über die Laufzeitmessung des initiierten Lichtimpulses erfolgt dann die Ermittlung der Eigenschaften des reflektierenden Objekts (z.B. Position) (vgl. Kernhof et al. 2018: 30). Je weiter ein Objekt entfernt ist, desto länger dauert es, bis die Reflexion des Laserpulses an der Kamera ankommt (vgl. Ritz 2018: 42). Die Leistungsfähigkeit und Messgenauigkeit eines LiDAR-Messsystems hängt dabei maßgeblich von der Strahlungsleistung der Laseriode, den Reflexionseigenschaften des Objekts, der Empfindlichkeit des Fotodetektors sowie natürlich der Distanz zum Objekt ab (vgl. Kernhof et al. 2018: 30). LiDAR-Sensoren ermöglichen zwar eine wesentlich feinere Auflösung und damit eine höhere Informationsdichte der Umgebung als Radar- oder Kamerasysteme (vgl. Kernhof et al. 2018: 30). Allerdings weisen sie eine deutlich geringere Reichweite auf und können durch Nebel, Regen und Schnee stark beeinträchtigt werden (vgl. Ritz 2018: 44).

Daher wird derzeit meist eine Kombination verschiedener Sensorsysteme (Sensorfusion) verwendet um eine detaillierte 360° Abdeckung der Umwelt zu erhalten und damit auch eine hohe Zuverlässigkeit zu erreichen. Wichtig ist hierbei vor

allein eine hohe Redundanz der Sensoren sowie die Verfügbarkeit von Selbstdiagnosen bei den Sensoren um beispielsweise eine Unsicherheit im System zu erkennen (vgl. Fuchs 2017: 13; Ritz 2018: 47).

Hochleistungsrechnen und Datenübertragung

Die Kognition, d.h. das Szenenverstehen anhand der Messdaten der Sensoren, sowie die Planung und Kontrolle erfolgt durch das Deep Learning. Im Hintergrund steht dabei eine Software, die alle Vorgänge durchführt: Auf Basis der Messwerte der Sensoren, muss die Software die Umwelt des Autos verstehen und aus dem Verständnis heraus immer wieder aufs neue eine Fahrentscheidung, d.h. Geschwindigkeit und Richtung, fällen (vgl. Ritz 2018: 41). Von besonderer Bedeutung ist dabei die Rechenleistung dieser Software sowie die Leistungsfähigkeit der Datenübertragung.

Die Vielzahl der Daten, die kontinuierlich während des Fahrvorgangs aufgenommen, analysiert und gespeichert werden müssen, bedarf einer hohen Rechenleistung sowie eines lastfähigen Speichermediums (Big Data Handling) (vgl. Wagner & Kabel 2018: 321; Köllner 2017a: online). So fallen bei aktuellen Autopiloten von Audi etwa 350 Megabyte Sensordaten an und 25-mal pro Sekunde werden die Daten neu interpretiert (vgl. Ritz 2018: 41). Eine hohe Rechenleistung ist insbesondere notwendig um die Reaktionszeit des automatisierten Fahrzeugs, welche sich aus a) der Detektion der Umgebung durch die Sensoren, b) der Verarbeitung der Sensordaten durch die Software, c) das Erreichen einer Kontrollentscheidung, d) den Befehl an die Aktuatoren, e) der Reaktion der Aktuatoren und f) der Reaktion des Fahrzeugs selbst ergibt zu minimieren und eine möglichst schnelle Reaktion des Fahrzeugs zu gewährleisten (vgl. Campbell et al. 2010: 4664).

Aufgrund der Vielzahl an Daten braucht es für den Austausch von Daten zwischen den Fahrzeugen und anderen Verkehrseinheiten (Car-to-X) jedoch auch eine leistungsstarke und schnelle Datenübertragung. Hierfür können verschiedene drahtlose Kommunikationstechnologien zum Einsatz kommen. Primär anwendbare Technologien sind hierbei ITS-5G (WLAN IEEE 802.11p), der zellulare Mobilfunk (LTE-Vehicular/LTE Advanced oder zukünftig 5G) sowie das digitale Broadcasting wie z.B. DAB (Digital Audio Broadcasting), DAB+, DMB (Digital Multimedia Broadcasting) oder DAB-IP. Derzeit ist noch vollkommen offen welche Kommunikationstechnologie sich in Zukunft im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren durchsetzen wird; dies wird jedoch vor allem von den infrastrukturellen Kosten, der Zuverlässigkeit der Technologie, der minimalen Latenzzeiten und maximalen Datentransferraten bei einer ausreichenden Verfügbarkeit abhängen. Während die Europäische Kommission das Konzept eines komplementären Kommunikations-Mixes mit dem Einsatz hybrider Kommunikationstechnologien verfolgt, wird in den USA durch die Behörde für Straßen- und Fahrzeugsicherheit in einem Gesetzesentwurf der Standard ITS-G5 für die (Nahbereichs-)Kommunikation favorisiert (vgl. Sänn et al. 2017: 62).

Schnittstelle Mensch-Maschine

HMI (Human-Machine-Interaction) wird in der Literatur im Kontext von AV v.a. in zwei Bereichen untersucht: (1) Fahrübernahme Fahrzeug – FahrerIn bzw. generelle Interaktion mit Fahrzeuginsassen (User Interface) und (2) Interaktion automatisiertes Fahrzeug – andere VerkehrsteilnehmerInnen (vgl. Thrun 2010: 105; Winner & Bruder 2017: 95; Ritz 2018: 59). Diese HMI Anforderungen ergänzen die typischerweise rein technischen Anforderungen, die im Hinblick auf Lokalisierung, Umfeldwahrnehmung, System-Architektur, Validierung oder Security bestehen. Die HMI Anforderungen sind im Detail in Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Winner & Bruder 2017: 95). HMI umfasst letztlich auch die Erhöhung der Auffälligkeit des Fahrzeugmanövers durch Licht, Signale oder Gesten für andere VerkehrsteilnehmerInnen (vgl. SAE International 2018: 5).

Ziel ist es herauszufinden, was ein AV Fahrzeug wissen muss, um im Straßenverkehr Informationen verarbeiten, Entscheidungen treffen und effizient agieren zu können. So untersuchen Psychologinnen und AnthropologInnen das menschliche Verhalten in der Interaktion mit dem Auto, um Einblicke zu gewinnen, wie neue Technologien dieses Verhalten interpretieren und nachahmen können, sodass das Fahrzeug genauso reagiert wie ein „guter“ bzw. eine „gute“ VerkehrsteilnehmerIn (vgl. Köllner 2016: online).

Untersuchungen zeigen, dass VerkehrsteilnehmerInnen (AutofahrerInnen, FußgängerInnen, FahrradfahrerInnen etc.) oftmals Augenkontakt und andere Formen direkter Kommunikation wie Handzeichen nutzen, um ihre Absicht zu verdeutlichen (vgl. Witzlack et al. 2017: 30). Gerade das Erkennen von informellen Zeichen wie Gesten oder Blicke spielt eine entscheidende Rolle im Straßenverkehr. Wenn menschliche VerkehrsteilnehmerInnen auf AV Fahrzeuge treffen, entfällt die zwischenmenschliche Kommunikation und Missverständnisse können entstehen – so bietet eine Kreuzung mit Stoppschildern bspw. viel Interpretationsspielraum. Vor allem im urbanen Straßenverkehr ist diese Problematik also gegeben, auf Autobahnen wo die Interaktionen flüchtiger sind, ist dies leichter zu handhaben (vgl. Köllner 2016: online).

Alle Zeichen, d. h. verbale und nonverbale, sind nur in der Verknüpfung und im Kontext verständlich – es muss zwischen Signal und Äußerungsbedeutung unterschieden werden. So hat eine Lichthupe je nach Situation eine unterschiedliche Äußerungsbedeutung. Automatisierte Fahrzeuge müssten – neben der Fähigkeit zur Mustererkennung für Gesten und

Körperhaltungen, also auch über ein Kontextwissen verfügen, das ihnen die richtige Erkennung und Bewertung der Gesten ermöglicht. Dabei sind auch kulturelle Unterschiede in der Kommunikation im Straßenverkehr zu beachten (vgl. Färber 2015: 135).

Letztlich werden sich die bisher gewohnten Formen der Kommunikation zwischen VerkehrsteilnehmerInnen mit zunehmender Automatisierung verändern. Nicht mehr die/der Fahrer,In sondern das Fahrzeug muss in der Lage sein, eine Situation mit Kommunikationsbedarf (sowie auch den Kontext) zu erkennen und zwischen verschiedenen VerkehrsteilnehmerInnen sinnvoll vermitteln, wobei dies auf unterschiedliche Art und Weise möglich ist (vgl. Witzlack et al. 2017: 30; Habibovic et al. 2018: 94).

Getestet wird aktuell zum Beispiel von Ford mit Lichtsignalen (Lichtbalken auf der Windschutzscheibe); Textinformationen am Fahrzeug wurden als nicht geeignet (Voraussetzung alle VerkehrsteilnehmerInnen verstehen die gleiche Sprache sowie Probleme für AnalphabetInnen), Symbole nur als bedingt geeignet (neuartige Symbole werden von Menschen zu wenig erkannt) eingestuft. Im Gegensatz dazu sind Lichtsignale für Abbiege- und Bremsanzeige bereits Standard und allgemein akzeptiert, so dass eine Beleuchtungsanwendung als das wirksamste Mittel zur Kommunikation angesehen wird. Ein selbstfahrendes Fahrzeug zum Beispiel könnte signalisieren, ob es im autonomen Fahrmodus arbeitet, ob es anfahren oder etwa noch im Stand verharren möchte (vgl. Köllner 2017b: online; Ritz 2018: 62).

Big Data und digitale Karten

Das aktuelle Wachstum der KI Industrie ist neben der Software und Hardware, vor allem auch von der Verfügbarkeit von Big Data abhängig. Dies liegt daran, dass KI-Anwendungen, insbesondere Deep Learning, große Datenmengen benötigen, um genaue Ergebnisse zu liefern. Laut einer Studie der International Data Corporation (IDC) wächst die Menge an Big Data, die von der heute zunehmend digitalisierten Wirtschaft generiert wird, jährlich um 40% und soll bis 2020 44 Zettabytes, d.h. 44 Billionen Gigabyte erreichen. Das enorme Wachstum, das vor allem durch die Verbreitung von Smart Devices, dem Internet der Dinge (IoT) und sozialen Medien angetrieben wird, ist für das Wachstum von KI-Anwendungen in allen Branchen von entscheidender Bedeutung. KI-Systeme werden direkt proportional „intelligenter“ mit der Menge an Daten, die sie verarbeiten und weisen so eine weitaus höhere Leistungsfähigkeit auf (vgl. Mehta & Schreiber 2017: 30; Kirchbeck 2018: online).

Das automatisierte und vernetzte Fahren stellt eine besondere Anwendung von Big Data dar: für einen sicheren, effizienten und emissionsarmen Betrieb von AV müssen unzählige Geodaten, Umweltdaten, Daten von vernetzten Gebäuden und Infrastrukturen (beispielsweise aus Sensoren an Brücken und Tunneln) sowie verkehrsträger-übergreifende Mobilitätsdaten, die aus unterschiedlichen Quellen stammen und in unterschiedlicher Form vorliegen, in Echtzeit ausgewertet und in Handlungen des Fahrzeugs umgesetzt werden. Diese Daten müssen sowohl hochpräzise als auch hochaktuell sein, um auch kurzfristige Änderungen in Straßennetz und Verkehrsflüssen (z.B. durch Sperrungen oder Baustellen) zu erfassen. Dabei kann die „Schwarmintelligenz“ der Fahrzeuge genutzt werden, indem aus den aggregierten Daten der Einzelfahrzeuge Kenntnisse über den Verkehrsfluss als Ganzes ermittelt werden (vgl. BMVI 2016: 15).

Zunehmend greifen automatisierte Fahrzeuge dafür auf von Fahrzeugherstellern, Telekombetreibern, Kartenherstellern und Infrastrukturbetreibern erstellte digitale HD-Maps zu (vgl. Fellendorf 2018: 15). Durch diese erhält das Fahrzeug ein exaktes, digitales Abbild der Straße sowie der (statischen) Objekte am Straßenrand oder über der Straße, wie Leitplanken, Brücken oder Schilder. Diese Informationen werden von den Sensoren als Referenzpunkte für die exakte, spurliniengetreue Lokalisierung und präzise Fahrzeugpositionierung genutzt (vgl. Rabel 2016: 46). Abweichungen der Sensordaten von den Kartendaten der HD-Map werden umgehend mit dem Server abgeglichen (Überprüfung, ob die Meldungen der Sensoren stichhaltig sind) und aktualisiert und stehen nachfolgenden Fahrzeugen (nach Verbindung mit dem Server) zur Verfügung (vgl. Ritz 2018: 56; Rabel 2016: 46). Für die Aktualisierung der HD-Maps sind somit die Sensordaten der Fahrzeuge, die Änderungen erkennen und validieren können, das wichtigste Element (vgl. Daimler 2018: online). Grundsätzlich sind jedoch alle Kartendaten statisch und zeigen Bilder der Vergangenheit, d.h. wie die Straße und Umgebung aussah, als sie zuletzt kartiert wurde. Die mögliche Diskrepanz von Kartendaten der HD-Map und der Realität bleibt daher bestehen und wird sich erst mit einer deutlich zunehmenden Anzahl von Fahrzeugen, die die HD Map laufend bzw. immer aktualisieren verringern (vgl. Ritz 2018: 55; Fellendorf 2018: 15).

Der Zugriff auf die HD-Maps kann grundsätzlich offline oder online erfolgen. Die HD-Maps können neben Informationen zu Schildern auch Unfallkarten aufweisen (vgl. Fellendorf 2018: 15). Derzeit decken beispielsweise die HD-Karten des Herstellers TomTom alle Autobahnen in 19 Ländern Westeuropas sowie das gesamte Autobahn- und Schnellstraßennetz auf dem US-amerikanischen Festland ab, wodurch sich eine weltweite Gesamtabdeckung von rund 360.000 Straßenkilometern ergibt, die als Grundlage für automatisiertes Fahren zur Verfügung stehen. In Kombination mit genauen und ausführlichen Bildern der Straßen, Markierungen sowie der Umgebung liegt deren Genauigkeit bei unter 0,5 m in Längsrichtung und bei unter 15cm seitlich (vgl. Strijbosch 2017 35).

Cybersicherheit

Traditionell ist Sicherheit (in Bezug auf ein sicheres Fahren) ein wichtiges Thema in der Automobilindustrie. Im Kontext von (Cyber-)Security wird aktuell jedoch noch wenig diskutiert, obwohl Fahrzeuge aufgrund einer Vielzahl von Sensoren und Software mittlerweile eher rollende Computer sind (vgl. Seider & Schmitz 2017: online). Cybersicherheit ist dabei aber nicht nur für ein effizientes Verkehrsmanagement sowie kooperative Funktionen Notwendigkeit, sondern auch für die Abwehr von Hackerangriffen auf automatisierte und vernetzte Fahrzeuge, durch die Menschenleben gefährdet werden können (vgl. KIRAS 2018: online).

Mit der Einführung von modernen Informationstechnologien in Fahrzeugen steigen die Sicherheitsanforderungen gegenüber Fahrzeugtechnologien (vgl. Lemmer 2015: 61). Jedes vernetzte Fahrzeug sammelt innerhalb von acht Stunden auf der Straße vier Terabyte an (äußerst sensiblen) Daten – dazu gehören Informationen über Bewegungsmuster, persönliche Fahrgewohnheiten, Finanzdaten etc. Diese enorme Informationsmenge hat zur Folge, dass die Daten nicht nur gespeichert, sondern auch analysiert und abgesichert werden müssen. So werden Fahrzeugsysteme mit zunehmender Vernetzung und Automatisierung bei mangelnden Sicherheitsstandards anfälliger für Angriffe von außen, aber auch für einen Funktionsausfall. Auch für die volle (NutzerInnen-)Akzeptanz der neuen Technologien müssen der Schutz vor Cyber-Angriffen und die Vertraulichkeit der Daten gewährleistet sein. Security by Design gewinnt als Konzept in den nächsten Jahren deutlich an Bedeutung, um Connected Cars so sicher wie möglich zu machen – hinsichtlich einer Vielzahl möglicher Angriffspunkte (vgl. Seider & Schmitz 2017: online).

Vor allem Sensoren sind von außen angreifbar, da es sich bei ihnen um eine offene Schnittstelle des automatisierten Fahrzeugs handelt, die von Angreifern zerstört oder mit Reizen überflutet bzw. deren Messwerte gezielt manipuliert werden können (vgl. Ritz 2018: 203). Wie bereits beschrieben sind daher Selbstanalysen und Plausibilitätsüberprüfungen der Sensoren sowie der Einsatz von redundanten Sensoren, die im Störfall kurzfristig die Funktion der gestörten Sensoren übernehmen können, wichtig (vgl. Fuchs 2017: 13; Ritz 2018: 204). Hinsichtlich der Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug oder zwischen Fahrzeug und den Servern des Herstellers muss zudem darauf geachtet werden, dass diese nicht belauschbar ist, dass die Datenintegrität gewährleistet ist, und dass die Kommunikation robust ist und diese sich nicht einfach durch Überlastungsangriffe (z.B. DDoS – Distributed Denial of Service) unterbinden lässt (vgl. Ritz: 2018: 205).

Aufgrund der zunehmenden Relevanz von Cybersicherheit im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren haben verschiedene Sicherheitsunternehmen (z.B. Palo Alto Networks, BlackBerry) mittlerweile Whitepapers zum Thema Cybersicherheit bei vernetzten/automatisierten Fahrzeugen veröffentlicht. Auch die deutsche Bundesregierung reagiert auf die neuen Anforderungen und setzt sich im Kontext der zunehmenden Automatisierung und Vernetzung von Fahrfunktionen das Formulieren von Guidelines zum Schutz gegen nicht autorisierte Zugriffe von außen als Ziel. Diese Guidelines stellen eine indirekte Verpflichtung der Hersteller dar, indem sie als „Stand der Technik“ anzusehen sind. Sollte von den Vorgaben der Guidelines abgewichen werden, muss ein Hersteller die Sicherheit in ähnlicher Weise gewährleisten (vgl. BMVI 2015: 22f). Für Österreich wurde im Zusammenhang mit dem automatisierten und vernetzten Fahren ebenso ein rechtlicher Anpassungsbedarf hinsichtlich Standards für die Cybersicherheit identifiziert (vgl. Eisenberger et al. 2018: 6); hierzu werden im Forschungsprojekt „CySiVuS“ bereits erste Grundlagen eine Referenzarchitektur erarbeitet (vgl. Schmittner et al. 2018: 30).

A2. Beschreibung der Projektionen der Schlüsselfaktoren

Mobility as a Service

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	Dominanz von lokalen MaaS-Angeboten privater Unternehmen	Stadt-Regionales, öffentliches MaaS	Lokale Community-basierte MaaS Angebote als PPP-Modell	Keine Durchsetzung von MaaS
Kurzbeschreibung	<i>Privat kontrolliertes MaaS Angebot: Bereitstellung von MaaS von einzelnen Anbietern mit schwachen Schnittstellen zu Partnerdiensten und sehr schwacher Integration des öffentlichen Verkehrs</i>	<i>Öffentlich kontrolliertes MaaS Angebot: Verstärkte Zusammenarbeit von Anbietern und Ausweitung von öffentlichen MaaS-Plattformen</i>	<i>Community-basierte MaaS Angebote, mit ÖV Angebot auf tiefen Niveau</i>	<i>Keine Durchsetzung von MaaS</i>
Integration	Private Unternehmen sind Integratoren der Mobilitätsangebote und operative Schnittstelle zu den EndnutzerInnen; ÖV nur ein Mobilitätsanbieter, schwache bzw. selektive Integration anderer Mobilitätsanbieter, eigene Angebote stehen im Vordergrund	Öffentliche Hand/ Unternehmen sind Integratoren der Mobilitätsangebote und operative Schnittstelle zu den EndnutzerInnen; ÖV ist wesentlicher Mobilitätsanbieter, optimierte Integration anderer Mobilitätsanbieter	Öffentliche Hand/ Unternehmen allenfalls als Integratoren der Mobilitätsangebote; operative Schnittstelle zu Endnutzer jedoch Community-basiert, ÖV ist nur ein Mobilitätsanbieter, eher Community-basierte Mobilitätsangebote	Integration nicht vorhanden bzw. sehr schwach, da keine Einigung zwischen Akteuren
Angebotsraum	eher lokal (nachfrageabhängig)	Regional oder lokal	eher lokal oder betriebsbezogen	-
Modellform	Roaming Modell	Integriertes Modell	Integriertes Modell	-
Rolle des öffentlichen Verkehrs	Nicht (bzw. nur sehr schwach) integriert	Integrator und Angebotserweiterung ÖV (Flexible Betriebsformen)	Marktteilnehmer, aber eher Community-basierte Mobilität, weil ÖV-Angebot auf tiefen Niveau	-
Modale Integration	Car Sharing, Leasingangebote unterschiedlicher Fahrzeugtypen	ÖV, ÖV_AV, aktive Mobilität, Car Sharing, Ride Sharing	Car Sharing, Ride Sharing, Aktive Mobilität, geringfügig ÖV wo vorhanden	-
Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)	Eher schwach bis mittel	schwach	schwach	-
Personalisierung	Mittlere Personalisierung	Eher geringe Personalisierung	Eher geringe Personalisierung	-
Blockchain (Kryptowährung)	Wenig/mittel fortgeschritten	Wenig/Mittel fortgeschritten	Mittel fortgeschritten	-

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	Privates, individuelles MaaS	Europäisches, umfangreiches, öffentliches MaaS	Community-basierter MaaS Fortschritt	MaaS nur auf geringfügigem Niveau
Kurzbeschreibung	<i>Privat kontrolliertes Angebot: MaaS von einzelnen Anbietern (Ausweitung hin zu globalen Playern) mit schwachen Schnittstellen zu Partnerdiensten sowie starker Antizipation und zum Teil unter Nutzung von Blockchain</i>	<i>Öffentlich kontrolliertes, europäisches Angebot: umfangreiches, europäisches, öffentliches MaaS mit starker Antizipation und zum Teil unter Nutzung von Blockchain.</i>	<i>Community-basierte MaaS Angebote (PPP) mit weit fortgeschrittenem Blockchain</i>	<i>Keine Durchsetzung von MaaS bzw. allenfalls auf geringem Niveau</i>
Integration	mittlere Integration bzw. selektiv	starke Integration (z.B. vielfältig/ groß, bspw. auch Datenlieferanten)	Starke, aber selektive Integration	Integration nicht vorhanden bzw. sehr schwach
Angebotsraum	Vermutlich eher regional (nachfrageabhängig)	national	eher lokal oder betriebsbezogen	-
Rolle des öffentlichen Verkehrs	nicht oder nur kaum integriert, allenfalls Marktteilnehmer	Integrator und Angebotserweiterung ÖV (Flexible Betriebsformen)	Marktteilnehmer, aber eher Community-basierte Mobilität, weil ÖV-Angebot auf tiefen Niveau	-
Modale Integration	Car Sharing, Ride Sharing	ÖV, ÖV_AV, aktive Mobilität, Car Sharing, Ride Sharing	Car Sharing, Ride Sharing, Aktive Mobilität, geringfügig ÖV wo vorhanden	-
Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)	sehr starke Antizipation (vorausahnend, Emotionen erfassend, virtualisierend...)	sehr starke Antizipation (vorausahnend, Emotionen erfassend, virtualisierend...)	sehr starke Antizipation (vorausahnend, Emotionen erfassend, virtualisierend...)	-
Personalisierung	stark (Emotionen, Einstellungen)	Mittlere Personalisierung	Mittlere Personalisierung	-
Blockchain (Kryptowährung)	Mittel/stark fortgeschritten	Mittel/stark fortgeschritten	Stark fortgeschritten	-

Shared Mobility

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	Shared Economy	Car Sharing	Ride Sharing	No Sharing
Kurzbeschreibung	weitgehende Verbreitung aller Formen von Sharing: Car Sharing, Ride Sharing etc.	Verbreitung von Car Sharing und Leasing	Verbreitung von Ride Sharing (Sharing von Fahrten)	keine Verbreitung von Sharing
Goods Sharing	zunehmende Attraktivität	zunehmende Attraktivität	niedrige Attraktivität	niedrige und sinkende Attraktivität
Ride Sharing	zunehmende Attraktivität	niedrige Attraktivität	zunehmende Attraktivität	niedrige und sinkende Attraktivität
Dominante Organisationsform	B2C, C2C, G2C	B2C	C2C	Keine, allenfalls P2P
Integration	stark integriert, viele Institutionen, meistens online	selektiv integriert, mehr am Fahrzeug, als an MaaS orientiert	Selektiv integriert, MaaS-Dominanz	wenig integriert, Potenziale kaum genutzt
Modi	alle	alle	Pkw, Pods	alle gering
Bedienungsgebiet	flächendeckend, auch zu Spitzenzeiten leistungsfähig	Nur in dichtem Siedlungsgebiet	Netzwerk konkreter Fahrten, keine flächenhafte Abdeckung	selektiv, kaum vernetzt
Abdeckung Gesamtstrecke	Tür-zu-Tür mit perfektem Umsteigen (multimodal)	Tür-zu-Tür	Wegeabschnitt, wenig eingebunden	selektiv, Insellösungen
Soziales Matching	Mittel fortgeschritten	Wenig fortgeschritten	Wenig fortgeschritten	Kaum Fortschritte

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	High Level Shared Economy	Car Sharing Fortschritt	Ride Sharing Fortschritt	Low Sharing
Kurzbeschreibung	Umfangreiches Durchsetzen von Sharing mit weit fortgeschrittenem sozialen Matching	Sharing setzt sich sehr stark vor allem bei Gütern/ Fahrzeugen durch. Fortgeschrittenes soziales Matching erhöht die Attraktivität solcher Sharing Angebote	Sharing setzt sich sehr stark vor allem bei Fahrtendurch. Weit fortgeschrittenes soziales Matching erhöht die Attraktivität solcher Sharing Angebote	Kaum Durchsetzung von Sharing – auch aufgrund geringer Fortschritte beim sozialen Matching
Goods Sharing	Sehr hohe Attraktivität	Sehr hohe Attraktivität	niedrige Attraktivität	Weiterhin niedrige Attraktivität
Ride Sharing	Sehr hohe Attraktivität	niedrige Attraktivität	Sehr hohe Attraktivität	Weiterhin niedrige Attraktivität
Dominante Organisationsform	B2C, C2C, G2C	B2C	C2C	Keine, allenfalls P2P
Bedienungsgebiet	flächendeckend, auch zu Spitzenzeiten leistungsfähig	Erweiterung Siedlungsgebiet	Erweiterung Siedlungsgebiet	Weiterhin selektiv, kaum vernetzt
Abdeckung Gesamtstrecke	Tür-zu-Tür mit perfektem Umsteigen (multimodal)	Tür-zu-Tür	Wegeabschnitt, wenig eingebunden	selektiv, Insellösungen
Soziales Matching	Weit fortgeschritten	Fortgeschritten	Weit fortgeschritten	Kaum Fortschritte

Mobilitätseinstellungen

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	Ablehnung/ Skepsis	Euphorie (evolutionärer Wandel)	Räumliche Ambivalenz	Polarisierung der Gesellschaft
Kurzbeschreibung	Personen weitgehend skeptisch zu AV und Sharing	Weitgehende Unterstützung des AV und des Sharing	Positive Einstellungen zu ÖV und Sharing in Städten, positive Einstellungen zu privat Kfz allenfalls in dünn besiedelten Orten (automatisiert und nicht automatisiert)	überwiegend positive Einstellungen zu privat Kfz (automatisiert und nicht automatisiert), aber niedrige Einkommensgruppen zur ÖV-Nutzung gedrängt
Einstellung zu avF	Skeptisch ablehnend	Euphorisch (pragmatisch-positiv interessiert)	Ambivalent	Polarisiert (Segmentation)
Einstellung Sharing und MIV	Breite Masse im MIV, kaum Sharing	Sharing und MIV beides hoch attraktiv,	Positiv zu Sharing (in Städten), MIV als notwendig (in dünn besiedelten Orten)	MIV dominiert (my car is my castle), Sharing nur für diejenigen, die sich keinen Pkw leisten können
Einstellung zu ÖV	Zunehmend skeptisch, ÖV-Nutzung rückläufig	Jede Art automatisierter Mobilität ist attraktiv (automatisierte Multi-Modalität)	Automatisierter ÖV ist attraktiv, Interesse an neuen hybriden Formen des ÖV	ÖV nur für diejenigen, die sich keinen Pkw leisten können / sozial selektive Nutzung
Symbolik Auto	Hoch, wichtig für Identifikation	Pkw-Besitz, aber ein Mittel unter vielen	niedrig, ein Mittel unter vielen (kein Pkw-Besitz)	Hoch, wichtig für Identifikation
Technikaffinität	durchschnittlich, niedrig	hoch, steigend	Mittel, situativ	moderat
Werte	Festhalten, Balance	Verändern	Festhalten, Balance	Spannung, Bewahren
Rolle AV	Automatisiertes Fahren als Nischentechnologie, auch die Eliten sind skeptisch	Automatisierter Pkw im Besitz und als Sharing findet zunehmend Verbreitung	Automatisiertes Fahren in der breiten Masse, vor allem im ÖV	Pkw-Dominanz steigt, unterschiedliche Automatisierung und Vernetzung

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3	Projektion 4
	Breite Ablehnung/ Skepsis	Breite Euphorie	Fortschreitende räumliche Ambivalenz	Starke Polarisation der Gesellschaft
Kurzbeschreibung	Personen stark skeptisch zu AV, Sharing nur akzeptiert	AV und Sharing im Alltag eingelangt, aber auch MIV attraktiv	positive Einstellungen zu ÖV und Sharing in Städten, positive Einstellungen zu privat Kfz allenfalls in dünn besiedelten Orten (automatisiert und nicht automatisiert)	überwiegend positive Einstellungen zu privat Kfz (automatisiert und nicht automatisiert), aber niedrige Einkommensgruppen zur ÖV-Nutzung gedrängt
Technikaffinität	unterdurchschnittlich, sinkend	hoch, steigend	hoch / niedrig	hoch / niedrig
Einstellung zu avF	Stark ablehnend	selbstverständlicher Bestandteil des Alltages	pragmatisch und instrumentell interessiert	Polarisiert nach Einkommen (hoch=positiv, niedrig=ablehnend)
Einstellung Sharing und MIV	Sharing akzeptiert, instrumentell, aber nicht affektiv, MIV auf niedrigem SAE-Standard	Sharing und MIV sind hoch attraktiv, affektiv und symbolisch auf hohem SAE-Standard	Positiv zu p2p-Sharing, technischer Standard egal, instrumentell	MIV dominiert (my car is my castle), Sharing nur für diejenigen, die sich keinen Pkw leisten können
Einstellung zu ÖV	zunehmend skeptisch, ÖV-Nutzung rückläufig	Jede Art automatisierter Mobilität ist attraktiv (automatisierte Multi-Modalität), symbolische und affektive Nutzung neuer Technologien	Automatisierter ÖV ist attraktiv, Interesse an neuen hybriden Formen des ÖV; instrumentell	ÖV nur für diejenigen, die sich keinen Pkw leisten können / sozial selektive Nutzung, instrumentell
Werte	Rückwärts orientiert	Verändern	Festhalten, Balance	Spannung, Bewahren
Rolle AV	Automatisiertes Fahren schleppend akzeptiert, auch die Eliten sind skeptisch; Zugang pragmatisch	Automatisierter Pkw im Besitz und als Sharing findet zunehmend Verbreitung; symbolisch und affektiv aufgeladen	Automatisiertes Fahren in der breiten Masse, vor allem im ÖV; instrumentell	Pkw-Dominanz steigt, unterschiedliche Automatisierung und Vernetzung, instrumenteller Zugang

Mobilitäts- und Verkehrspolitik

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2
	Starke, aktive, Technologie-getriebene AV Politik	Aktive, Umweltschutz-getriebene AV Politik
Kurzbeschreibung	<i>Aktive, technologie-getriebene AV Politik mit starkem Fokus auf Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit sowie Förderung der Wirtschaft</i>	<i>Stärker Umweltschutz-getriebene AV Politik mit Fokus auf ökologischer Nachhaltigkeit und sozialer Inklusion</i>
Ziele	Wettbewerb/ Wirtschaftsförderung	ökologische Nachhaltigkeit Soziale Inklusion
Richtung der Treiber	stark top-down: Staat & Unternehmen, bottom-up: Start-up	top-down: Staat & Unternehmen bottom-up: Start-up
Politische und ökonomische Logik	Starker, stabiler Staat, der technologische Mobilitätsinnovationen massiv unterstützt	Starker, stabiler Staat, der technologische und soziale Mobilitätsinnovationen stark unterstützt
Steuerung	Deregulierung, mittlere Konsistenz der Maßnahmen	Starke, konsistente Regulierung im Bereich Umweltschutz, starke Deregulierung im Innovationssektor
Förderpolitik	aktive, Förderpolitik für radikale Innovationen	aktive Förderpolitik für radikale und evolutionäre Innovationen
Innovationsinteressen Wirtschaft	innovativ, offensiv, disruptiv	ambivalent
Standards Verkehrssicherheit	gleichbleibende Standards (im Vergleich zu heute)	höchste Standards (höher als im Vergleich zu heute)
AV Infrastruktur	aktive, sektorale Bereitstellung von digitaler AV Infrastruktur durch den Staat und durch PPP Modelle z.B. mit OEMs → V2V Vehicle-to-Vehicle. flächendeckende 5 G Netze, Echtzeit Verkehrslage Standardisierung und Harmonisierung von Daten	aktive, integrierte Bereitstellung von digitaler und baulicher AV Infrastruktur durch den Staat → V2X - Vehicle-to-Everything, insbesondere (V2G - Vehicle-to-grid); flächendeckende 5 G Netze, Flächen für Infrastruktur V2X, eigene AV Fahrstreifen, Echtzeit Verkehrslage, Standardisierung und Harmonisierung von Daten Fokus ÖV

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3
	Technologie-getriebene AV Politik	Restriktive Umweltschutz-getriebene AV Politik (ökologische Nachhaltigkeit)	Community-getriebene AV Politik
Kurzbeschreibung	<i>stark Technologie-getrieben und weiterhin mit Fokus auf Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Förderung der Wirtschaft.</i>	<i>Stark restriktive Umweltschutz-getriebene AV-Politik mit starkem Fokus auf ökologischer Nachhaltigkeit (einschließlich externer Effekte)</i>	<i>Bottom-up entstehende Community-getriebene AV Politik mit Fokus auf ökologischer Nachhaltigkeit und sozialer Inklusion.</i>
Richtung der Treiber	sehr top-down: Unternehmen	sehr stark Top-down: Staat	sehr stark bottom-up: Gesellschaft
Ziele	Wettbewerb / Wirtschaftsförderung	ökologische Nachhaltigkeit Kostenwahrheit (einschließlich externer Effekte)	ökologische Nachhaltigkeit Soziale Inklusion
Politische und ökonomische Logik	schwächerer Staat: laissez-faire	Starker, stabiler Staat, der technologische und soziale Mobilitätsinnovationen stark steuert	schwächerer Staat: eher laissez-faire (Deregulierung)
Steuerung	Deregulierung, wenig Konsistenz der Maßnahmen	Starke, konsistente Regulierung im Bereich Umweltschutz, starke Deregulierung im Innovationssektor,	Wenig Steuerung
Innovationsinteressen Wirtschaft	innovativ, offensiv, disruptiv	abwartend, defensiv, inkrementell, risikoavers	abwartend, defensiv, inkrementell, risikoavers
Standards Verkehrssicherheit	hohe Standards (höher als im Vergleich zu heute)	höchste Standards (deutlich höher als im Vergleich zu heute)	höchste Standards (deutlich höher als im Vergleich zu heute)
AV Infrastruktur	passive, sektorale Bereitstellung von digitaler AV Infrastruktur durch den Staat und durch PPP Modelle z.B. mit OEMs → V2V Vehicle-to-Vehicle. flächendeckende 5 G Netze, Echtzeit Verkehrslage Standardisierung und Harmonisierung von Daten	aktive, integrierte Bereitstellung von digitaler und baulicher AV Infrastruktur durch den Staat → V2X - Vehicle-to-Everything, insbesondere (V2G - Vehicle-to-grid); flächendeckende 5 G Netze, Flächen für Infrastruktur V2X, eigene AV Fahrstreifen, Echtzeit Verkehrslage, Standardisierung und Harmonisierung von Daten Fokus ÖV	Vehicle-to-Pedestrian, Vehicle-to-Bicycle

Antriebstechnologien

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3
	Optimierung bei Verbrennungsmotoren	Hybrid unterwegs	Elektromobiler Fortschritt
Kurzbeschreibung	<i>Stetige Optimierung bei Verbrennungsmotoren Status-Quo-Entwicklung bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (nur geringe Zunahmen)</i>	<i>Hohe Zunahme bei Hybridantrieben (Übergangslösungen)</i>	<i>Deutliche Zunahme bei Elektro-Fahrzeug-Zulassungen</i>
Kraftstoffe	Otto, Diesel	Otto, Diesel/ Strom	Strom
Reichweiten und Energieaufnahme-dauer (E-Fahrzeuge)	Nur geringe Reichweiten und weiterhin hohe Energieaufnahmedauer (kaum technologische Fortschritte und geringe Sicherheit)	nur mittlere Reichweiten und weiterhin mittlere Aufnahmedauer (mittlere technologische Fortschritte), evtl. Tauschmodelle für Batterien zur Verringerung der Aufnahmedauer	Zunahme an Reichweiten und Abnahme bei Aufnahmedauer (hohe technologische Fortschritte und hohe Sicherheit), gleichzeitig mögliche Kombination von Tauschmodell
Netzdichte (E-Fahrzeuge)	geringe Netzdichte	mittlere Netzdichte	hohe Netzdichte
Batteriepreise (E-Fahrzeuge)	hohe Batteriepreise	hohe Batteriepreise	geringe Batteriepreise

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3
	Dominanz von E-Fuels	Weiterhin hybrid unterwegs	Österreich elektrisch unterwegs
Kurzbeschreibung	<i>Weitgehend Fahrzeuge mit E-Fuels, da sich E-Fahrzeuge aufgrund hoher Kosten für Batterien und Infrastruktur nicht durchsetzen</i>	<i>Weiterhin Dominanz von Hybridantrieben, da keine umfangreichen technologischen Fortschritte bei E-Fahrzeugen (weiterhin mittlere Reichweite, mittlere Aufnahmedauer und mittlere Batteriepreise)</i>	<i>Elektro-Fahrzeuge (BEV) sind dominant bei Pkw, da es weitere Steigerungen bei Reichweite und Aufnahmedauer sowie eine umfangreiche räumliche Verfügbarkeit im Straßennetz gibt</i>
Kraftstoffe	E-Fuels (Fortschritte bei der Entwicklung von E-Fuels, deutliche geringere Kosten für E-Fuels)	Otto, Diesel/ Strom	Strom
Reichweiten und Energieaufnahme-dauer (E-Fahrzeuge)	Geringe Reichweiten und hohe Energieaufnahmedauer (kaum technologische Fortschritte und geringe Sicherheit)	nur mittlere Reichweiten und weiterhin mittlere Aufnahmedauer (mittlere technologische Fortschritte), evtl. Tauschmodelle für Batterien zur Verringerung der Aufnahmedauer	sehr große Fortschritte bei Reichweite, Aufnahmedauer
Netzdichte (E-Fahrzeuge)	mittlere Netzdichte	mittlere Netzdichte	Hohe Netzdichte und Induktives Laden
Batteriepreise (E-Fahrzeuge)	hohe Batteriepreise	mittlere Batteriepreise	deutlich geringere Batteriepreise

AF-Technologie/ Künstliche Intelligenz

Projektionen 2030

	Projektion 1	Projektion 2	Projektion 3
	Disruptives Level 5	Schnelles Level 4	Evolutionäres Level 3
Kurzbeschreibung	Vollautomatisiertes Fahren in (fast) allen Anwendungskontexten (Verkehrssicherheitsniveau schlechter zu heute)	Hochautomatisiertes Fahren in einfachen Anwendungskontexten (Autobahn, Vorstadt bei Trennung („Shuttle“)) (Verkehrssicherheitsniveau gleich zu heute)	Bedingt-automatisiertes Fahren in einfachsten Anwendungskontexten mit Rückfallebene Fahrer auf (Verkehrssicherheitsniveau etwas schlechter zu heute)
Stufen der Automatisierung, nach SAE	5	4	3
Algorithmen der künstlichen Intelligenz (z.B. Deep learning (architecture))	radikale Fortschritte bei KI Algorithmen: Deep learning extrem Leistungsfähig, auch Alternativen zu Deep learning, eingeschränkte	schnelle Fortschritte bei Deep learning	Stagnation bei Deep learning Algorithmen, keine Alternativen
Sensorik	wenige Sensoren mit höchster Genauigkeit, mittlere Redundanz	wenige Sensoren mit hoher Genauigkeit, noch wenig Redundanz	wenige Sensoren mit eingeschränkter Genauigkeit, kaum Redundanz
Hochleistungsrechnen (HPC) und Datenübertragung	sehr günstig, extrem leistungsfähig, extrem schnell, kurze Latenzzeiten, hoher Datenaustausch	sehr günstig, sehr leistungsfähig, sehr schnell, kurze Latenzzeiten, mittlerer Datenaustausch	teuer, mittel leistungsfähig, schnell, lange Latenzzeiten, mittlerer Datenaustausch
Big Data und digitale Karten	hohe Informationsdichte und -verknüpfung, hohe Genauigkeit und hohe Aktualität	hohe Informationsdichte und -verknüpfung, hohe Genauigkeit und hohe Aktualität	hohe Informationsdichte und -verknüpfung, hohe Genauigkeit und hohe Aktualität
Cybersicherheit	hohe Anfälligkeit für Hackerangriffe	hohe Anfälligkeit für Hackerangriffe	hohe Anfälligkeit für Hackerangriffe

Projektionen 2050

	Projektion 1	Projektion 2
	Optimiertes Level 5	Langsames Level 4
Kurzbeschreibung	Vollautomatisiertes Fahren in allen Anwendungen auf höchstem Sicherheitslevel (deutlich höheres Verkehrssicherheitsniveau als heute)	Hochautomatisiertes Fahren in einfachen Anwendungskontexten (Autobahn, Vorstadt bei Trennung („Shuttle“)) auf höchstem Sicherheitslevel (höheres Sicherheitsniveau als heute)
Stufen der Automatisierung, nach SAE	5	4
Algorithmen der künstlichen Intelligenz (z.B. Deep learning (architecture))	radikale Fortschritte bei KI Algorithmen: Deep learning extrem Leistungsfähig, auch Alternativen zu Deep Learning, breite Anwendungen	langsame Fortschritte bei Deep learning Algorithmen, wenig Alternativen
Sensorik	mehrere Sensoren mit höchster Genauigkeit, höchste Redundanz	mehrere Sensoren mit hoher Genauigkeit, mittlere Redundanz
Hochleistungsrechnen (HPC) und Datenübertragung	extrem günstig, extrem leistungsfähig extrem schnell, minimale Latenzzeiten, höchster Datenaustausch	sehr günstig, sehr leistungsfähig, sehr schnell, kurze Latenzzeiten, hoher Datenaustausch
Big Data und digitale Karten	höchste Informationsdichte und -verknüpfung, höchste Genauigkeit und höchste Aktualität	hohe Informationsdichte und -verknüpfung, hohe Genauigkeit und hohe Aktualität
Cybersicherheit	minimale Anfälligkeit für Hackerangriffe	geringe Anfälligkeit für Hackerangriffe

A3. Detaillierte Beschreibung des MARS-Modells

Überblick

Erste Vorläufer des Modells MARS¹⁸ (Metropolitan Activity Relocation Simulator) wurden in den EU-Projekten OPTIMA¹⁹ und FATIMA²⁰ in Form dreistufiger Verkehrsnachfragemodelle mit Hilfe von Microsoft Excel-Spreadsheets und Visual Basic for Applications® (VBA) Code programmiert und angewendet. Zweck dieser Modelle war die Anwendung von formalen Optimierungsmethoden zur Definition komplexer Strategien, welche aus Kombinationen verschiedener Maßnahmen und ihrer Ausprägungen bestehen. Für eine formale Optimierung mehrerer Variablen ist im Allgemeinen eine hohe Anzahl an Modelldurchläufen notwendig. Um kurze Laufzeiten zu garantieren, wurde deshalb eine relative hohe räumliche Auflösung gewählt und bewusst auf die Stufe der Verkehrsumlegung verzichtet.

Der Ausbau dieser Verkehrsnachfragemodelle zu einem dynamischen, integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodell startete zu Beginn der 2000er Jahre im Rahmen des EU-Projekts PROSPECTS²¹. Die ersten Entwicklungen erfolgten ebenfalls noch in Visual Basic for Applications® (Pfaffenbichler, 2003, 2008). Im Rahmen des Projekts SPARKLE²² erfolgte schließlich eine Umstellung der Programmierumgebung auf die System Dynamics Software Vensim^{®23}.

Ursprünglich wurde MARS als ein urbanes Modell konzipiert. Im Rahmen eines FWF-Projekts namens „Langfristige Wechselwirkungen zwischen Verkehr, Wirtschaft und Siedlungsstruktur - Ein systemdynamisches Mehrebenen-Modell für Österreich“²⁴ erfolgte 2009-2010 eine Konvertierung in ein nationales Modell, welches das Untersuchungsgebiet Österreich abdeckt (Emberger *et al.*, 2007), (Haller, Emberger and Mayerthaler, 2008), (Mayerthaler, 2009), (Mayerthaler, Haller and Emberger, 2009a), (Mayerthaler, Haller and Emberger, 2009b), (Emberger, Mayerthaler and Haller, 2010), (Mayerthaler, 2013).

Dieses nationale Modell wurde in mehreren Projekten, z.B. dem vom österreichischen Klima- und Energiefonds geförderten Projekt EISERN²⁵, eingesetzt (Müller *et al.*, 2012). In anderen vom österreichischen Umweltbundesamt beauftragten Projekten, wie z.B. „Energie- und Treibhausgasszenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“ (Krutzler *et al.*, 2017) oder dem „Sachstandsbericht Mobilität und mögliche Zielpfade zur Erreichung der Klimaziele 2050 mit dem

¹⁸ Siehe auch <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator.html>.

¹⁹ Optimisation of Policies for Transport Integration in Metropolitan Areas. Siehe <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/optima/index.html> und <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/international-projects/optima-1995.html>.

²⁰ Financial Assistance for Transport Integration in Metropolitan Areas. Siehe <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/fatima/> und <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/international-projects/fatima-1997.html>.

²¹ Procedures for Recommending Optimal Sustainable Planning of European City Transport Systems. Siehe <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/international-projects/prospects.html>.

²² Sustainability Planning for Asian cities making use of Research, Know-how and Lessons from Europe. Siehe <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/international-projects/sparkle-2004.html>.

²³ Siehe www.vensim.at.

²⁴ Siehe <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/nationale-projekte/fwf-projekt.html>.

²⁵ Energy Investment Strategies and long term Emission Reduction Needs. Siehe <https://www.oir.at/de/eisern> und <https://www.fvv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/nationale-projekte/eisern/>

Zwischenziel 2030“ (Heinfellner *et al.*, 2018) wurde die nationale Version des Modells überarbeitet und zur Prognose der Verkehrsleistung im Personenverkehr eingesetzt.

Ausgangspunkt der hier beschriebenen Erkenntnisse und Ergebnisse des Arbeitspakets 3 „Wirkungsanalyse: verkehrsrelevante Wirkungen“ des Projekts SAFiP war die Modellversion MARS-Austria v2.4. In den folgenden Abschnitten werden die Grundlagen des Modells MARS zuerst qualitativ und dann mathematisch, quantitativ beschrieben.

Die Ziel- und Verkehrsmittelwahl im Modell MARS basiert auf der Berechnung des Nutzens bzw. Aufwands einer Ortsveränderung mit den zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln. Der Nutzen einer Ortsveränderung mit dem Verkehrsmittel m ist eine Funktion der verschiedenen Zeit- und Kostenbestandteile der Reise, der Zahlungsbereitschaft, des Haushaltseinkommens und im Fall individueller Verkehrsmittel des Besetzungsgrads (Formel 1).

$$U_{ij}^m = f(t_{ij}^{m,k}, c_{ij}^{m,n}, \alpha_{m,n}, H_i, b_{m,i})$$

Formel 1: Nutzen einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m

Legende:

U_{ij}^m Nutzen einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (min)

i Index Quelle

j Index Ziel

k Index Komponente einer Ortsveränderung (z.B. Zugang zur Haltestelle, Warten an der Haltestelle, Zugang zum Parkplatz, Fahrzeit im Bus, Fahrzeit im Pkw, etc.)

m Index Verkehrsmittel

n Index Kostenkomponente

$t_{ij}^{m,k}$ Zeitaufwand eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (min)

$\alpha_{m,n}$ Parameter für die Zahlungsbereitschaft Verkehrsmittel m

H_i Haushaltseinkommen der Zelle i (Euro/min)

$b_{m,i}$ Besetzungsgrad auf einem Weg der in der Zelle i beginnt (wenn $m =$ MIV Personen/Pkw, sonst 1)

Die Anzahl der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m ist wiederum eine Funktion Anzahl der Wege, welche in einer Zone notwendig sind, um die Bedürfnisse der dortigen Bevölkerung zu befriedigen, dem Nutzen einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m und der Verfügbarkeit des Verkehrsmittels m (Formel 2).

$$T_{ij}^m = f(T_i^l, U_{ij}^m, v_i^m)$$

Formel 2: Anzahl der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m

Legende:

- T_{ij}^m Anzahl der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m
- i Index Quelle
- j Index Ziel
- l Index Wegezweck
- m Index Verkehrsmittel
- T_l^i Anzahl der Wege mit dem Wegezweck l welche in der Zone i beginnen
- U_{ij}^m Nutzen einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (min)
- v^m_i Verfügbarkeit des Verkehrsmittels m in der Zelle i

Die Personenkilometer der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m sind eine Funktion der Anzahl der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m und der bei einer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m zurückzulegenden Entfernung (Formel 3).

$$P_{ij}^m = f(T_{ij}^m, d_{ij}^m)$$

Formel 3: Personenkilometer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m

Legende:

- P_{ij}^m Personenkilometer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (km)
- i Index Quelle
- j Index Ziel
- m Index Verkehrsmittel
- T_{ij}^m Anzahl der Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m
- d_{ij}^m Entfernung einer Ortsveränderung mit dem Verkehrsmittel m von i nach j (km)

Im motorisierten Individualverkehr sind die aus den Ortsveränderungen von i nach j resultierenden Fahrzeugkilometer eine Funktion der Personenkilometer von i nach j und dem Besetzungsgrad (Formel 4). Im öffentlichen Verkehr ergeben sich die Fahrzeugkilometer dagegen aus der Angebotssituation und sind i.A. unabhängig von der Nutzung des Angebots.

$$F_{ij}^{miv} = f(P_{ij}^{miv}, b_{miv,i})$$

Formel 4: Fahrzeugkilometer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel MIV

Legende:

F_{ij}^m Fahrzeugkilometer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (km)

i Index Quelle

j Index Ziel

miv Index Verkehrsmittel Motorisierter Individualverkehr

P_{ij}^m Personenkilometer Ortsveränderungen von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (km)

$b_{miv,i}$ Besetzungsgrad auf einem MIV-Weg der in der Zelle i beginnt (Personen/Pkw)

Verkehrserzeugung

Im Modell MARS werden nur zwei verschiedene Wegezwecke berücksichtigt:

- Wege zur Arbeit bzw. Ausbildung und
- alle anderen Wege.

Für die Stufe der Verkehrserzeugung wird für den Wegezweck zur Arbeit bzw. Ausbildung eine konstante Wegerate verwendet (Formel 5).

$$T_i^A = c_i * B_i$$

Formel 5: Verkehrserzeugung Wegezweck Arbeitsweg

Legende:

T_i^A Anzahl der Wege zur Arbeit welche in der Zone i beginnen

c_i Wegerate zur Arbeit der Beschäftigten der Zone i (Anzahl Wege pro beschäftigter Person und Werktag)

B_i Anzahl der in der Zone i lebenden Beschäftigten

Zur Ermittlung der Verkehrserzeugung der anderen Wegezwecke wird von einem konstanten Reisezeitbudget ausgegangen. Dieses wird abzüglich der für den Wegezweck Arbeit verbrauchten Zeit auf die möglichen Ziele und Verkehrsmittel verteilt.

Simultane Ziel- und Verkehrsmittelwahl

Im Modell MARS werden die Stufen der Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung simultan durchgeführt. MARS berücksichtigt zwei unterschiedliche Haushaltsgruppen:

- Haushalte mit Zugang zu einem oder mehreren Pkws und
- Haushalte ohne Zugang zu einem oder mehreren Pkws.

Für beide Haushaltsgruppen wird entsprechend der Verkehrsmittelverfügbarkeit die simultane Ziel- und Verkehrsmittelwahl getrennt durchgeführt.

Die Zielwahl der Wege zur Arbeit ist näherungsweise „Double Constraint“. Mit Hilfe eines iterativen Verfahrens wird sichergestellt, dass die Zahl der EinpendlerInnen nicht die Zahl der am Zielort vorhandenen Arbeitsplätze übersteigt. Da eine fixe Anzahl an Iterationen verwendet wird, wird diese Bedingung nur näherungsweise erfüllt.

Das Kernstück für die Modellierung der Ziel- und Verkehrsmittelwahl ist die Berechnung der Widerstände, welche eine Ortsveränderung mit den jeweils zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln verursacht. Die Widerstände setzen sich aus gewichteten Zeit- und Kostenbestandteilen zusammen. Sie können als subjektiv bewertete generalisierte Kosten interpretiert werden. In MARS werden diese allerdings in Zeiteinheiten und nicht in Geldeinheiten gemessen. Ausgangspunkt der Definition der in MARS-Austria verwendeten Widerstandsfunktionen sind (Walther, 1991; Walther, Oetting and Vallée, 1997). Formel 6 zeigt die allgemeine Grundstruktur der Definition des Widerstands einer Ortsveränderung. Dabei werden die mit subjektiven Bewertungsfaktoren multiplizierten Zeitbestandteile eines Weges aufsummiert und zu den in Zeiteinheiten umgerechneten Kosten des Weges addiert.

$$w_{ij}^m = \sum_k SB_{ij}^{m,k} * t_{ij}^{m,k} + \sum_n Z_{ij}^{m,n}$$

Formel 6: Grundstruktur der Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit einem Verkehrsmittel m

Legende:

m..... Index Verkehrsmittel

i..... Index Quelle

j..... Index Ziel

k..... Index Komponente einer Ortsveränderung (z.B. Zugang zur Haltestelle, Fahrzeit im Bus, etc.)

n..... Index Kostenkomponente (z.B. Fahrschein, Treibstoffkosten, Maut, Parkgebühr, etc.)

w_{ij}^m..... Widerstand gegen eine Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem Verkehrsmittel *m* (min)

SB_{ij}^{m,k}..... Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem Verkehrsmittel *m* (-)

t_{ij}^{m,k}..... Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem Verkehrsmittel *m* (min)

Z_{ij}^{m,n}..... Zeitlich bewertete Kosten der Komponente *n* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem Verkehrsmittel *m* (min)

Formel 7 zeigt die prinzipielle Form der Berechnung der subjektiven Bewertungsfaktoren. Diese bestehen aus einem konstanten Faktor, einem multiplikativen Faktor sowie einer Exponentialfunktion in Abhängigkeit von der Zeit. D.h. die Bewertung der Zeit steigt i.a. überproportional mit der aufzuwendenden physikalischen Zeit an. Die genauen Parameter der Funktion müssen i.A. mit Hilfe einer Kalibrierung bestimmt werden.

$$SB_{ij}^{m,k} = \alpha_{m,k} + \beta_{m,k} * e^{\gamma_{m,k} * t_{ij}^{m,k}}$$

Formel 7: Prinzipielle Form der subjektiven Bewertungsfaktoren

Legende:

mIndex Verkehrsmittel

iIndex Quelle

jIndex Ziel

kIndex Komponente einer Ortsveränderung (z.B. Zugang zur Haltestelle, Fahrzeit im Bus, etc.)

$SB_{ij}^{m,k}$Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (-)

$\alpha_{m,k}, \beta_{m,k}, \gamma_{m,k}$Parameter der Widerstandsfunktion

$t_j^{m,k}$Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel m (min)

Formel 8 beschreibt die Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen. Beim zu Fuß Gehen fallen keine Kosten an und es gibt nur eine Wegkomponente, nämlich das Gehen selbst.

$$w_{ij}^{fg} = SB_{ij}^{fg} * t_{ij}^{fg}$$

Formel 8: Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen

Legende:

iIndex Quelle

jIndex Ziel

fgzu Fuß Gehen

w_{ij}^{fg}Widerstand gegen eine Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen (min)

SB_{ij}^{fg}Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen (-)

t_{ij}^{fg}Physikalischer Zeitaufwand einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen (min)

Formel 9 beschreibt die Definition des subjektiven Bewertungsfaktors für Wegzeiten des zu Fuß Gehens.

$$SB_{ij}^{fg} = \alpha_{fg} + \beta_{fg} * e^{\gamma_{fg} * t_{ij}^{fg}}$$

Formel 9: Subjektive Bewertungsfaktoren zu Fuß Gehen

Legende:

- iIndex Quelle
- jIndex Ziel
- fgzu Fuß Gehen
- SB_{ij}^{fg}Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen (-)
- $\alpha_{fg}, \beta_{fg}, \gamma_{fg}$Parameter der Widerstandsfunktion
- t_{ij}^{fg} Physikalischer Zeitaufwand einer Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel zu Fuß Gehen (min)

Formel 10 beschreibt die Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem Verkehrsmittel Fahrrad. Beim Radfahren fallen keine Kosten an und es gibt nur eine Wegkomponente, nämlich das Fahren selbst. Die Definition der Widerstandsfunktion unterscheidet sich von jenen der anderen Verkehrsmittel. Der Widerstand steigt quadratisch mit der Entfernung und nicht wie bei den anderen Verkehrsmitteln exponentiell mit der Zeit.

$$w_{ij}^{rf} = \alpha_{rf} + \beta_{rf} * (s_{ij}^{rf})^2$$

Formel 10: Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem Fahrrad

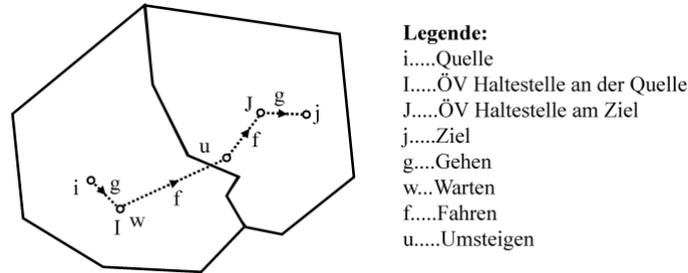
Legende:

- iIndex Quelle
- jIndex Ziel
- rfRadfahren
- w_{ij}^{rf}Widerstand gegen eine Ortsveränderung von i nach j mit dem Verkehrsmittel Fahrrad (min)
- α_{rf}, β_{rf}Parameter der Widerstandsfunktion
- s_{ij}^{rf} Entfernung zwischen i und j mit dem Verkehrsmittel Fahrrad (km)

Ein Weg mit dem öffentlichen Verkehr besteht im Allgemeinen aus den folgenden Komponenten (**Error! Reference source not found.**):

- einem Zugangsweg von der Quelle i zur Haltestelle I ,
- der Wartezeit an der Haltestelle I ,
- der Fahrt von der Haltestelle I zur Haltestelle J ,
- der Umsteigezeit u auf der Fahrt von I nach J (kann auch gleich Null sein) und
- einem Abgangsweg von der Haltestelle J zum Ziel j .

Als Zugangsverkehrsmittel stehen im Modell MARS-UBA zu Fuß Gehen, Fahrrad und motorisierter Individualverkehr zur Verfügung. Die Wahl des Zugangsverkehrsmittels wird mit einer „genesteten“ (verschachtelten) Struktur abgebildet.



Komponenten einer Ortsveränderung im öffentlichen Verkehr

Formel 11 beschreibt die Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem öffentlichen Verkehr. Der Widerstand setzt sich aus der Summe subjektiv bewerteter Wegeteile und Kosten zusammen.

$$w_{ij}^{ov} = \sum_k SB_{ij}^{ov,k} * t_{ij}^{ov,k} + \sum_n Z_{ij}^{ov,n}$$

Formel 11: Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem öffentlichen Verkehr

Legende:

i..... Index Quelle

j..... Index Ziel

ov..... öffentlicher Verkehr

k..... Index Komponente einer Ortsveränderung (Zugang zur Haltestelle, Wartezeit, Umsteigzeit, Fahrzeit, Abgang von der Haltestelle)

n..... Index Kostenkomponente

w_{ij}^{ov} Widerstand gegen eine Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (min)

$SB_{ij}^{ov,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (-)

$t_{ij}^{ov,k}$ Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (min)

$Z_{ij}^{ov,n}$ Zeitlich bewertete Kosten der Komponente *n* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (min)

Formel 12 beschreibt die Definition der subjektiven Bewertungsfaktoren für Wegekomponenten des öffentlichen Verkehrs.

$$SB_{ij}^{ov,k} = \alpha_{ov,k} + \beta_{ov,k} * e^{\gamma_{ov,k} * t_{ij}^{ov,k}}$$

Formel 12: Subjektive Bewertungsfaktoren Zeit öffentlicher Verkehr

Legende:

i..... Index Quelle

j..... Index Ziel

ov..... öffentlicher Verkehr

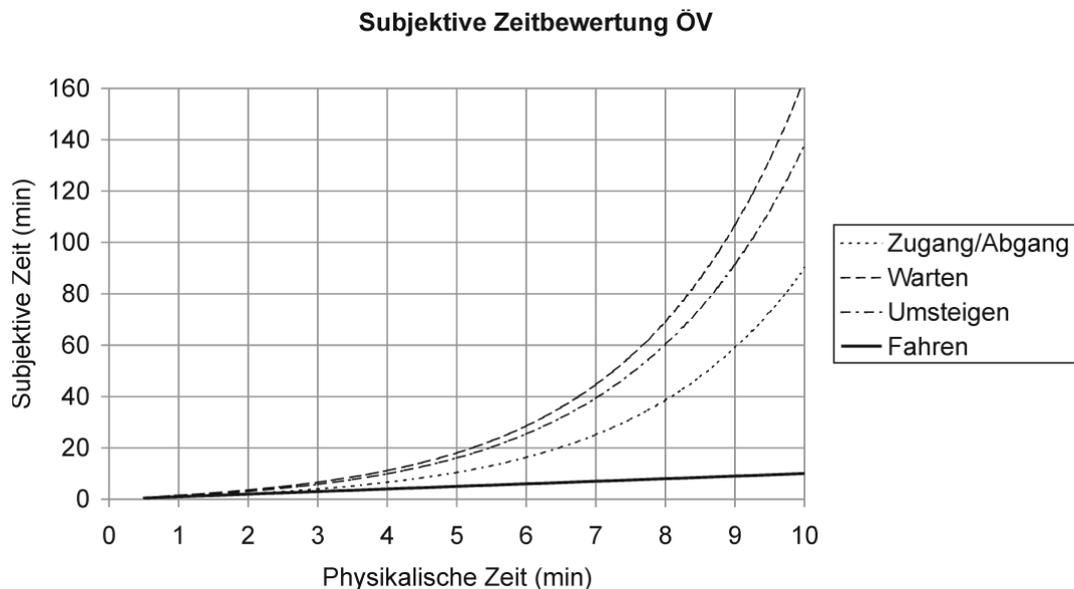
n..... Index Kostenkomponente

$SB_{ij}^{ov,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (-)

$\alpha_{ov,k}, \beta_{ov,k}, \gamma_{ov,k}$ Parameter der Widerstandsfunktion öffentlicher Verkehr

$t_{ij}^{ov,k}$ Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils *k* einer Ortsveränderung von *i* nach *j* mit dem öffentlichen Verkehr (min)

Die folgende Abbildung zeigt die Originalfunktionen der Bewertungsfaktoren eines Weges im öffentlichen Verkehr nach Walther et al. (1997).



Zeitabhängige subjektive Bewertungsfaktoren der Komponenten eines Weges im öffentlichen Verkehr nach (Walther, Oetting and Vallée, 1997)

Formel 13 zeigt die Definition des Widerstands aus den zeitlich bewerteten Kosten eines Weges mit dem öffentlichen Verkehr.

$$Z_{ij}^{ov,n} = \frac{c_{ij}^{ov,n}}{\alpha_{ov,n} * H_i}$$

Formel 13: Zeitlich bewertete Kosten der Komponente n einer Ortsveränderung von i nach j mit dem öffentlichen Verkehr

Legende:

i Index Quelle

j Index Ziel

ov öffentlicher Verkehr

n Index Kostenkomponente

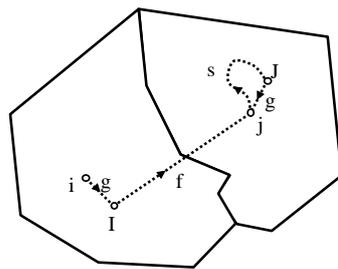
$Z_{ij}^{ov,n}$ Zeitlich bewertete Kosten der Komponente n einer Ortsveränderung von i nach j mit dem öffentlichen Verkehr (min)

$\alpha_{ov,n}$ Parameter „Willingness to Pay“ öffentlicher Verkehr

H_i Haushaltseinkommen der Zelle i (Euro/min)

Ein Weg mit einem Pkw besteht im Allgemeinen aus den folgenden Komponenten:

- einem Fußweg von der Quelle i zum Parkplatz I ,
- der Fahrt vom Parkplatz I zum Fahrziel j ,
- der Parkplatzsuche im Umfeld des Fahrziels j und
- einem Fußweg vom gewählten Parkplatz J zum Ziel j .



Legende:

- iQuelle
- IParkplatz an der Quelle
- j Ziel
- J Parkplatz am Ziel
- gFußweg
- fFahren
- s Parkplatzsuche

Komponenten einer Ortsveränderung mit einem Pkw

Formel 14 beschreibt die Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem motorisierten Individualverkehr. Der Widerstand setzt sich aus der Summe subjektiv bewerteter Wegeteile und Kosten zusammen.

$$w_{ij}^{miv} = \sum_k SB_{ij}^{miv,k} * t_{ij}^{miv,k} + \sum_n Z_{ij}^{miv,n}$$

Formel 14: Definition des Widerstands gegen eine Ortsveränderung mit dem motorisierten Individualverkehr

Legende:

- i Index Quelle
- j Index Ziel
- miv motorisierter Individualverkehr
- k Index Komponente einer Ortsveränderung (Zugang zum Parkplatz, Parkplatzsuchzeit, Abgang vom Parkplatz)
- n Index Kostenkomponente
- w_{ij}^{miv} Widerstand gegen eine Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (min)
- $SB_{ij}^{miv,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (-)
- $t_{ij}^{miv,k}$ Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (min)
- $Z_{ij}^{miv,n}$ Zeitlich bewertete Kosten der Komponente n einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (min)

Formel 15 beschreibt die Definition der subjektiven Bewertungsfaktoren für Wegekomponten des motorisierten Individualverkehrs.

$$SB_{ij}^{miv,k} = \alpha_{miv,k} + \beta_{miv,k} * e^{\gamma_{miv,k} * t_{ij}^{miv,k}}$$

Formel 15: Subjektive Bewertungsfaktoren Zeit motorisierten Individualverkehr

Legende:

- i Index Quelle
- j Index Ziel
- miv motorisierter Individualverkehr
- k Index Komponente einer Ortsveränderung (Zugang zum Parkplatz, Parkplatzsuchzeit, Abgang vom Parkplatz)
- $SB_{ij}^{miv,k}$ Subjektiver Bewertungsfaktor der Zeit eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (-)
- $\alpha_{miv,k}, \beta_{miv,k}, \gamma_{miv,k}$ Parameter der Widerstandsfunktion motorisierter Individualverkehr
- $t_{ij}^{miv,k}$ Physikalischer Zeitaufwand eines Wegbestandteils k einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (min)

Formel 16 zeigt die Definition des Widerstands aus den zeitlich bewerteten Kosten eines Weges mit dem motorisierten Individualverkehr.

$$Z_{ij}^{miv,n} = \frac{C_{ij}^{miv,n}}{\alpha_{miv,n} * b_i * H_i}$$

Formel 16: Zeitlich bewertete Kosten der Komponente n einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr

Legende:

i Index Quelle

j Index Ziel

miv motorisierter Individualverkehr

n Index Kostenkomponente

$Z_{ij}^{pv,n}$ Zeitlich bewertete Kosten der Komponente n einer Ortsveränderung von i nach j mit dem motorisierten Individualverkehr (min)

$\alpha_{miv,n}$ Parameter „Willingness to Pay“ motorisierter Individualverkehr

b_i Besetzungsgrad auf einem Weg der in der Zelle i beginnt (Personen/Pkw)

H_i Haushaltseinkommen der Zelle i (Euro/min)

Modellierung des intrazonalen Verkehrs

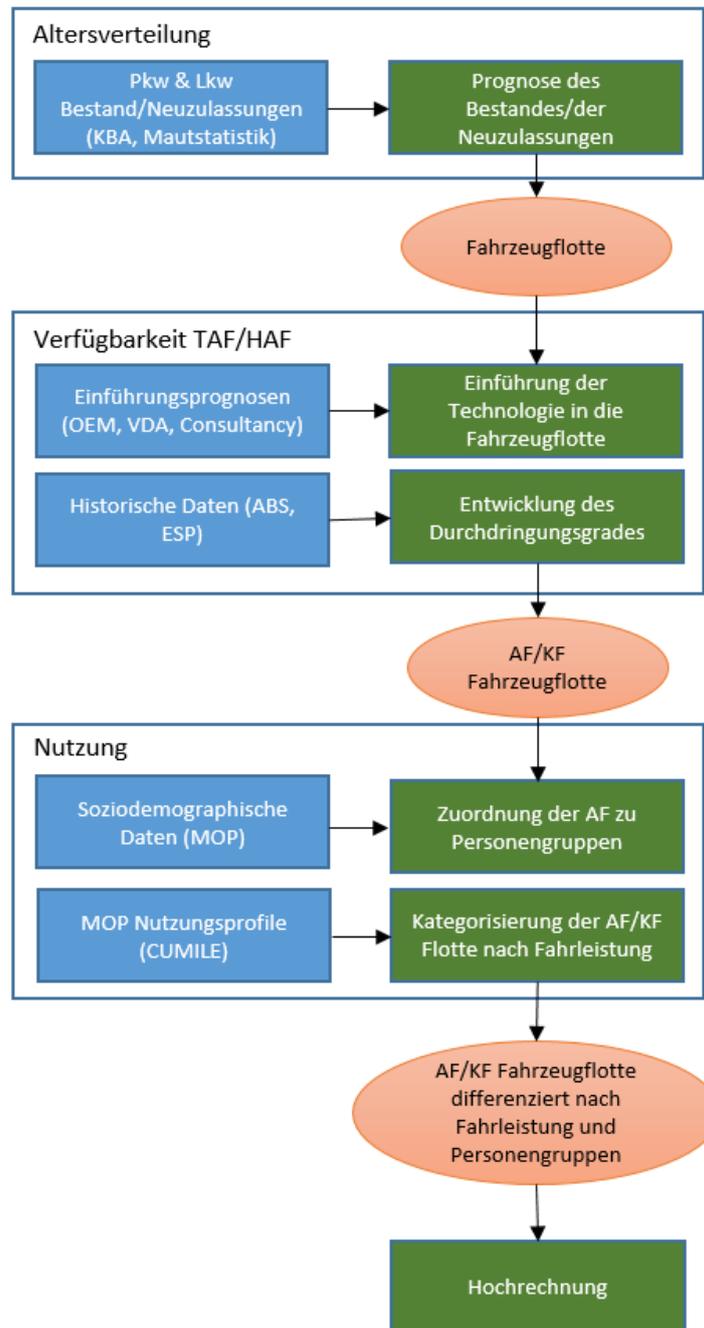
Aufgrund des strategischen Charakters und der deshalb niedrigen räumlichen Auflösung sind die Zonen relativ groß. Deshalb wird der intrazonale Verkehr unterteilt in fünf Entfernungsklassen modelliert. Dabei kommen die gleichen Prinzipien und Widerstandsdefinitionen zur Anwendung wie für den interzonalen Verkehr (siehe Kapitel 0).

A4. Literaturrecherche hinsichtlich der Modellierungselemente

Entwicklung der Marktdurchdringung und der Fahrzeugflotte

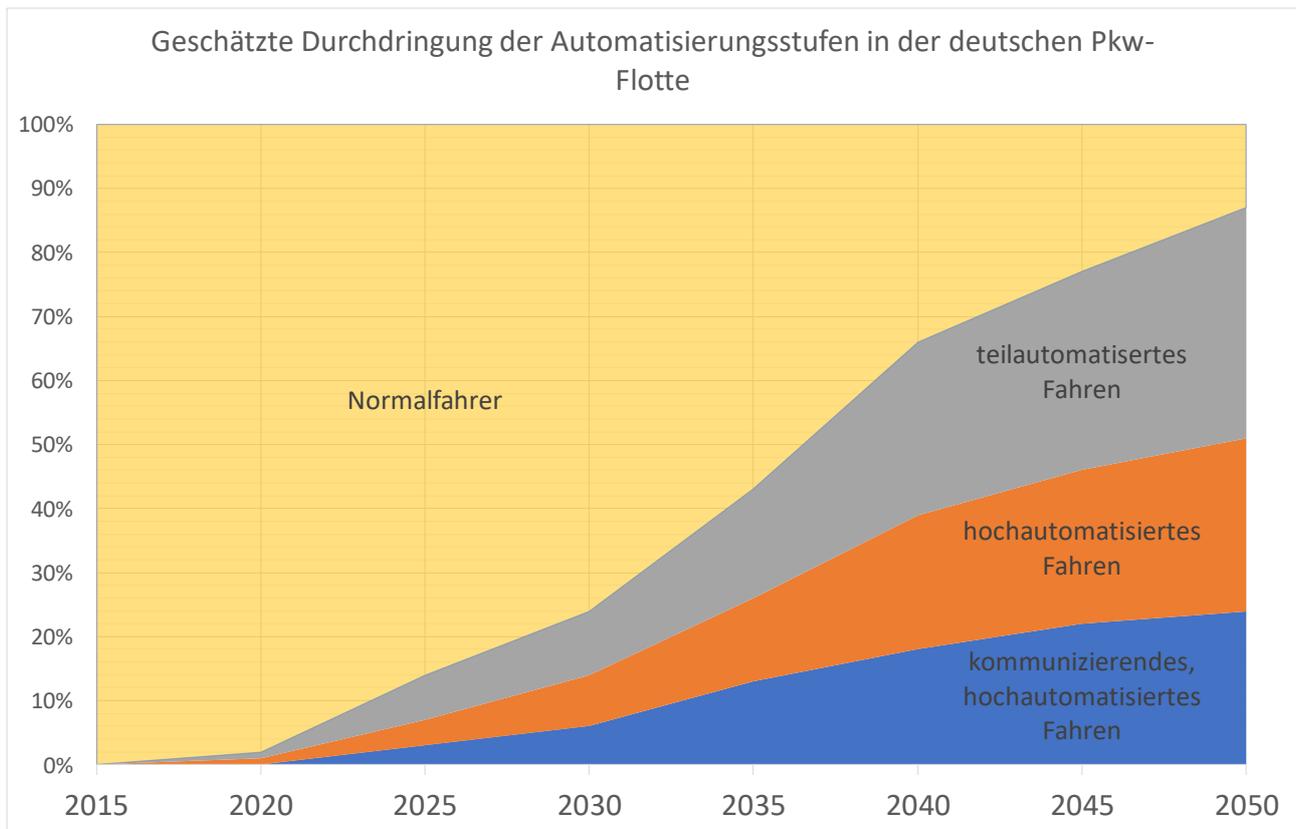
Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“

In dem mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. geförderten Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“ wurde u.a. ein Modell zur Prognose des Anteils an automatisierten Fahrzeugen innerhalb der Fahrzeugflotte in Deutschland entwickelt (vgl. Busch *et al.*, 2017: 30 ff). Es handelt sich dabei um ein Diffusionsmodell, welches eine vereinfachte Prognose der Pkw- und Lkw-Fahrzeugflotte in Deutschland ermöglicht. *Der Modellansatz basiert auf historischen Daten des Fahrzeugbestands und auf Erfahrungswerten zur Einführung von Automatisierungs-Technologien. Es wird angenommen, dass die Einführung der Automatisierung in Fahrzeugen in Deutschland überwiegend in den oberen Fahrzeugklassen beginnt (Top-down Ansatz)* (vgl. Busch *et al.*, 2017: 30). Die folgende Abbildung zeigt die Modellierung der Fahrzeugflotte in drei Teilmodellen. Im ersten Teilmodell wird die Altersverteilung der Fahrzeugflotte in Deutschland bis 2050 prognostiziert. In zweitem Teilmodell wird anhand der vorhandenen Daten zur Verfügbarkeit der teil- und hochautomatisierten Fahrzeuge im Markt die Technologie in die Fahrzeugflotte eingeführt. Die Marktanteile werden anhand von Analogien zu historischen Daten von vergleichbaren Assistenzsystemen (ABS, ESP, ACC etc.) bestimmt. Ergebnis dieses Schritts ist eine Vorhersage des Fahrzeugbestands unterteilt nach konventionellen Fahrzeugen (KF) und automatisierten Fahrzeugen (AF). Im dritten Teilmodell wird die Fahrleistung der konventionellen und automatisierten Fahrzeuge aus sozio-demographischen Daten und Nutzungsprofilen abgeleitet.



Workflow des Fahrzeugflottenmodells Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“ (Quelle: Busch et al. 2017: 31)

Die folgende Abbildung zeigt die aus dem oben beschriebenen Modell resultierende Prognose der Durchdringung der Automatisierungsstufen in der deutschen Pkw-Flotte. Bis 2050 sind demnach knapp über die Hälfte der Pkws hochautomatisiert oder kommunizierend, hochautomatisiert. Ein weiteres gutes Drittel der Pkws ist teilautomatisiert. Nur mehr in etwa jeder zehnte Pkw verfügt über keine Automatisierungskomponenten.



Geschätzte Durchdringung der Automatisierungsstufen in der deutschen Pkw-Flotte (Quelle: Busch et al. 2017: 44)

Veränderung der Straßenkapazität

Autobahnen

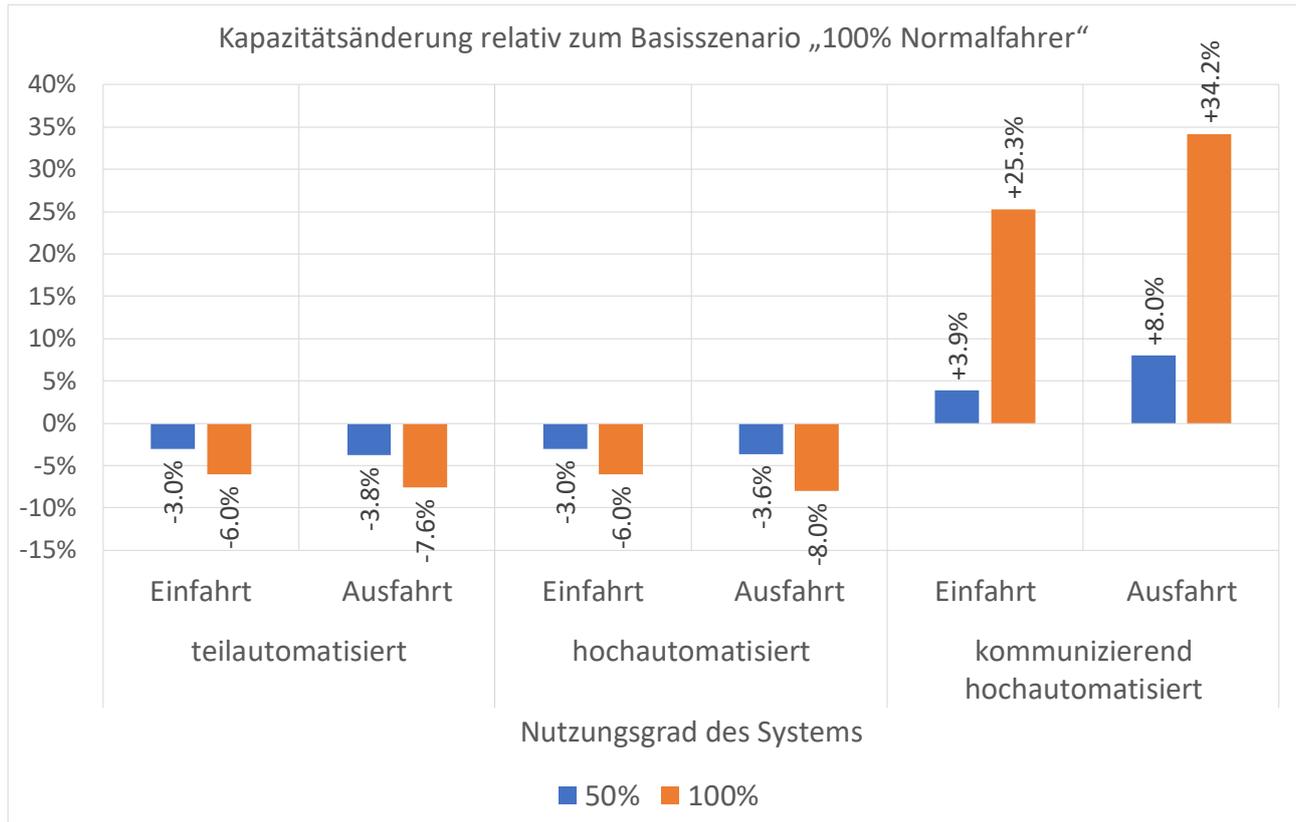
Je höher der Level der Automatisierung (Communicative Adaptive Cruise Control) und der Durchdringungsgrad automatisierter Fahrzeuge, umso höher sind die positiven Effekte hinsichtlich der Straßenkapazität (Milakis, 2017) S. 327. Ein Mindestdurchdringungsgrad von ca. 40% scheint allerdings notwendig, um signifikante Effekte (>10%) zu erreichen. Ein Durchdringungsgrad von 100% kann die Kapazität nach (Milakis, 2017) zumindest theoretisch verdoppeln.

Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“

Im Projekt „Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur“ wurden die mit einem Flottendurchdringungsmodell bestimmten Anteile und Fahrleistungen automatisierter und konventioneller Fahrzeuge als Basis für Simulationen mit dem Mikrosimulationsmodell VISSIM verwendet (Busch et al., 2017) S. 31. Es wurden unterschiedliche Netzelemente und Verkehrssituationen untersucht.

Eine Simulation der Situation an einstreifigen Einfahrten auf eine zweistreifige Hauptfahrbahn zeigt zum Beispiel, dass die Kapazität mit steigendem Anteil teil- und hochautomatisierter Fahrzeuge abnimmt (Busch et al., 2017) S. 63 f. Nur bei kommunizierenden hochautomatisierten Fahrzeugen nimmt die Kapazität ab einen Anteil von 50 Prozent mit steigenden Anteilen zu.

An anderen Einfahrtstypen verhält sich die Kapazität ähnlich. Durch die deutlich höheren Sicherheitsabstände zwischen den Fahrzeugen reduziert sich die Kapazität von Einfahrten mit höheren Nutzungsgraden von teil- und hochautomatisierten Fahrzeugen in geringem Maß. Kommunizierende hochautomatisierte Fahrzeuge ermöglichen dagegen geringere Sicherheitsabstände und steigern damit die Kapazität um bis zu 25 Prozent. Signifikante Steigerungen der Kapazität (>5 Prozent) treten allerdings erst ab einem Anteil von mehr als 50 Prozent kommunizierende hochautomatisierte Fahrzeuge auf. Im Bereich von 50 bis 100 Prozent steigt die Kapazität kontinuierlich an. Ähnliches gilt für Ausfahrten und freie Streckenabschnitte.



Kapazitätsänderungen für die Netzelemente einstreifige Einfahrt auf zweistreifige Hauptfahrbahn und zweistreifige Ausfahrt von dreistreifiger Hauptfahrbahn bei mittlerer Belastung - relativ zum Basisszenario „100% Normalfahrer“ (Quelle: Busch et al. 2017: 63)

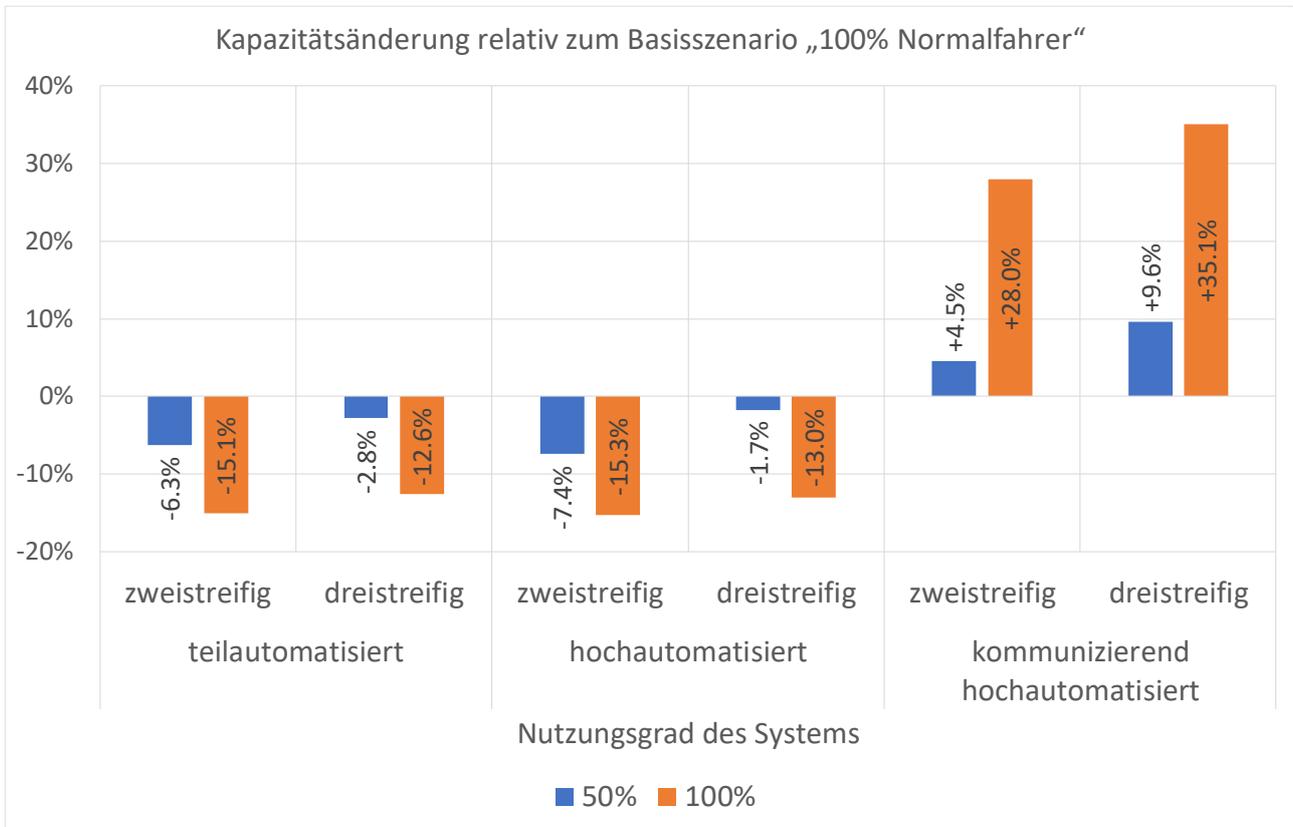


Abbildung 92: Kapazitätsänderungen auf zwei- bzw. dreistreifigen Streckenabschnitten - relativ zum Basisszenario „100% Normalfahrer“ (Quelle: Busch et al. 2017: 68)

Die Hochrechnung auf das Gesamtnetz ergibt folgendes Bild (Busch et al., 2017) S. 75 ff: bis zum Jahr 2050 nimmt die Kapazität um rund neun Prozent ab (24 Prozent kommunizierende hochautomatisierte Fahrzeuge, 63 Prozent teil- und hochautomatisierte Fahrzeuge. Werden 100 Prozent kommunizierende hochautomatisierte Fahrzeuge (2070) erreicht, dann steigt die Kapazität um rund 30 Prozent.

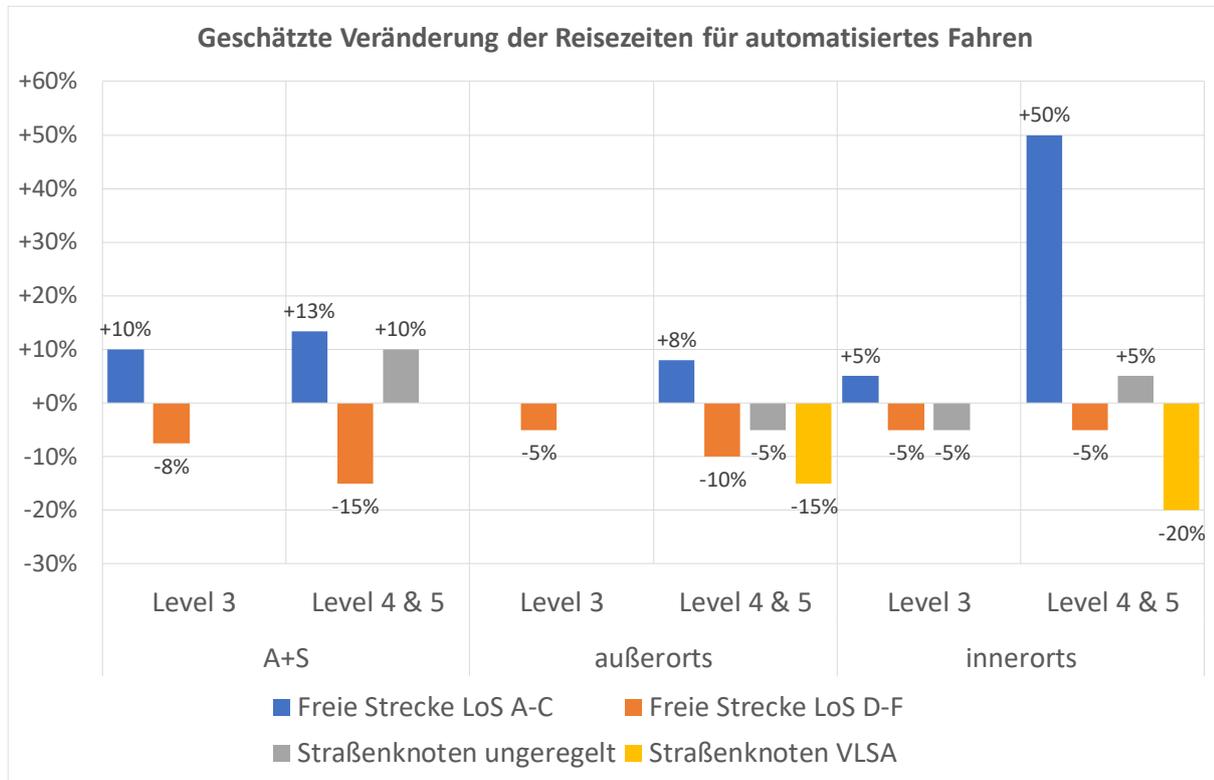
Kreuzungsbereich

Durch Automatisierung kann die Kapazität von Straßenkreuzungen im Idealfall um mehr als 100% erhöht werden (vgl. Milakis, 2017: 327).

Reisezeiten und Geschwindigkeiten

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. ... 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) (Gruber et al., 2018: 46). Im Projekt AUTO-NOM wurden auf Basis einer Delphi-Befragung und einer Literaturrecherche abhängig vom Durchdringungsgrad automatisierter Fahrzeuge verschiedene Szenarien bezüglich der Veränderung der Reisezeit abgeschätzt. Die folgende Abbildung zeigt die daraus resultierenden Ergebnisse bezüglich der Veränderung der Reisezeiten durch automatisiertes Fahren für verschiedene Belastungszustände, Straßenelemente und Straßentypen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Reisezeiten in Zeiten geringer Verkehrsbelastung erhöhen werden. Grund dafür ist die sehr genaue Einhaltung der Verkehrsregeln, Sichtweiten und Sicherheitsabstände durch

automatisierte Fahrzeuge. Während hochbelasteter Phasen erhöhen automatisierte Fahrzeuge dagegen die Kapazität und verringern die Reisezeiten.



Geschätzte Veränderung der Reisezeiten durch automatisiertes Fahren – verschiedene Belastungszustände, Straßenelemente und -typen (Quelle: Gruber et al. 2018: 46 f.)

Bei einer Flottendurchdringung von 100 Prozent verringern Level 4 und 5 Fahrzeuge die Reisegeschwindigkeit²⁶ auf freier Strecke je nach höchstzulässiger Geschwindigkeit in unterschiedlichem Ausmaß (vgl. Gruber et al. 2018: 48). Je nach Schwerverkehrsanteil reduziert sich die Reisegeschwindigkeit auf Straßen mit 130 km/h höchstzulässiger Geschwindigkeit um rund sieben bis 17 Prozent, auf Straßen mit 100 km/h höchstzulässiger Geschwindigkeit um rund fünf bis sieben Prozent und auf Straßen mit 80 km/h höchstzulässiger Geschwindigkeit um rund zehn bis zwölf Prozent.

Kosten

Nach (Gruber et al., 2018) kommt es durch die Automatisierung zu signifikanten Änderungen der Kosten für NutzerInnen sowohl des motorisierten Individualverkehrs als auch des öffentlichen Verkehrs.

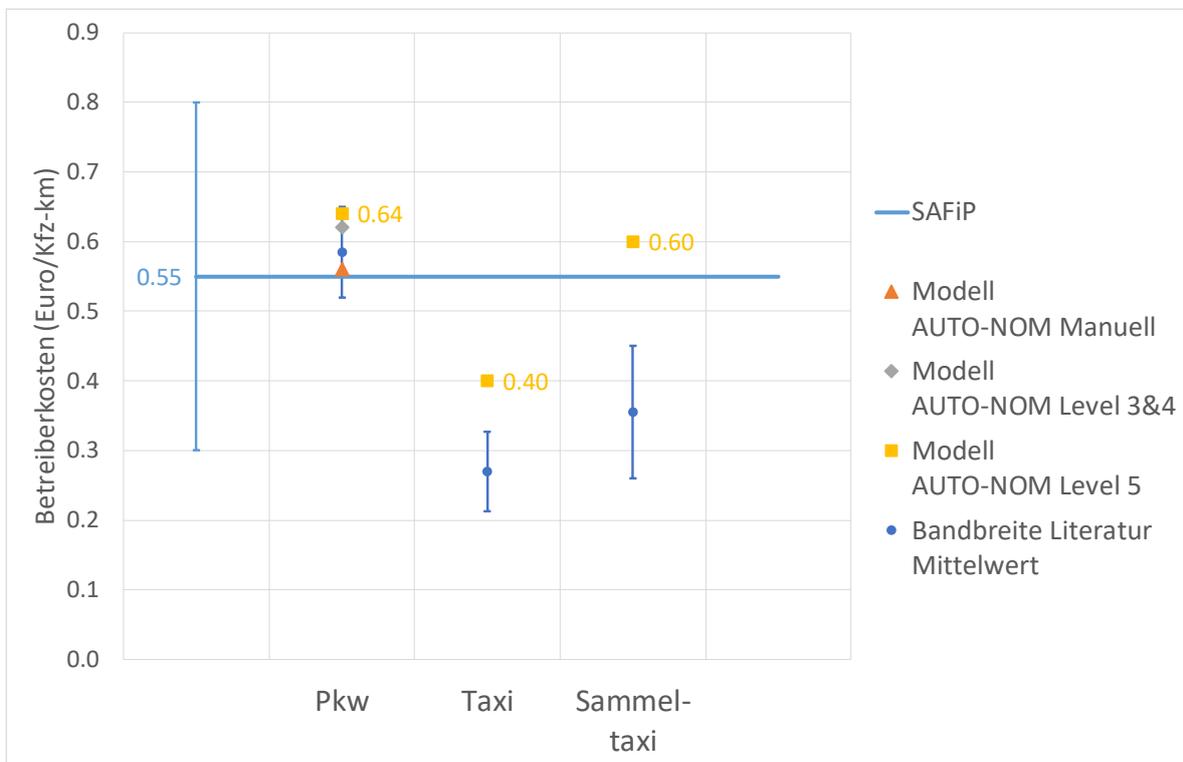
Bei privat bzw. geschäftlich genutzten Pkws der Automatisierungsklasse 3, 4 und 5 kommt es einerseits durch die Automatik, den höheren Wartungs- und Qualitätssicherheitsaufwand zu einer Verteuerung der Anschaffungs- und

²⁶ Medianwert.

Betriebskosten. Andererseits kommt es zu einem zusätzlichen Nutzen für die Nutzer, weil die Zeit im Auto anders als für das Lenken genutzt werden kann (Gruber et al. 2018: 68).

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 sSicherheits-, Betriebssicherheits- und Funktionsüberwachung an, die die Betriebskosten erhöhen (Gruber et al. 2018: 68).

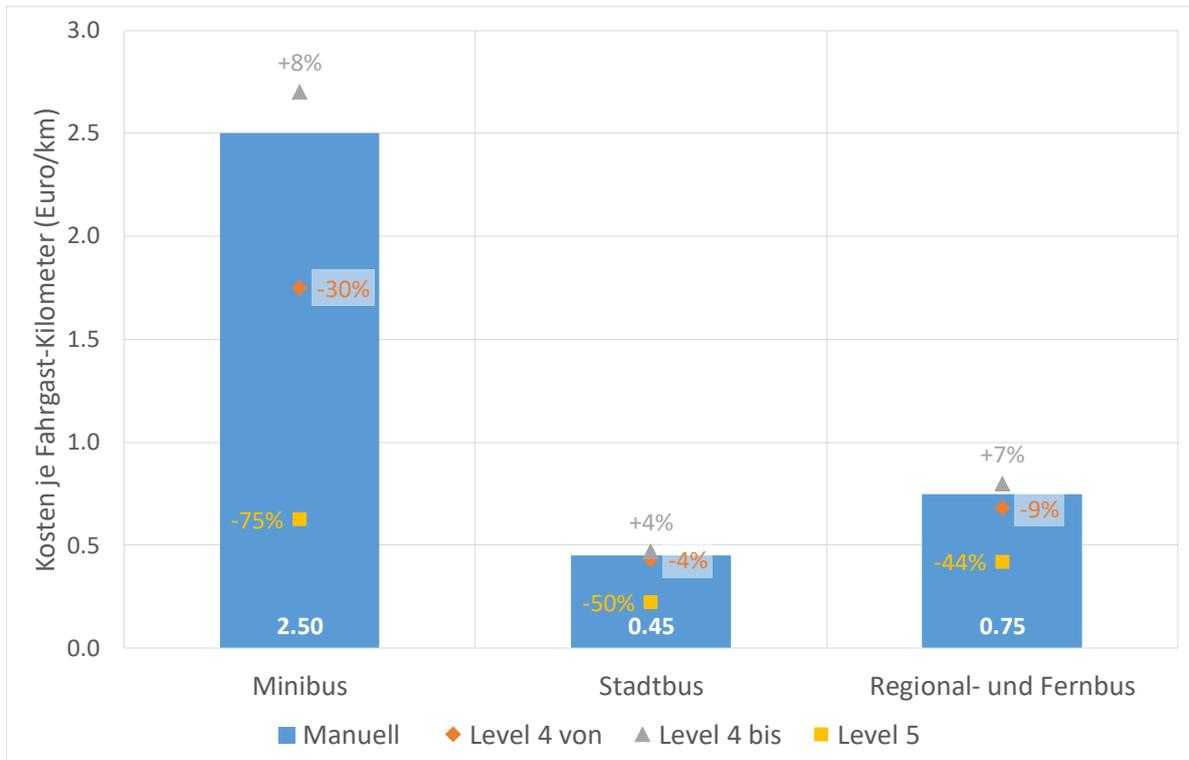
Die folgende Abbildung fasst die Ergebnisse der im Projekt AUTO-NOM in der Literaturrecherche gefundenen und in der Modellierung verwendeten Betreiberkosten für verschiedene Fahrzeugkonzepte und Mobilitätsdienstleistungen zusammen und stellt diese den Annahmen zur Modellierung automatisierter Carsharing-Angebote im Projekt SAFiP gegenüber. In den Modellierungen des Projekts AUTO-NOM reichen die Betreiberkosten von 0,40 Euro je Kfz-km (Taxidienste Level 5) bis 0,64 Euro je Kfz-km (Privat-Pkw Level 5). In den Modellierungen der Effekte neue Geschäftsmodell im Rahmen des Projekts SAFiP wurden die Kosten automatisierter Carsharing-Dienste für die KundInnen mit 0,55 Euro je Kilometer²⁷ angenommen (siehe Kapitel 4.4.5). Die für die Sensitivitätsanalysen im Projekt SAFiP angenommene Bandbreite reicht 0,3 bis 0,8 Euro je Kilometer. Die Annahmen der beiden Projekte stimmen damit gut überein. Die Validität der Annahmen des Projektes SAFiP können damit als gut abgesichert angesehen werden.



Vergleich der im Projekt AUTO-NOM angenommenen Betreiberkosten mit den Nutzungskosten automatisierter Carsharing-Angebote im Projekt SAFiP (Quelle: Gruber et al. 2018, eigene Berechnungen und Annahmen)

²⁷ Dieser Wert wurde auf Basis der Entfernungen und Reisezeiten des Modells MARS als grober Durchschnitt für einen Zeittarif von 38 Cent je Minute (<https://www.drive-now.com/at/en/pricing/>, und <https://www.car2go.com/AT/en/wien/costs/>) berechnet.

Neben den Kosten für die NutzerInnen werden in (Gruber *et al.* 2018) auch Effekte einer Automatisierung auf die Betreiberkosten im öffentlichen Verkehr angegeben. Durch den Einsatz von Level 4 Fahrzeugen können die Betreiberkosten um bis 75 Prozent gesenkt werden.



Für die Modellierung im Projekt AUTU-NOM herangezogene Betreiber-Kosten im straßengebundenen öffentlichen Verkehr (ÖV-Minibus, ÖV-Linienbusse, ÖV-Regional und Fernbus) der Automatisierungsklassen 4 und 5 (Quelle: Gruber *et al.* 2018: 70)

Remote Parking

Es wird davon ausgegangen, dass hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge selbständig einparken und Parkplätze fahrerlos suchen können:

*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 (vgl. Gruber *et al.*, 2018: 71).*

Komfortgewinn, Veränderung des Value of Time

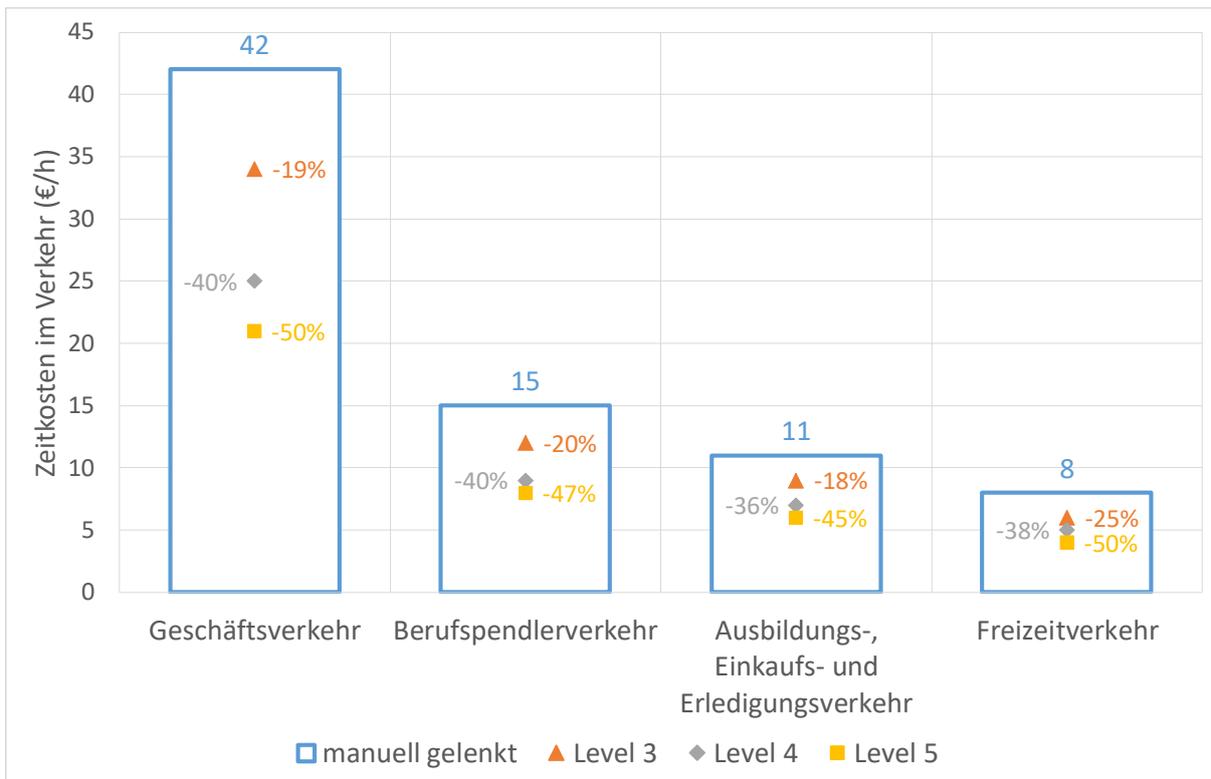
Hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge eröffnen die Möglichkeit der Nutzung der Fahrzeit für andere Tätigkeiten. Es wird davon ausgegangen, dass sich dadurch die Bewertung der Zeitkosten verändern wird. Im Folgenden werden einige Ergebnisse aus der Literatur bezüglich der Veränderung der Bewertung der Fahrzeit zusammengefasst und dargestellt,

Metastudie (Wadud et al. 2016)

(Wadud, MacKenzie and Leiby, 2016) geben in ihrer Metastudie die in der Literatur gefundene Bandbreite der Reduktion der Bewertung der Fahrzeit mit minus fünf bis minus 50 Prozent an.

Projekt AUTO-NOM

Im Projekt AUTO-NOM wird von den in der folgenden Abbildung dargestellten Zeitkosten und deren relativer Veränderung durch verschiedene Levels der Automatisierung ausgegangen.



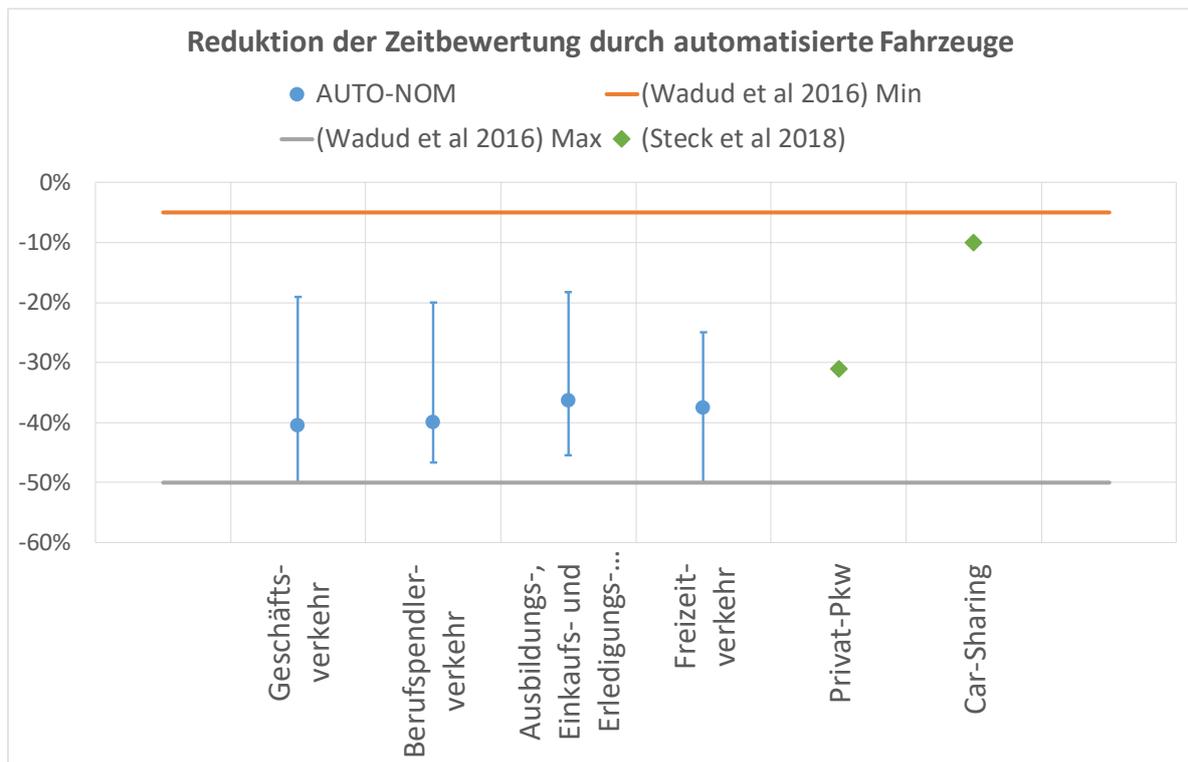
Annahmen des Projekts AUTO-NOM bezüglich Zeitkosten und Zeitkostenänderung durch automatisiertes Fahren (Quelle: Gruber et al. 2018: 71)

Projekt „Estimation of value of travel time savings (VTTS) for autonomous driving“

In einem Projekt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt wurde ein Stated Preference Experiment zur Bestimmung des Werts von Reisezeiteinsparungen automatisierter Fahrzeuge durchgeführt (vgl. Steck et al., 2018). Dabei wurden die zwei Nutzungsmodelle automatisierte Privat-Pkws und automatisiertes Car Sharing im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln untersucht. Auf Basis der erhobenen Daten wurden zwei unterschiedliche Modelle geschätzt, ein Mixed Logit Modell und ein Mixed Logit Modell mit Box-Cox Transformation. Unabhängig vom Einkommen ergeben beide Modelle für Privat-Pkws eine relative Reduktion der Zeitkosten durch eine Automatisierung von rund 31 Prozent. Für automatisierte Car Sharing Angebote wurde dagegen eine relative Reduktion der Zeitkosten von rund zehn Prozent ermittelt.

Vergleich

Die folgende Abbildung fasst die Ergebnisse der verschiedenen Quellen zusammen. Alle Werte befinden sich innerhalb der Bandbreite minus fünf bis minus 50 Prozent. Für die Definition der Szenarien des Projekts SAFiP wird in der Folge einheitlich von einem Wert von minus 20 Prozent ausgegangen. In den Sensitivitätsanalysen wird die volle Bandbreite ausgenutzt.



Zusammenfassung der Literaturangaben zur Reduktion der Zeitkosten durch automatisiertes Fahren (Quelle: Wadud et al. 2016; Gruber et al. 2018; Steck et al. 2018)

Neu erschlossenes Nutzerpotential durch automatisiertes Fahren

Vollautomatisierte Fahrzeuge können auch von Personengruppen, die derzeit keine Kfz lenken können oder dürfen, selbständig benutzt werden (vgl. Gruber et al. 2018: 73). Im Projekt AUTO-NOM wird davon ausgegangen, dass dabei zwei Gruppen besonders signifikant sind:

- einerseits Kinder und Jugendliche, die derzeit noch nicht berechtigt sind, einen Pkw zu lenken und
- andererseits Personen, die bedingt durch unterschiedliche Gründe, wie z.B. körperliche Einschränkungen, Ängste, Überforderung oder Krankheit etc., keinen Pkw mehr lenken können oder wollen.

Für die Personengruppe der Kinder und Jugendlichen wurde im Projekt AUTO-NOM auf Basis rechtlicher Überlegungen und der Ergebnisse einer Delphi-Befragung ein Mindestalter von 12 Jahre für die selbständige Nutzung automatisierter Fahrzeuge festgelegt (vgl. Gruber et al. 2018: 73). Orientierungspunkt dafür war das Mindestalter für die alleinige Nutzung

eines Fahrrads im öffentlichen Straßenraum²⁸. Grundsätzlich ist auch eine rechtliche Altersbegrenzung mit 14 Jahren auf Basis der Definition "als mündiger Minderjähriger" denkbar (vgl. Gruber et al. 2018: 73).

Für allein fahrende Kinder in automatisierten öffentlichen Verkehrssystemen wird dagegen eine Altersgrenze von sechs Jahren vorgeschlagen (vgl. Gruber et al. 2018: 74). Begründung dafür ist der Umstand, dass der öffentliche Verkehr weiterhin einen Großteil des Schülerverkehrs übernehmen soll.

Das abrufbare maximale Potential mobilitätseingeschränkter Personen wird im Projekt AUTO-NOM mit +0,1% für Level 3, +3% für Level 4 und +7% für Level 5 abgeschätzt (vgl. Gruber et al. 2018: 77).

Verkehrssicherheit

Im Projekt AUTO-NOM wurde davon ausgegangen, dass durch automatisierte Fahrzeuge verursachte Veränderungen der Verkehrssicherheit keine signifikanten Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage haben (vgl. Gruber et al. 2018: 72).

²⁸ § 65 Abs 1 StVO

A5. Sensitivitätstests

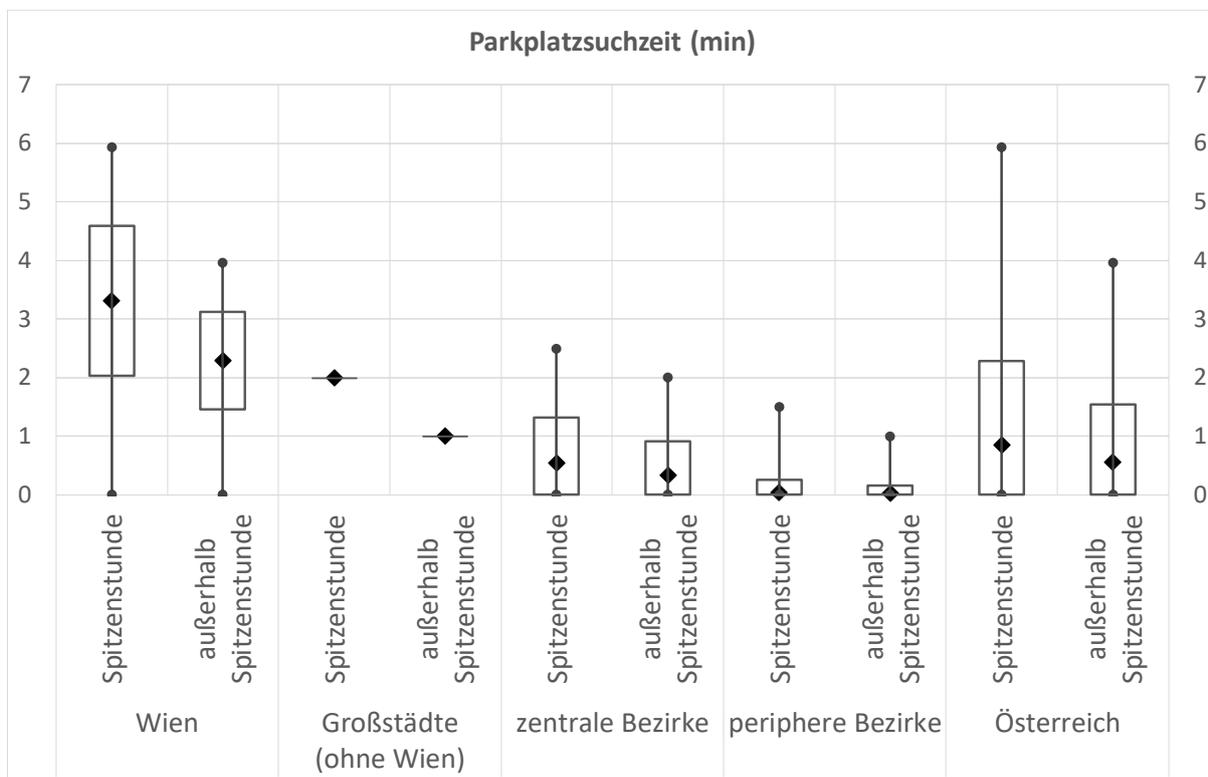
Im Folgenden werden die Einzeleffekte der im Kapitel 4.3 und 4.4 beschriebenen Aspekte des automatisierten Fahrens in Form von Sensitivitätstests beschrieben und untersucht. Dadurch sollen die Wirkungsweise und die Größe der Einzelwirkungen der verschiedenen Elemente dargestellt und verglichen werden.

Privat-Pkws und Car Sharing

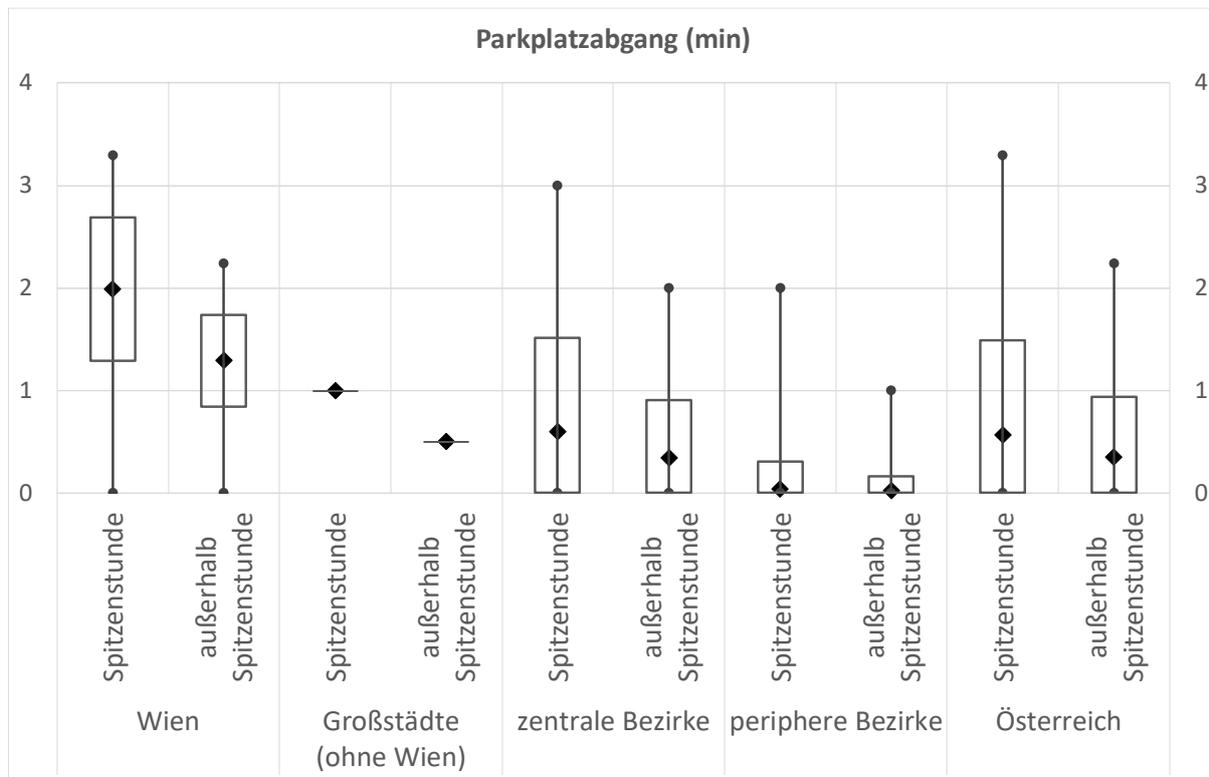
Reduktion der Parkplatzsuche und der Abgangswege

In den folgenden Abbildungen sind die im Modell MARS-SAFiP Version 1.1 getroffenen Annahmen bezüglich der Parkplatzsuchzeiten und -abgangszeiten nach Zielregion zusammengefasst. Die regionsweisen Mittelwerte sind mit einer schwarzen Raute gekennzeichnet. Die umrandeten Flächen kennzeichnen den Bereich plus/minus Standardabweichung um den Mittelwert. Zusätzlich sind die Maximal- und Minimalwerte durch Linien mit schwarzen Kreisen als Abschluss gekennzeichnet.

In Wien beträgt die durchschnittliche Parkplatzsuchzeit während der Spitzenzeit z.B. rund 3,3 Minuten. Die Bandbreite plus/minus Standardabweichung reicht von rund 2,0 bis rund 4,6 Minuten. Der Maximalwert liegt bei knapp sechs Minuten (4. Wiener Gemeindebezirk Wieden). Der Minimalwert liegt bei Null Minuten (23. Wiener Gemeindebezirk Liesing). Sowohl die Parkplatzsuchzeit als auch die Parkplatzabgangszeit ist in Wien am höchsten und nimmt in Richtung peripherer Bezirke deutlich ab. Die durchschnittliche Parkplatzsuchzeit liegt dort bei nur rund 0,04 Minuten. Die Bandbreite reicht von Null Minuten bis maximal eineinhalb Minuten.



Zusammenfassung der Annahmen bezüglich der Parkplatzsuchzeiten im Modell MARS-SAFiP Version 1.1 nach Region

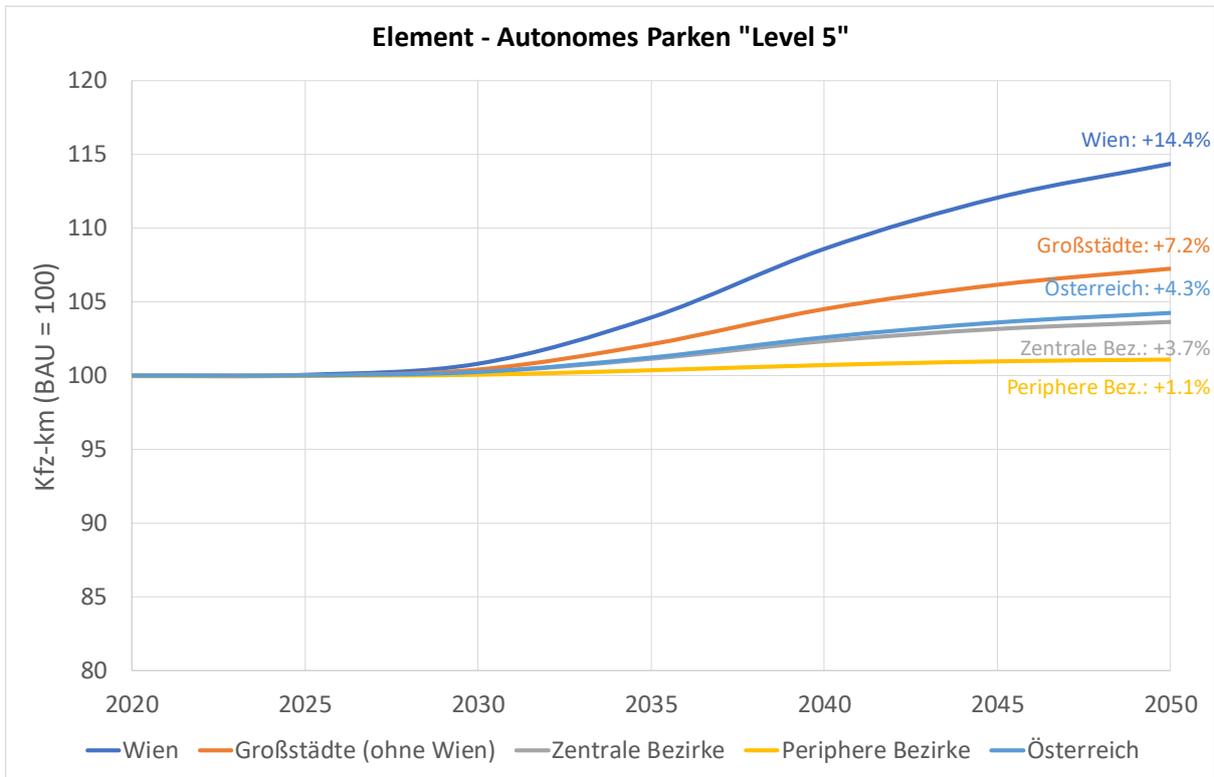


Zusammenfassung der Annahmen bezüglich der Parkplatzabgangszeiten im Modell MARS-SAFiP Version 1.1 nach Region

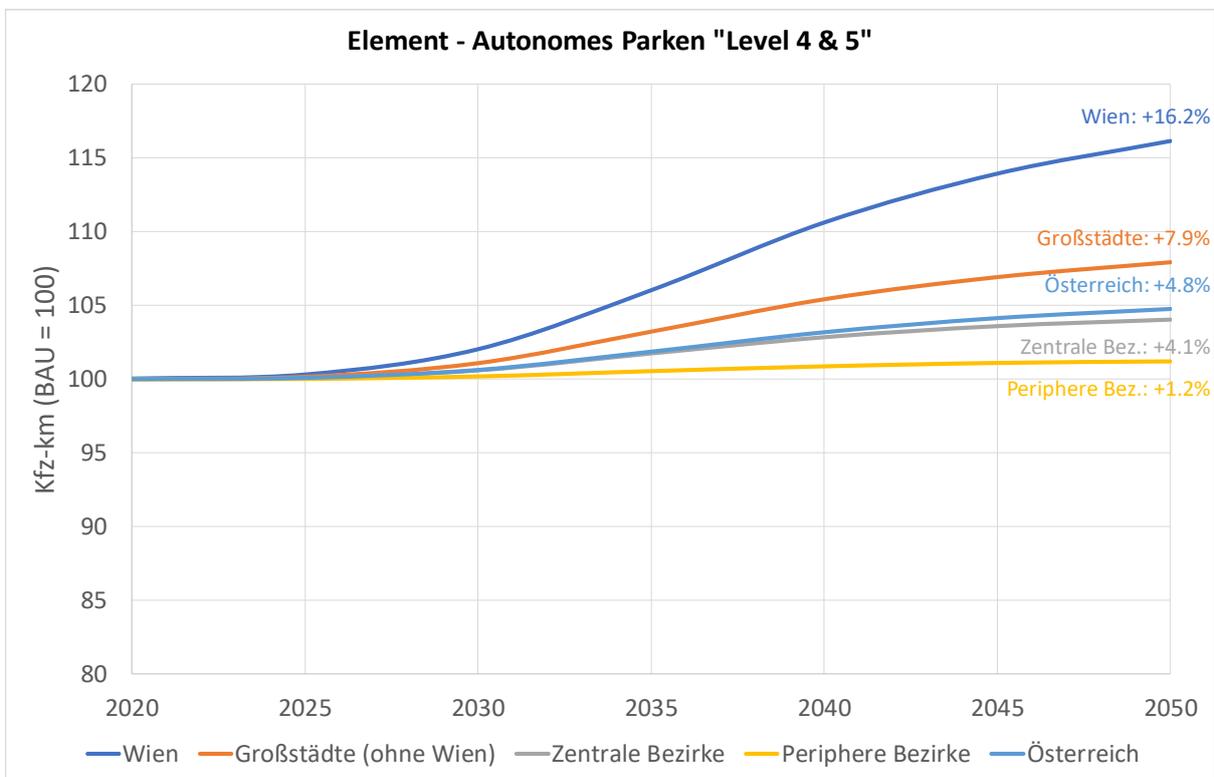
Mit Hilfe des Modells MARS-SAFiP Version 1.1 wurden bezüglich der Nachfrageeffekte des selbständigen Parkens zwei unterschiedliche Szenarien untersucht (siehe Abschnitt 4.3.3). Im Szenario „**Level 5**“ wurde angenommen, dass für alle Level 5 Fahrzeuge die Parkplatzsuche und der Parkplatzabgang für die NutzerInnen zu 100 Prozent entfallen. Im Szenario „**Level 4 & 5**“ wurde ebenfalls angenommen, dass für alle Level 5 Fahrzeuge die Parkplatzsuche und der Parkplatzabgang für die NutzerInnen zu 100 Prozent entfallen. Zusätzlich dazu reduziert sich die Parkplatzsuche und der Parkplatzabgang für NutzerInnen von Level 4 Fahrzeugen um 50 Prozent.

Die folgenden Abbildungen zeigen für beide Szenarien einen Vergleich der Entwicklung der Kfz-Fahrleistung relativ zum Szenario BAU nach Region. Die durch das automatisierte Parken und den damit verbundenen Wegfall der Parkplatzsuche und des Parkplatzabgangs entstehende relative Attraktivierung der Nutzung von individuellen Level 5 Fahrzeugen erhöht die österreichweite Fahrleistung im Jahr 2050 um rund 4,3 Prozent. Zusätzliches teilautomatisiertes Parken von Level 4 Fahrzeugen erhöht die Fahrleistung um zusätzliche 0,5 Prozentpunkte auf plus 4,8 Prozent.

Wie bereits aus der räumlichen Analyse der Annahmen hinsichtlich Parkplatzsuche und -abgang ableitbar, gibt es räumliche Unterschiede in den Nachfrageeffekten des Elements autonomes Parken. Die simulierten Effekte sind in Wien mit Abstand am höchsten und in den peripheren Bezirken deutlich am niedrigsten. Im Szenario „Level 5“ reicht die Bandbreite der Steigerung des Verkehrsaufwands im Jahr 2050 von +1,1 Prozent in den peripheren Bezirken bis zu +14,4 Prozent in Wien (**Error! Reference source not found.**). Im Szenario „Level 4 & 5“ reicht die entsprechende Bandbreite +1,2 Prozent in den peripheren Bezirken bis zu +16,6 Prozent in Wien.



Entwicklung der Kfz-Fahrleistung relativ zum Szenario BAU – autonomes Parken der Fahrzeuge Level 5 nach Region



Entwicklung der Kfz-Fahrleistung relativ zum Szenario BAU – autonomes Parken der Fahrzeuge Level 4 & 5 nach Region

Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit

In der Fachwelt herrscht Einigkeit darüber, dass die Einführung des automatisierten Fahrens einen Einfluss auf Straßenkapazität, Reisegeschwindigkeit und Fahrzeit haben wird (siehe dazu Anhang A4). Für die hochbelasteten Spitzenzeiten (z.B. Level of Service D-F) wird einhellig davon ausgegangen, dass sich die Straßenkapazität durch einen hohen Durchdringungsgrad automatisierter Fahrzeuge erhöhen wird (Busch *et al.*, 2017; Milakis, Van Arem and Van Wee, 2017; Gruber *et al.*, 2018). Damit sinken die Reisezeiten während der Spitzenzeit.

Es ist davon auszugehen, dass sich automatisierte Fahrzeuge streng an die Verkehrsregeln hinsichtlich Sichtweite, Anhalteweg, zulässiger Höchstgeschwindigkeit, etc. halten. (Gruber *et al.*, 2018) kommt deshalb zu dem Ergebnis, dass automatisierte Fahrzeuge die Reisegeschwindigkeiten während schwach belasteter Zeiten (z.B. Level of Service A-C) verringern werden. Dadurch erhöhen sich die Reisezeiten außerhalb der Spitzenzeiten.

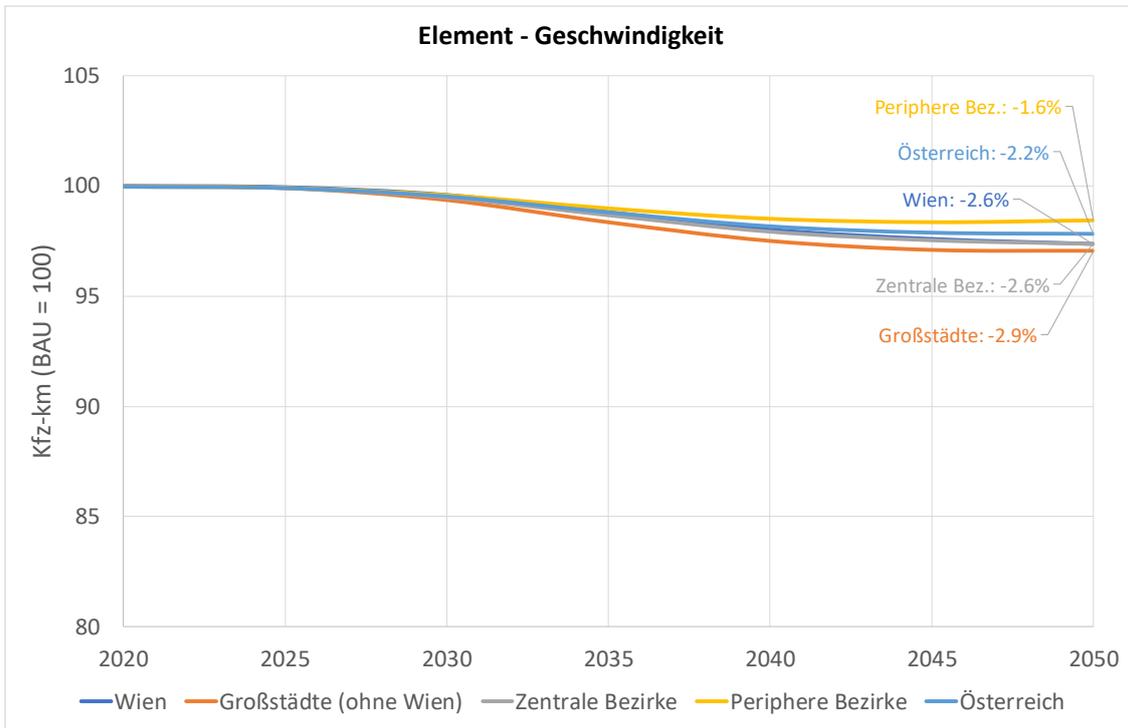
Auf Basis der in (Gruber *et al.*, 2018) gemachten Angaben zu verschiedenen Straßentypen und -elementen wurden für die Modellrechnungen des Projekts SAFiP, die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Auswirkungen auf die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit nach Straßentyp abgeleitet (siehe dazu auch Kapitel 4.3.4).

Szenarioannahmen Einfluss automatisiertes Fahren auf die durchschnittliche Reisezeit (Quelle: Gruber et al. 2018: 46f)

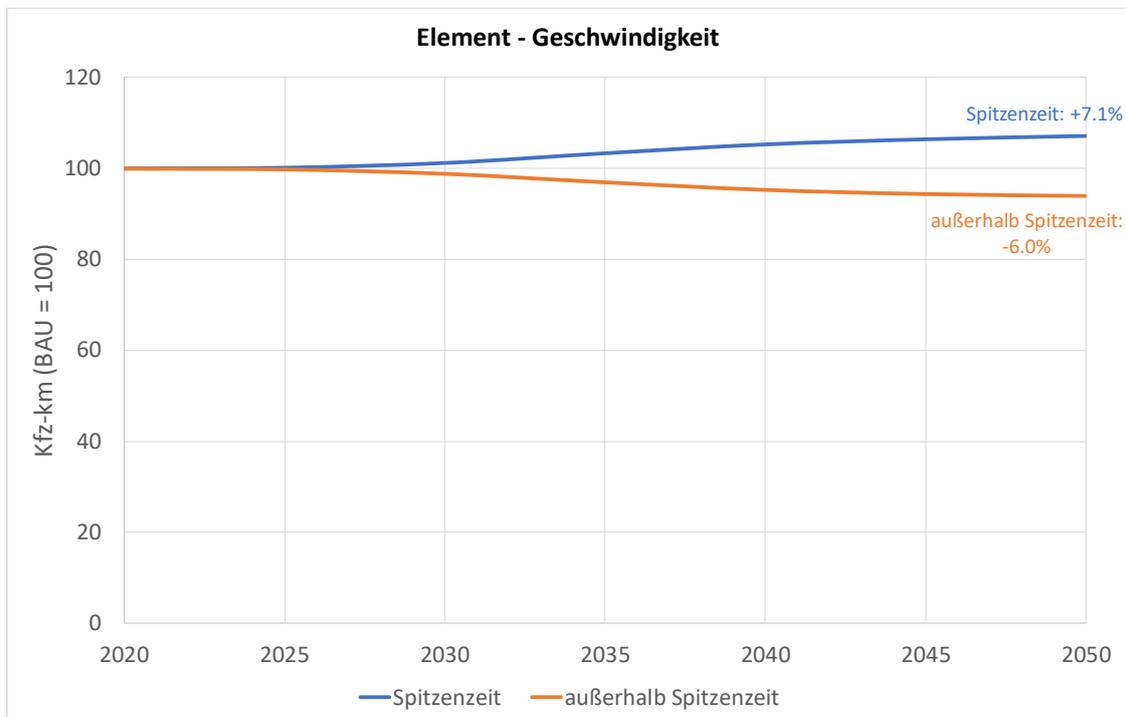
Straßennetz	Spitzenzeit	außerhalb der Spitzenzeit
innerorts	-5%	+7%
außerorts	-10%	+5%
Autobahnen und Schnellstraßen	-15%	+13%

Die folgende Abbildung zeigt, dass der Faktor Reisegeschwindigkeit die zurückgelegten Kfz-Kilometer im Vergleich zum Business as Usual Szenario im Jahr 2050 Österreichweit um etwas mehr als zwei Prozent reduziert. Die Unterschiede zwischen den Regionen sind relativ gering. Am deutlichsten fällt die Reduktion mit minus 2,9 Prozent in der Region Großstädte (ohne Wien) aus, am geringsten in den peripheren Bezirken mit minus 1,6 Prozent.

Im Jahr 2050 führt die Kapazitätssteigerung durch automatisierte Fahrzeuge während der Spitzenzeit zu einer Zunahme der Pkw-Fahrleistung relativ zum Szenario Business as Usual um rund sieben Prozent. Außerhalb der Spitzenzeit reduzieren dagegen die längeren Reisezeiten die Pkw-Fahrleistung um rund sechs Prozent. Da über den gesamten Tag rund doppelt so viele Kfz-Kilometer außerhalb der Spitzenzeit wie innerhalb der Spitzenzeit zurückgelegt werden, ergibt sich insgesamt der in der folgenden Abbildung dargestellte negative Saldo.



Entwicklung der Kfz-Fahrleistung relativ zum Szenario BAU – Einfluss auf Reisegeschwindigkeit nach Region



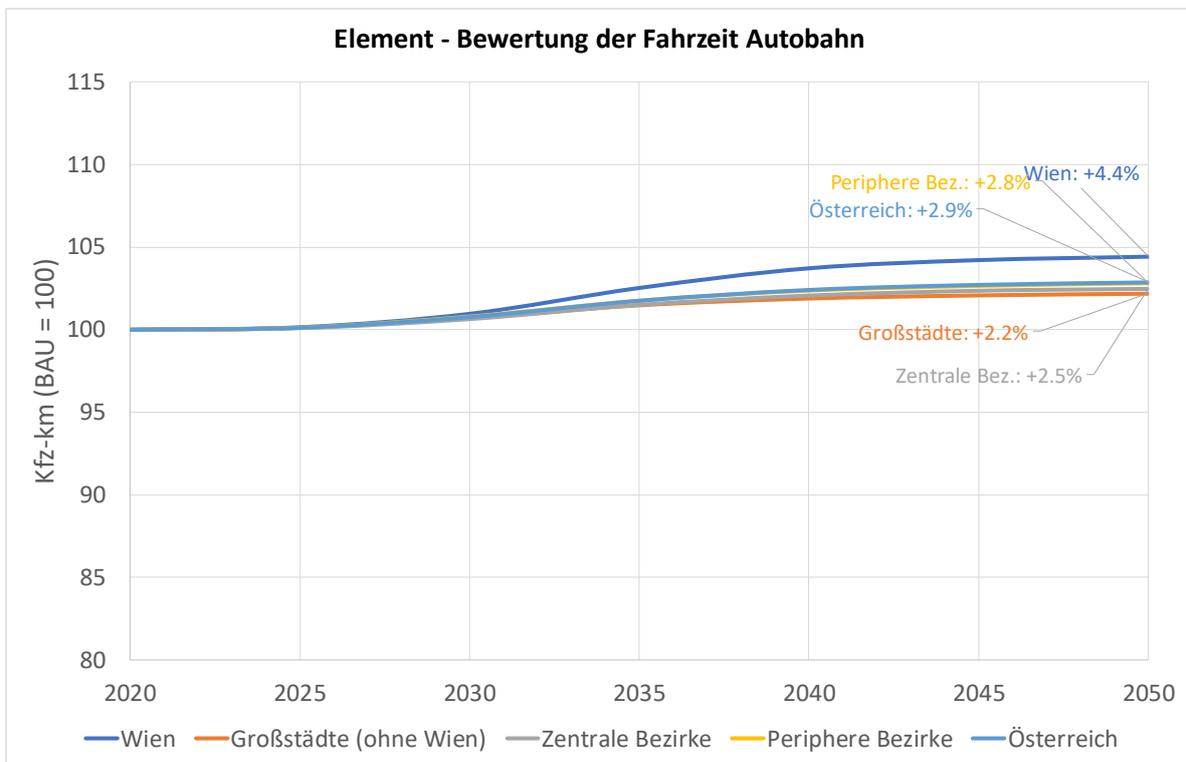
Einfluss des Elements Reisegeschwindigkeit auf den Pkw-Verkehrsaufwand relativ zum Szenario BAU während und außerhalb der Spitzenzeit

Bewertung der Fahrzeit

Eine Vielzahl von Studium zum Thema automatisiertes Fahren geht davon aus, dass sich durch den Komfortgewinn die Bewertung der Fahrzeit (Value of Time) verändern wird (Wadud, MacKenzie and Leiby, 2016; Gruber *et al.*, 2018). Siehe dazu auch Kapitel 0. In einer Metanalyse verschiedener Studien wird die Bandbreite der Veränderung des Value of Time mit minus fünf bis minus 50 Prozent angegeben (Wadud, MacKenzie and Leiby, 2016). In (Gruber *et al.*, 2018) wird die Reduktion für Level 4 und 5 Fahrzeuge mit rund minus 40 bis 50 Prozent angegeben.

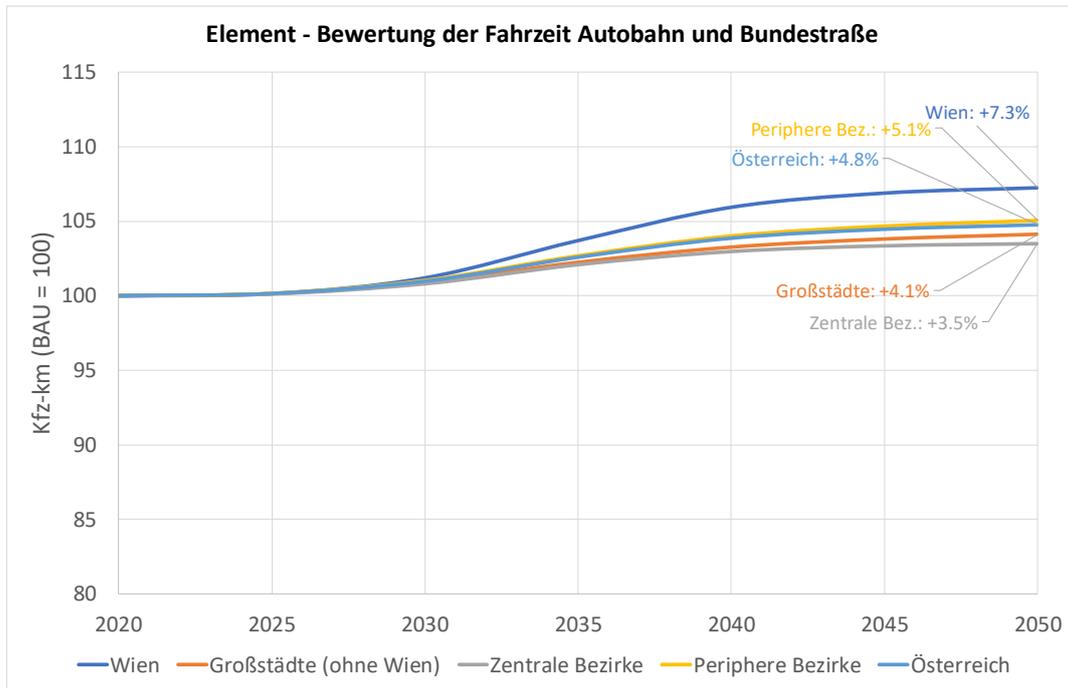
Für die hier beschriebenen Tests wurde die Maximalvariante angenommen. D.h. die Verwendung automatisierter Fahrzeuge auf Level 4 oder 5 halbiert die Bewertung der Fahrzeit. Zusätzlich wurden die drei folgenden Annahmen getroffen: einmal reduziert sich die Bewertung nur auf Autobahnen, dann auf Autobahnen und Bundesstraßen und schlussendlich auf allen Straßen.

Wird die Bewertung der Fahrzeit durch die Verwendung automatisierter Fahrzeuge nur auf Autobahnen beeinflusst, dann erhöht dies den österreichweiten Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 relativ zum Szenario Business as Usual um rund 2,9 Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund 2,2 Prozent in Großstädten ohne Wien bis zu rund 4,4 Prozent in Wien.



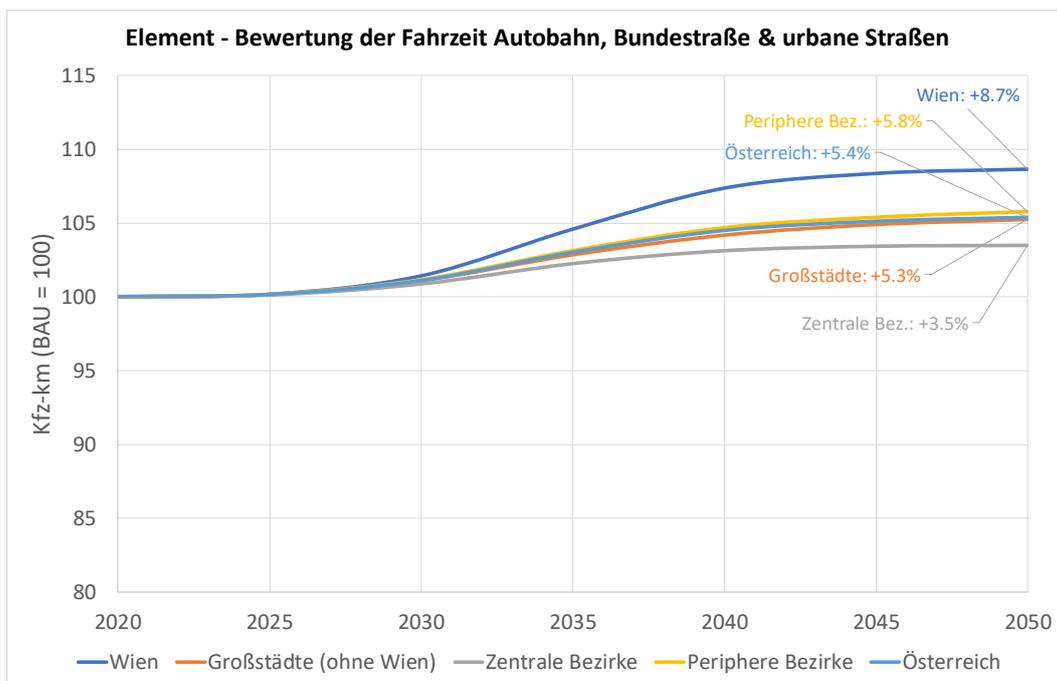
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios Reduktion der Bewertung der Fahrzeit auf Autobahnen

Wird die Bewertung der Fahrzeit durch die Verwendung automatisierter Fahrzeuge auf Autobahnen und Bundesstraßen beeinflusst, dann erhöht dies den österreichweiten Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 relativ zum Szenario Business as Usual um rund 4,8 Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund 3,5 Prozent in den zentralen Bezirken bis zu rund 7,3 Prozent in Wien.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios Reduktion der Bewertung der Fahrzeit auf Autobahnen und Bundesstraßen

Wird die Bewertung der Fahrzeit durch die Verwendung automatisierter Fahrzeuge auf Autobahnen, Bundesstraßen und urbanen Straßen beeinflusst, dann erhöht dies den österreichweiten Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 relativ zum Szenario Business as Usual um rund 8,7 Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund 3,5 Prozent in den zentralen Bezirken bis zu rund 8,7 Prozent in Wien.

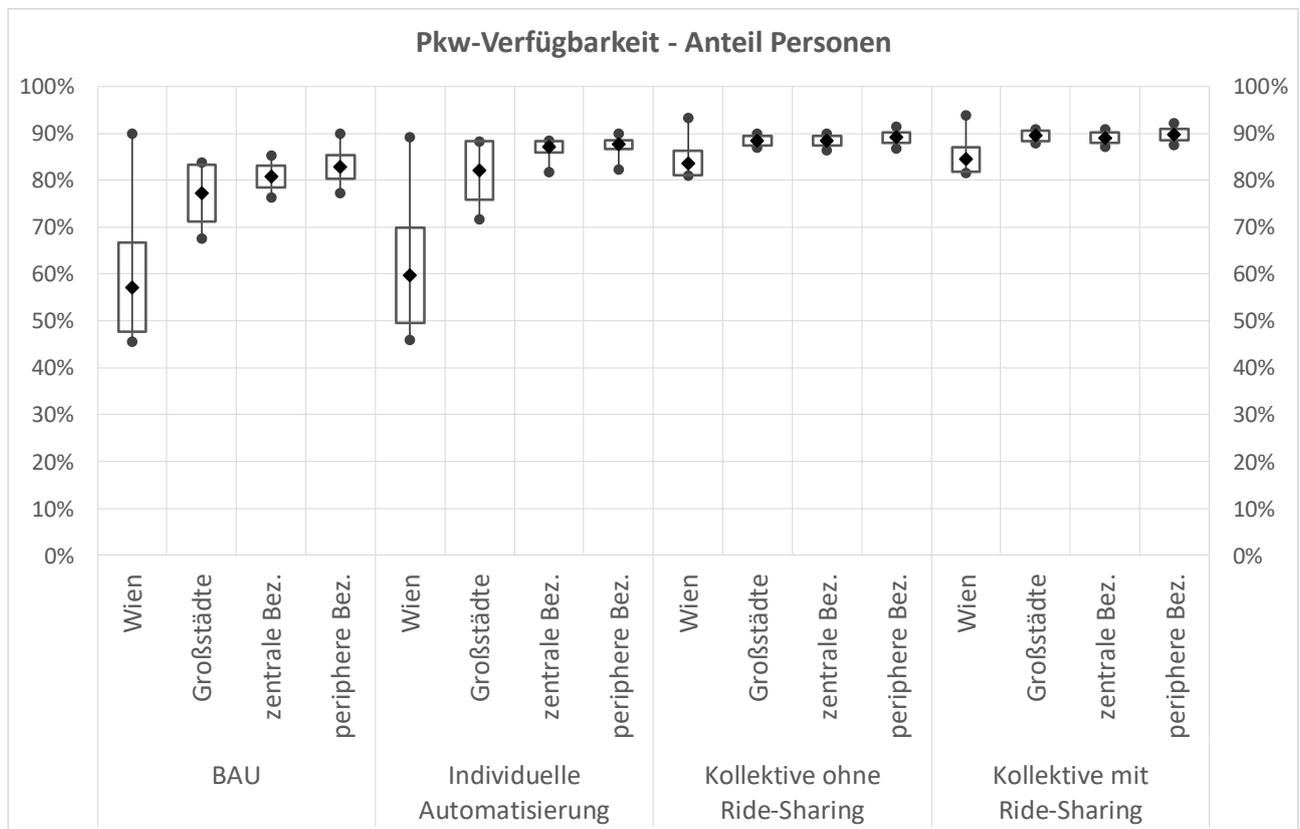


Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios Reduktion der Bewertung der Fahrzeit auf Autobahnen, Bundesstraßen und urbanen Straßen

Nutzungsmodelle und Erschließung neuer NutzerInnengruppen

Vollautomatisierte Fahrzeuge auf Level 5 ermöglichen einerseits die Nutzung durch Personen, die derzeit aufgrund einer fehlenden Lenkberichtigung oder aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht dazu in der Lage sind. Andererseits erhöhen sie die Verfügbarkeit dadurch, dass sie z.B. im Falle privater Pkws nach der Nutzung durch ein Haushaltsmitglied selbständig zu anderen Haushaltsmitgliedern fahren können, um von diesen genutzt zu werden. In den Sensitivitätstests werden die folgenden vier Nutzungsmodelle untersucht: Business as Usual, automatisierte Fahrzeuge als private Pkws und Car Sharing Pkws mit und ohne der Möglichkeit von Ride Sharing (siehe Kapitel 4.3.6.).

Die folgende Abbildung fasst die Auswirkungen der Nutzungsmodelle auf den Anteil der Personen, denen ein Pkw zur Verfügung steht, nach Region zusammen. Der bezirksweise Mittelwert nach Region wird mit einem schwarzen Karo dargestellt. Die Rechtecke markieren den Bereich plus/minus Standardabweichung um den Mittelwert. Die schwarzen Kreise markieren die Maximal- und Minimalwerte.



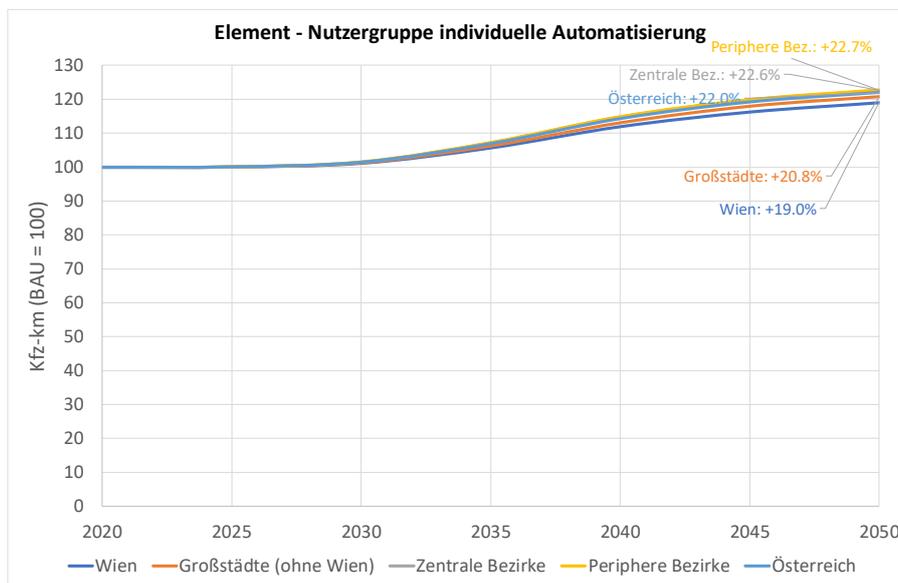
Auswirkungen der Nutzungsmodelle automatisierter Fahrzeuge auf die Pkw-Verfügbarkeit nach Region im Jahr 2050

Im Szenario privater automatisierter Pkws („**Individuelle Automatisierung**“) erweitert sich die Nutzungsmöglichkeit auf die Altersgruppe der 15 bis 17 Jährigen²⁹. Zusätzlich verringert sich der Effekt der Gleichzeitigkeit³⁰ der Nutzungswünsche. Die Verfügbarkeit von mindestens einem Pkw im Haushalt ist nach wie vor eine Voraussetzung. Aufgrund des niedrigen Motorisierungsgrads erhöht sich die durchschnittliche Verfügbarkeit 2050 in Wien durch letzteres von rund 57 Prozent nur auf rund 60 Prozent. In den anderen Regionen erhöht sich die Verfügbarkeit etwas stärker um rund fünf bis sechs Prozentpunkte.

In den Szenarien einer geteilten Nutzung („**Kollektiv ohne Ride Sharing**“ und „**Kollektiv mit Ride Sharing**“) stehen die automatisierten Angebote allen Haushalten unabhängig von einem allfälligen Fahrzeugbesitz zur Verfügung. Dadurch erhöht sich die Verfügbarkeit in Wien dramatisch von rund 57 Prozent auf rund 84 Prozent. Das entspricht einer Zunahme um rund 26 Prozentpunkte. In den anderen Regionen erhöht sich die Verfügbarkeit um rund sechs bis elf Prozentpunkte.

Weiters wurden die folgenden Annahmen getroffen. In den Automatisierungsszenarien „**Individuelle Automatisierung**“ und „**Kollektiv ohne Ride Sharing**“ wird von einer Reduktion des Besetzungsgrads auf 1,05 Personen je Fahrzeug ausgegangen. Im Szenario „**Kollektiv mit Ride Sharing**“ erhöht sich der Besetzungsgrad relativ dazu um 20 Prozent auf 1,26 Personen je Fahrzeug. In den Szenarien „**Kollektiv ohne Ride Sharing**“ und „**Kollektiv mit Ride Sharing**“ wird in Anlehnung an (Martin and Shaheen, 2016) von einem Leerfahrtenanteil von fünf Prozent ausgegangen. Im Szenario „**Kollektiv mit Ride Sharing**“ wird zusätzlich von einem Umwegfaktor von fünf Prozent ausgegangen. Die Kosten für die Inanspruchnahme der geteilten automatisierten Fahrzeuge in den Szenarien „**Kollektiv ohne Ride Sharing**“ und „**Kollektiv mit Ride Sharing**“ wird in der Basisvariante mit 55 Cent je Fahrzeug-Kilometer angenommen.

Die folgende Abbildung fasst die regionsweisen Auswirkungen des Szenarios „**Individuelle Automatisierung**“ auf den Pkw-Verkehrsaufwand zusammen. Die Bandbreite der regionalen Unterschiede ist dabei relativ gering. Sie reicht im Jahr 2050 von plus 19 Prozent in Wien bis plus 23 Prozent in den peripheren Bezirken. Der österreichweite Durchschnitt liegt bei plus 22 Prozent.

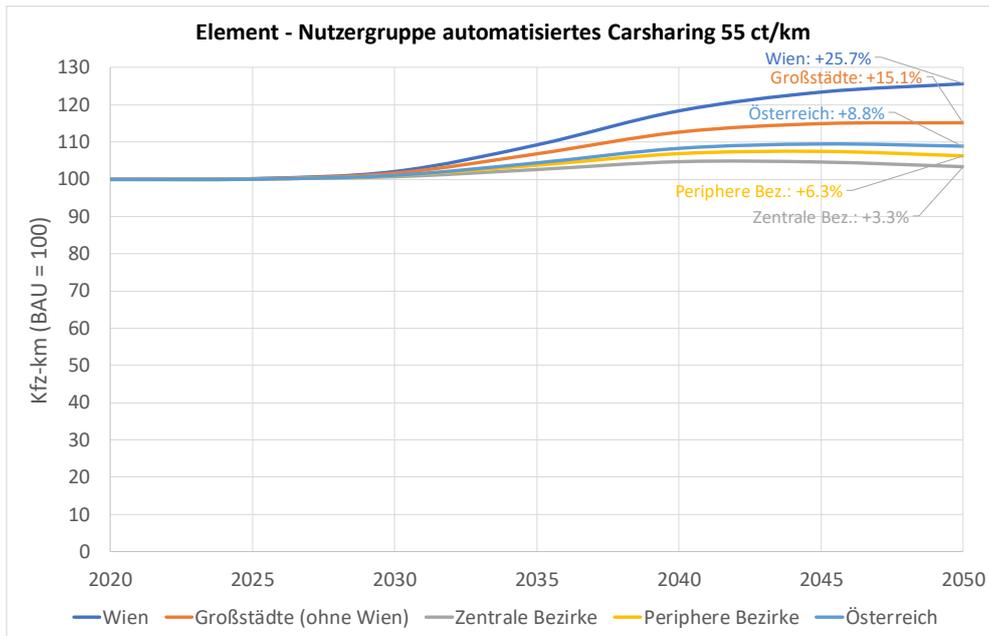


Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios Individuelle Automatisierung

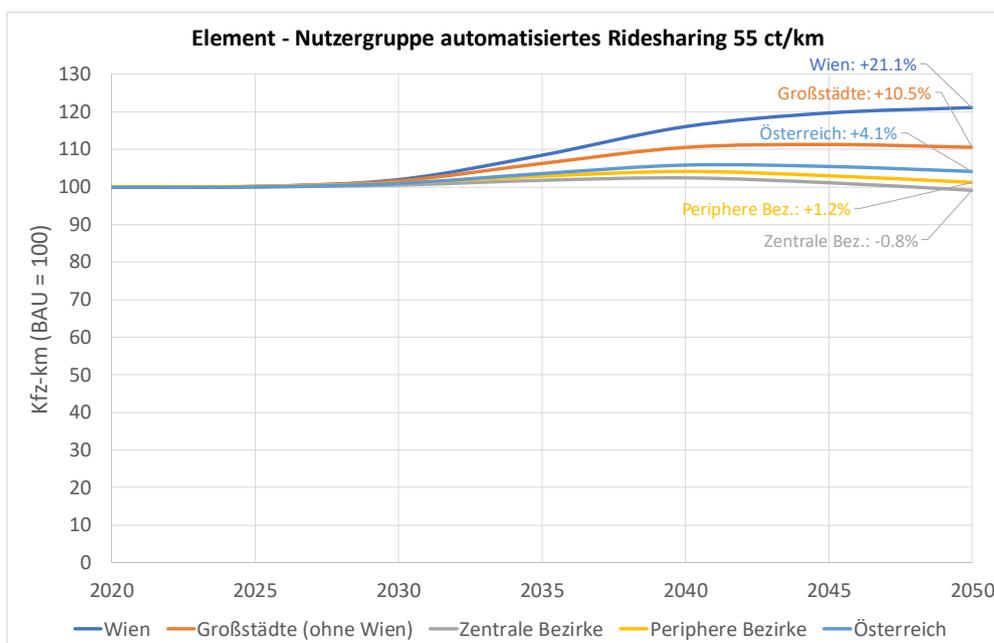
²⁹ Das Modell MARS-SAFiP Version 1.1 wurde mit Hilfe der Daten der Mobilitätsbefragung „Österreich unterwegs“ kalibriert (vgl.bmvit 2016e). Da in dieser nur die Mobilität der Bevölkerung ab 15 Jahre enthalten ist, berücksichtigt auch das Modell MARS-SAFiP Version 1.1 nur diese Bevölkerungsgruppe.

³⁰ Z.B. wenn ein Haushaltsmitglied mit dem Pkw zur Arbeit fährt und dieser dann während acht Stunden nicht für Mobilitätswünsche der anderen Haushaltsmitglieder, z.B. zum Einkaufen, zur Verfügung steht.

In den Szenarien einer geteilten Nutzung („Kollektiv ohne Ride Sharing“ und „Kollektiv mit Ride Sharing“) ist die Streuung zwischen den Regionen deutlich größer, was in den folgenden Abbildungen ersichtlich wird. Bei einem Fahrpreis von 55 Cent je Fahrzeug-Kilometer reicht die Bandbreite im Szenario „Kollektiv ohne Ride Sharing“ von rund plus drei Prozent in den zentralen Bezirken bis zu plus 26 Prozent in Wien. Der österreichweite Durchschnitt liegt bei plus neun Prozent. Im Szenario „Kollektiv mit Ride Sharing“ reicht die Bandbreite von rund minus ein Prozent in den zentralen Bezirken bis zu rund 21 Prozent in Wien. Der österreichweite Durchschnitt liegt bei plus vier Prozent.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios automatisiertes Car Sharing (55 Cent je Fahrzeug-Kilometer)



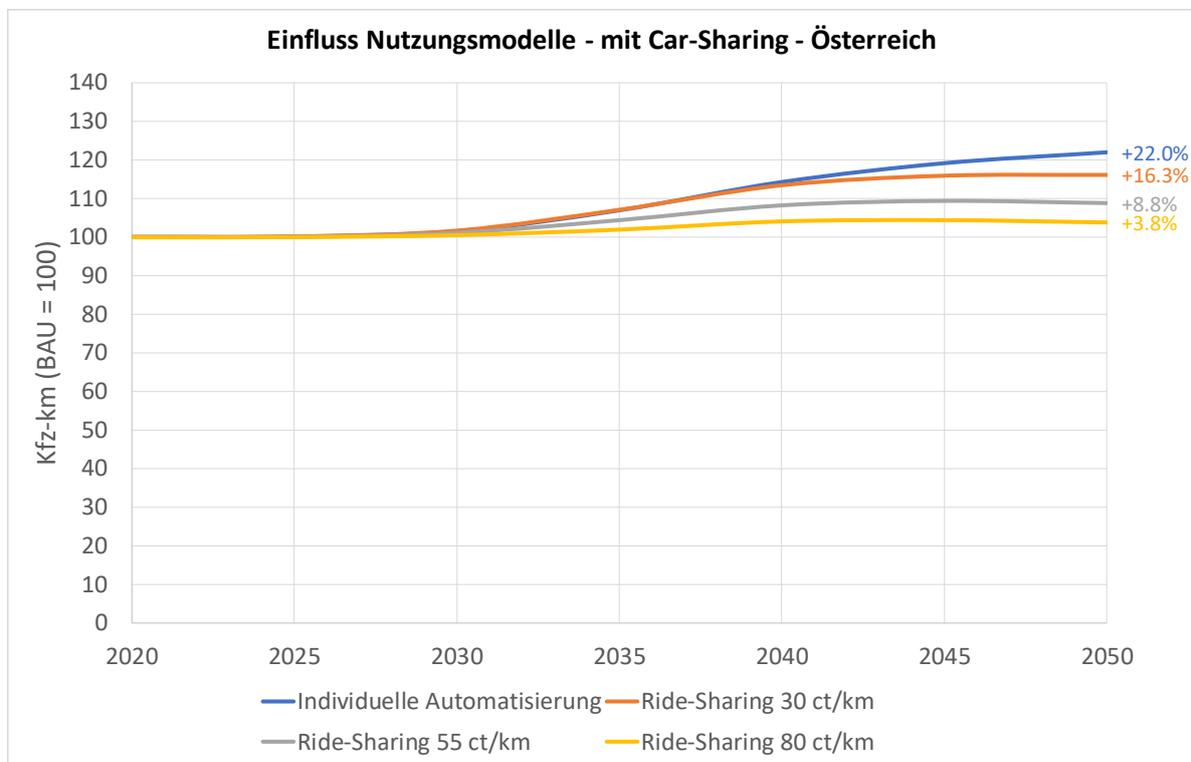
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU nach Region – Einfluss des Szenarios automatisiertes Car Sharing mit Ride Sharing (55 Cent je Fahrzeug-Kilometer)

Zusätzlich wurden Sensitivitätstests hinsichtlich der Kilometerkosten der Szenarien einer geteilten Nutzung automatisierter Fahrzeuge durchgeführt. Dabei wurden die Kosten von 30 Cent je Fahrzeug-Kilometer bis 80 Cent je Fahrzeug-Kilometer variiert und die Auswirkungen mit jenen des Szenarios „**Individuelle Automatisierung**“ verglichen. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Tests beschrieben.

Szenario „Kollektiv ohne Ride Sharing“

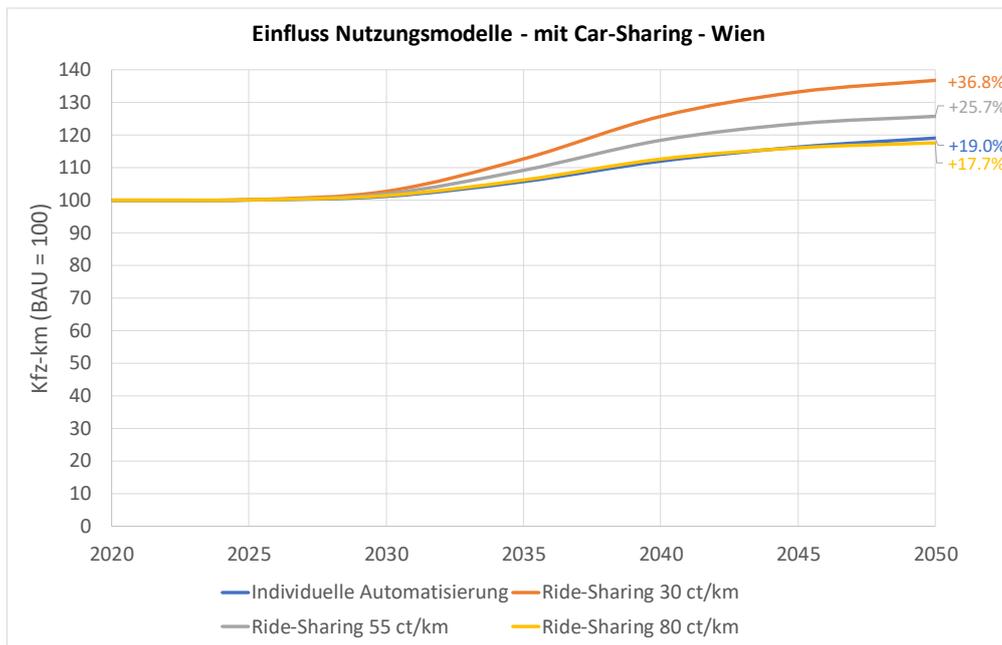
Die Auswirkungen des Szenarios einer geteilten Nutzung ohne Ride Sharing Elemente stellen sich im Vergleich zu einer individuellen Nutzung automatisierter Fahrzeuge wie folgt dar:

Über ganz **Österreich** aufsummiert liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050 für alle getesteten Kilometerkosten unter jener einer individuellen Automatisierung. In Abhängigkeit von den Kosten variiert die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands im Car Sharing Szenario 2050 von rund plus vier Prozent bis rund plus 16 Prozent. Damit liegt sie selbst bei niedrigen Kosten relativ deutlich unter jener der individuellen Automatisierung (plus 22 Prozent).



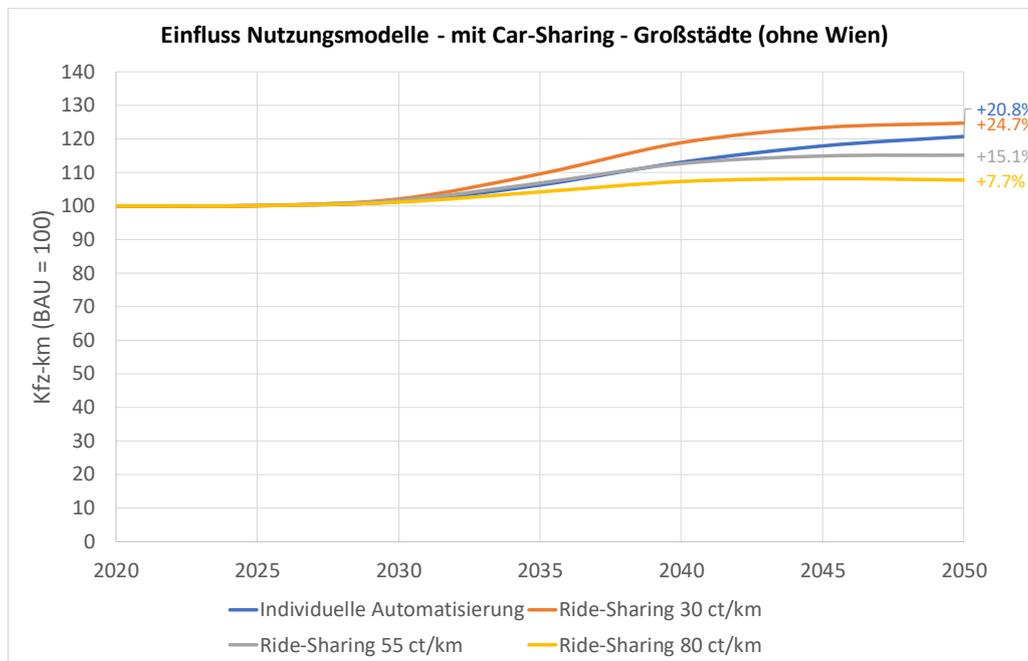
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Car Sharing – Österreich

In der Region **Wien** stellt sich die Situation gänzlich anders dar. Hier sind die als obere Grenze angenommenen Kosten notwendig, um 2050 knapp unter die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands des Szenarios einer individuellen Automatisierung zu kommen. Im Szenario mit den als untere Grenze angenommenen Kosten liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands fast doppelt so hoch wie im Szenario einer individuellen Automatisierung (plus 37 Prozent zu plus 19 Prozent).



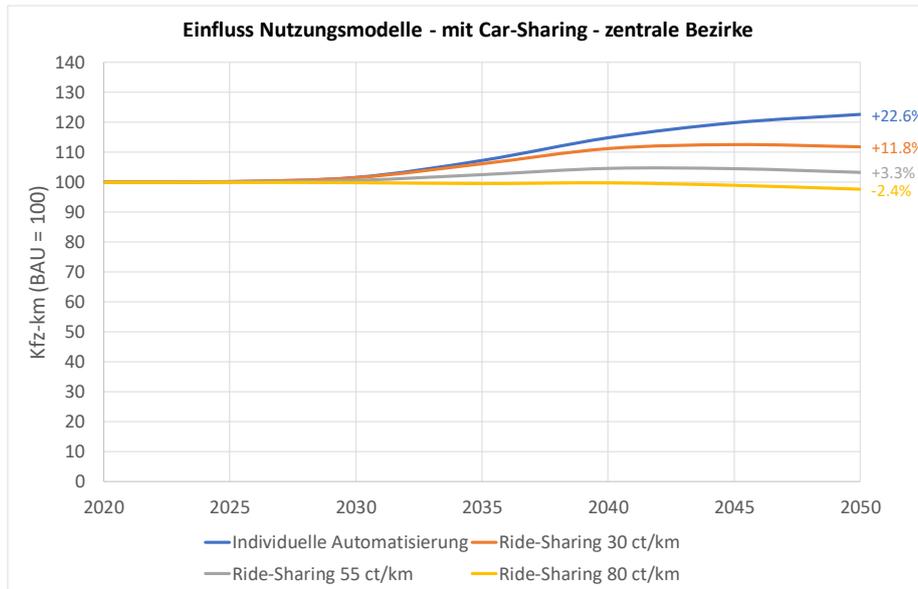
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Car Sharing – Wien

In der **Region Großstädte (ohne Wien)** liegt das Szenario einer geteilten Nutzung bei niedrigen Kosten mit rund plus 25 Prozent Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands in 2050 über jenem einer individuellen Automatisierung mit rund plus 21 Prozent. Die Zunahmen in den Szenarien mittlerer und hoher Kosten liegen dagegen unter jenen einer individuellen Automatisierung.



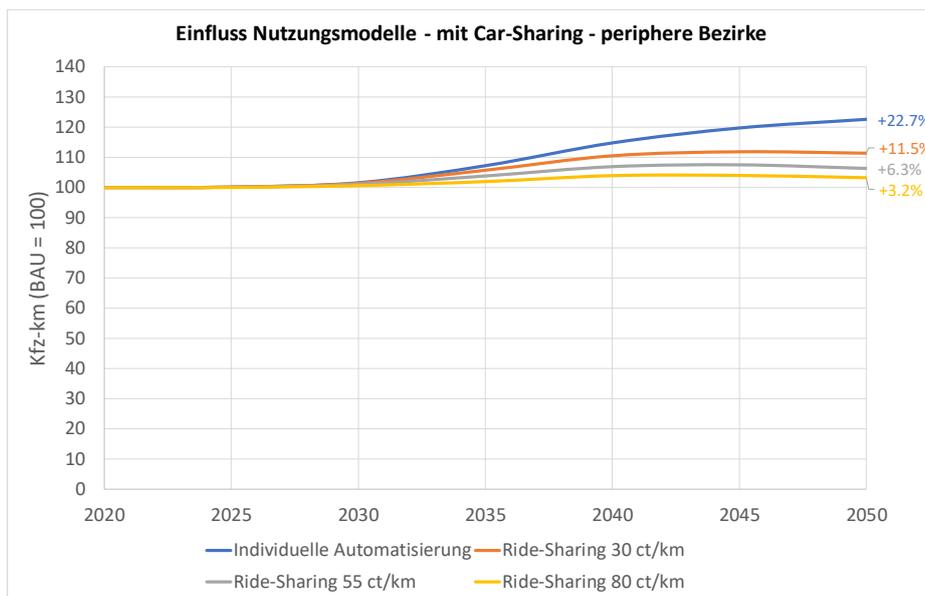
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Car Sharing – Großstädte (ohne Wien)

In der Region **zentrale Bezirke** liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050, wie in gesamt Österreich, für alle getesteten Kilometerkosten unter jener einer individuellen Automatisierung. Selbst bei niedrigen Kosten ist die Zunahme nur in etwa halb so hoch wie jene der individuellen Automatisierung (rund zwölf bzw. rund 23 Prozent). Im Szenario der als obere Grenze angenommenen Kosten kommt es 2050 mit rund minus vier Prozent sogar zu einer leichten Reduktion des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario Business as Usual.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Car Sharing – zentrale Bezirke

In der Region **periphere Bezirke** liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050, wie in gesamt Österreich, für alle getesteten Kilometerkosten unter jener einer individuellen Automatisierung. Selbst bei niedrigen Kosten ist die Zunahme nur in etwa halb so hoch wie jene der individuellen Automatisierung (rund zwölf bzw. rund 23 Prozent). In Abhängigkeit von den Kosten variiert die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands im Car Sharing Szenario 2050 von rund plus drei Prozent bis rund plus zwölf Prozent.

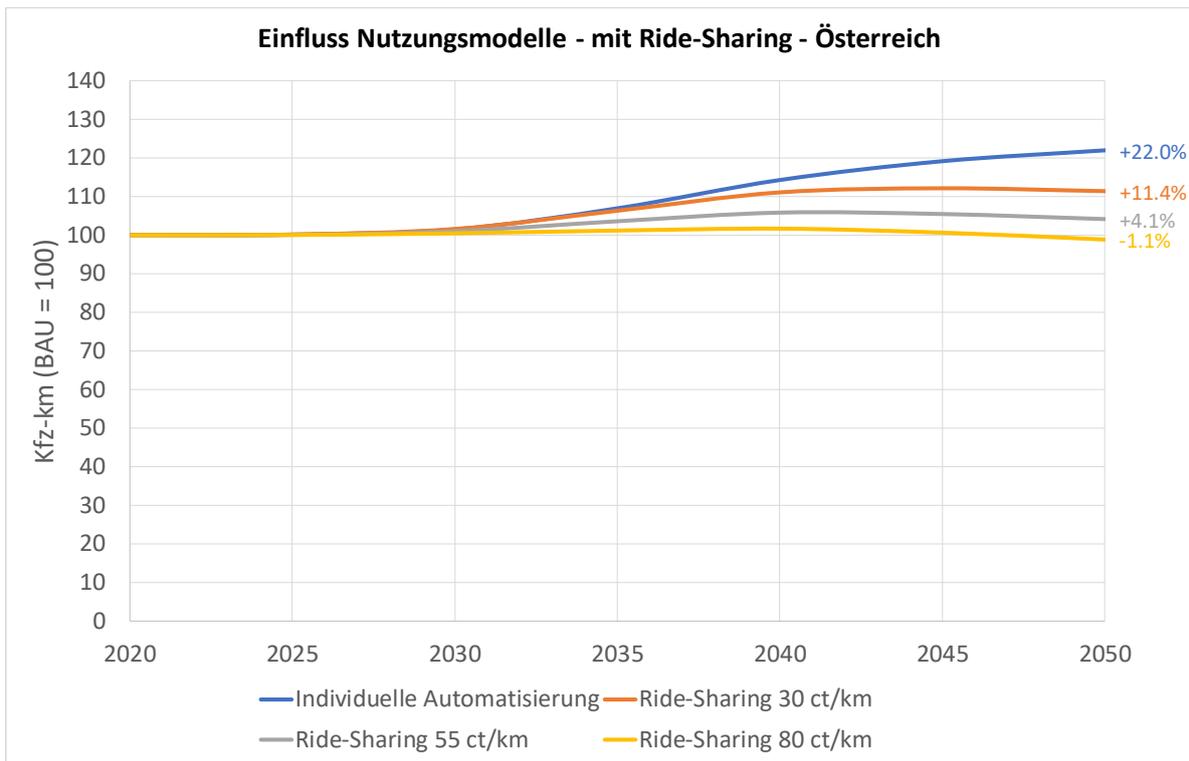


Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Car Sharing – periphere Bezirke

Szenario „Kollektiv mit Ride Sharing“

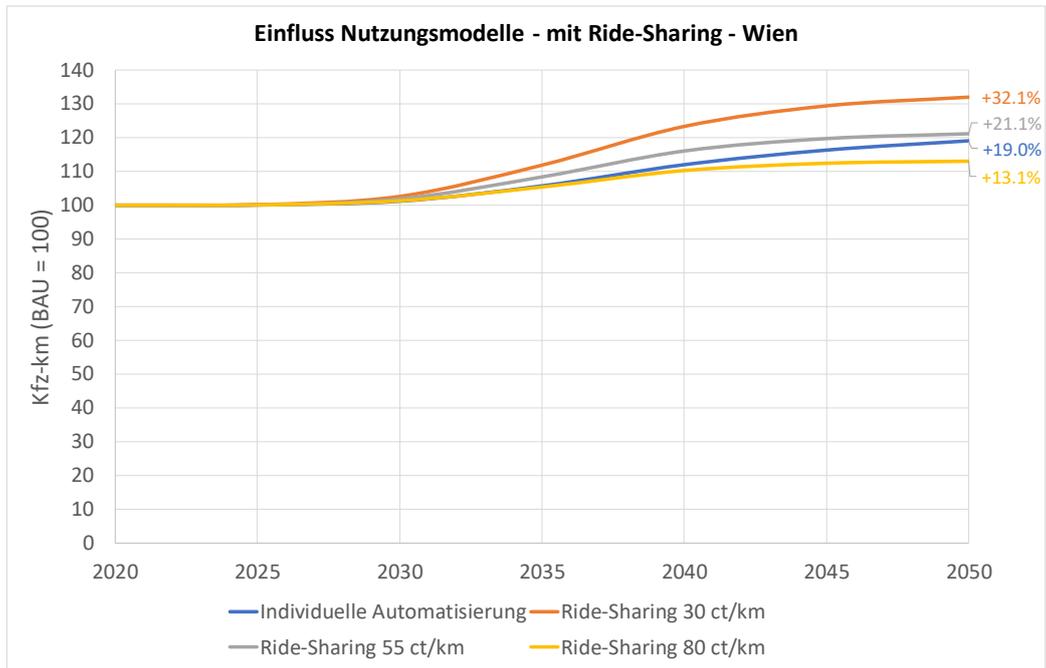
Die Auswirkungen des Szenarios einer geteilten Nutzung mit Ride Sharing Elementen stellen sich im Vergleich zu einer individuellen Nutzung automatisierter Fahrzeuge wie folgt dar.

Über ganz **Österreich** aufsummiert liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050 für alle getesteten Kilometerkosten unter jener einer individuellen Automatisierung. In Abhängigkeit von den Kosten variiert die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands im Car Sharing Szenario 2050 von rund plus ein Prozent bis rund plus elf Prozent. Damit liegt sie selbst bei niedrigen Kosten um rund die Hälfte niedriger als jene der individuellen Automatisierung (plus 22 Prozent).



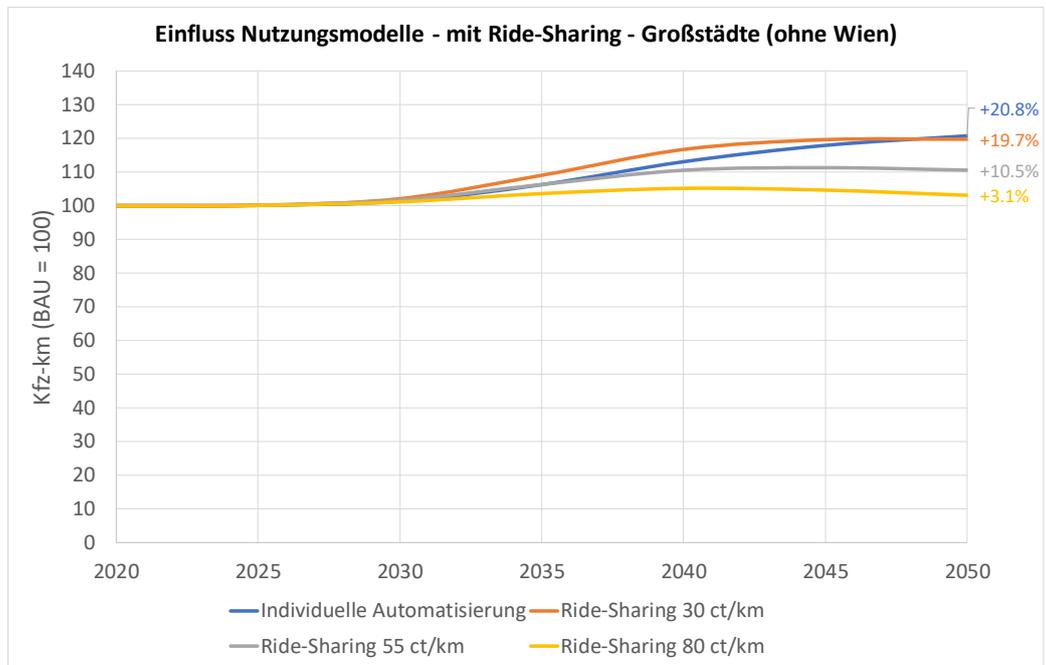
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Ride Sharing – Österreich

In der Region **Wien** stellt sich die Situation gänzlich anders dar. Hier sind die als ober Grenze angenommenen Kosten notwendig, um 2050 relativ deutlich unter die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands des Szenarios einer individuellen Automatisierung zu kommen (plus 13 Prozent zu plus 19 Prozent). Im Szenario mit den als untere Grenze angenommenen Kosten liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands um knapp 70 Prozent über dem Szenario einer individuellen Automatisierung (plus 32 Prozent zu plus 19 Prozent).



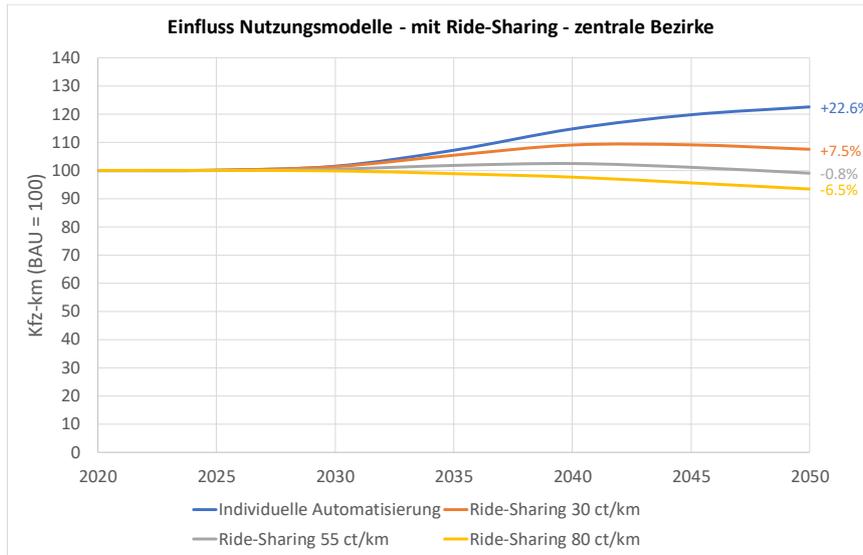
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Ride Sharing – Wien

In der **Region Großstädte (ohne Wien)** liegt das Szenario einer geteilten Nutzung bei niedrigen Kosten mit rund plus 20 Prozent Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands in 2050 ganz knapp unter jenem einer individuellen Automatisierung mit rund plus 21 Prozent. Die Zunahmen in den Szenarien mittlerer und hoher Kosten liegen dagegen deutlich unter jenen einer individuellen Automatisierung (rund plus elf Prozent bzw. rund plus drei Prozent).



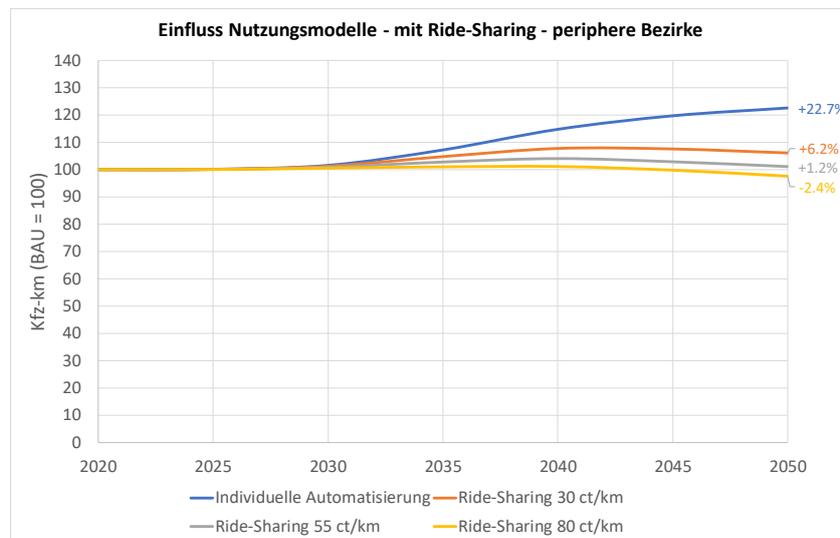
Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Ride Sharing – Großstädte (ohne Wien)

In der Region **zentrale Bezirke** liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050, wie in gesamt Österreich, für alle getesteten Kilometerkosten deutlich unter jener einer individuellen Automatisierung. Selbst bei niedrigen Kosten ist die Zunahme um rund zwei Drittel unter jener der individuellen Automatisierung (rund acht bzw. rund 23 Prozent). Im Szenario der als obere Grenze angenommenen Kosten kommt es 2050 mit rund minus sieben Prozent zu einer relativ deutlichen Reduktion des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario Business as Usual. Im Szenario mittlerer Kosten liegt Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands ebenfalls knapp unter jener des Business as Usual Szenarios.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Ride Sharing – zentrale Bezirke

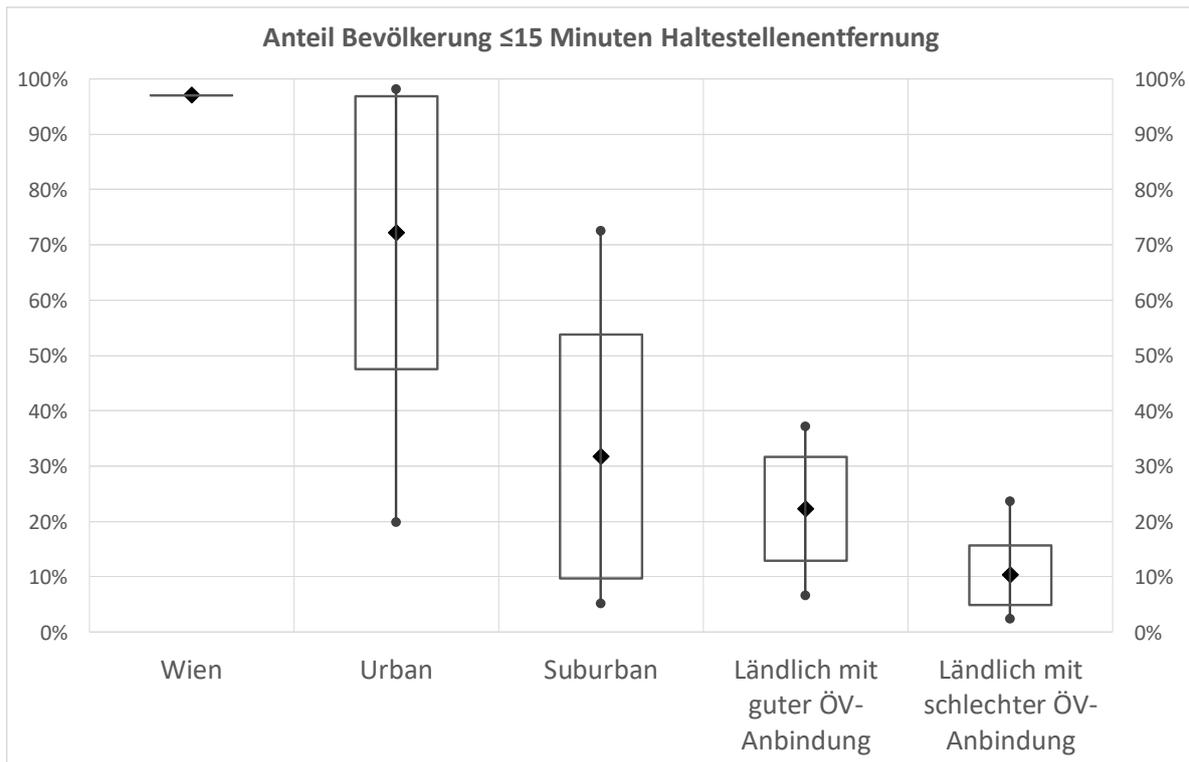
In der Region **periphere Bezirke** liegt die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands 2050, wie in gesamt Österreich, für alle getesteten Kilometerkosten unter jener einer individuellen Automatisierung (**Error! Reference source not found.**). Selbst bei niedrigen Kosten ist die Zunahme rund drei Viertel niedriger als jene der individuellen Automatisierung (rund sechs bzw. rund 23 Prozent). In Abhängigkeit von den Kosten variiert die Zunahme des Pkw-Verkehrsaufwands im Car Sharing Szenario 2050 von rund minus zwei Prozent bis rund plus sechs Prozent.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU– Einfluss der Kosten im Szenario automatisiertes Ride Sharing – periphere Bezirke

Automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des ÖV

Automatisierte Fahrzeuge können dazu genutzt werden, das Angebot auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs zu verbessern (siehe dazu auch Kapitel 4.3.7). Die folgende Abbildung fasst die Angebotssituation nach Region³¹ zusammen. Der bezirksweise Mittelwert nach Region wird dabei mit einem schwarzen Karo dargestellt. Die Rechtecke markieren den Bereich plus/minus Standardabweichung um den Mittelwert. Die schwarzen Kreise markieren die Maximal- und Minimalwerte.



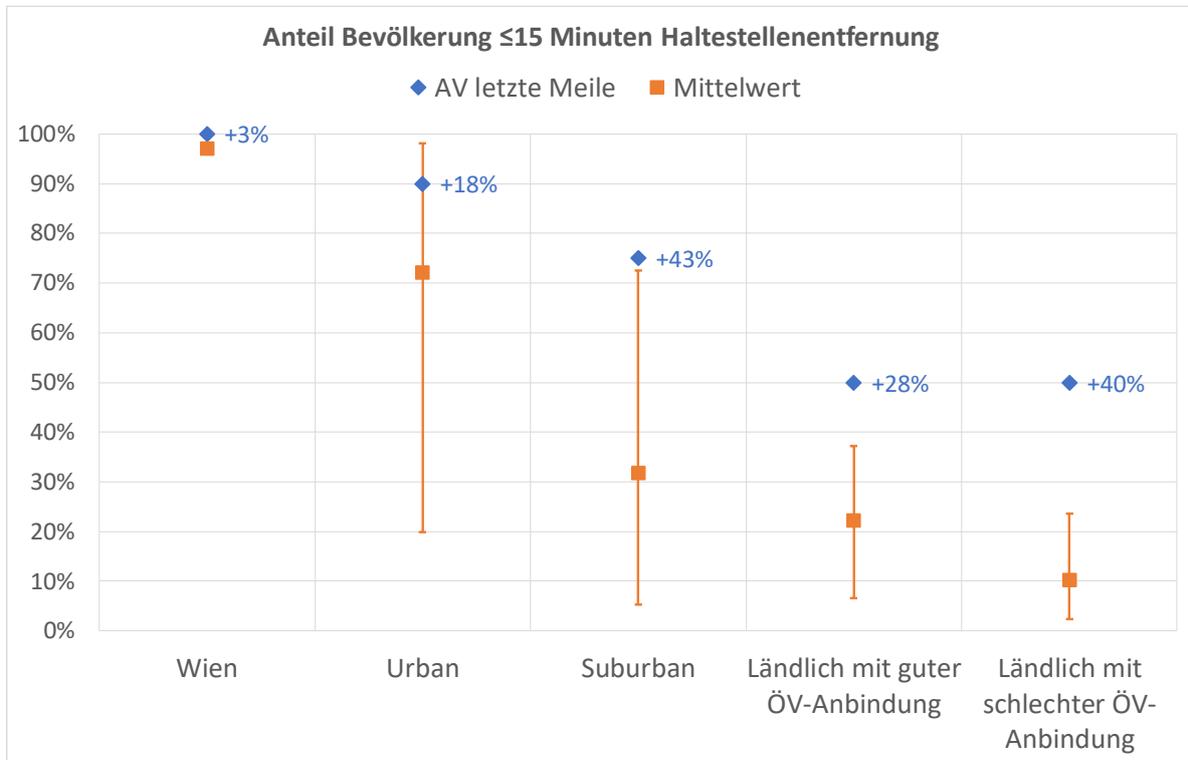
Überblick über die Haltestellenzugänglichkeit nach Region³¹ im Basisjahr des Modells MARS-SAFiP v1.1

In **Wien** ist die Angebotssituation deutlich am besten. Dort leben 97 Prozent der Bevölkerung in einem Fußwegabstand von nicht mehr als 15 Minuten. In der Region „**Urban**“ leben im Durchschnitt knapp über 70 Prozent der Bevölkerung innerhalb von 15 Minuten Fußweg zur nächsten Haltestelle. Die Bandbreite reicht dabei von 20 bis 98 Prozent. In den anderen Regionen nimmt das ÖV-Angebot deutlich ab. In der Region „**Suburban**“ lebt im Durchschnitt rund ein Drittel der Bevölkerung innerhalb von 15 Minuten Fußweg zur nächsten Haltestelle. Die Bandbreite reicht dabei von fünf bis 73 Prozent. In der Region „**Ländlich mit guter ÖV-Anbindung**“ lebt im Durchschnitt nur mehr jede fünfte Person innerhalb von 15 Minuten Fußweg zur nächsten Haltestelle. Die Bandbreite reicht von sieben bis 37 Prozent. In der Region „**Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung**“ lebt im Durchschnitt nur mehr jede zehnte Person innerhalb von 15 Minuten Fußweg zur nächsten Haltestelle. Die Bandbreite reicht von zwei bis 24 Prozent.

Die folgende Abbildung zeigt einen Vergleich der Annahmen hinsichtlich der Haltestellenzugänglichkeit im Szenario „**AV letzte Meile**“ und im Basisjahr des Modells MARS-SAFiP v1.1. Der Mittelwert und die Bandbreite des Anteils der

³¹ Nach Projekt EISERN (<https://www.oir.at/de/eisern>)

Bevölkerung im Umkreis von 15 Minuten um eine Haltestelle sind in oranger Farbe dargestellt. Die regionsweisen Annahmen des Szenarios „AV letzte Meile“ sind als blaue Karos dargestellt.



Vergleich der Annahmen zum ÖV-Angebot im Szenario „AV letzte Meile“ und im Basisjahr des Modells MARS-SAFiP v1.1

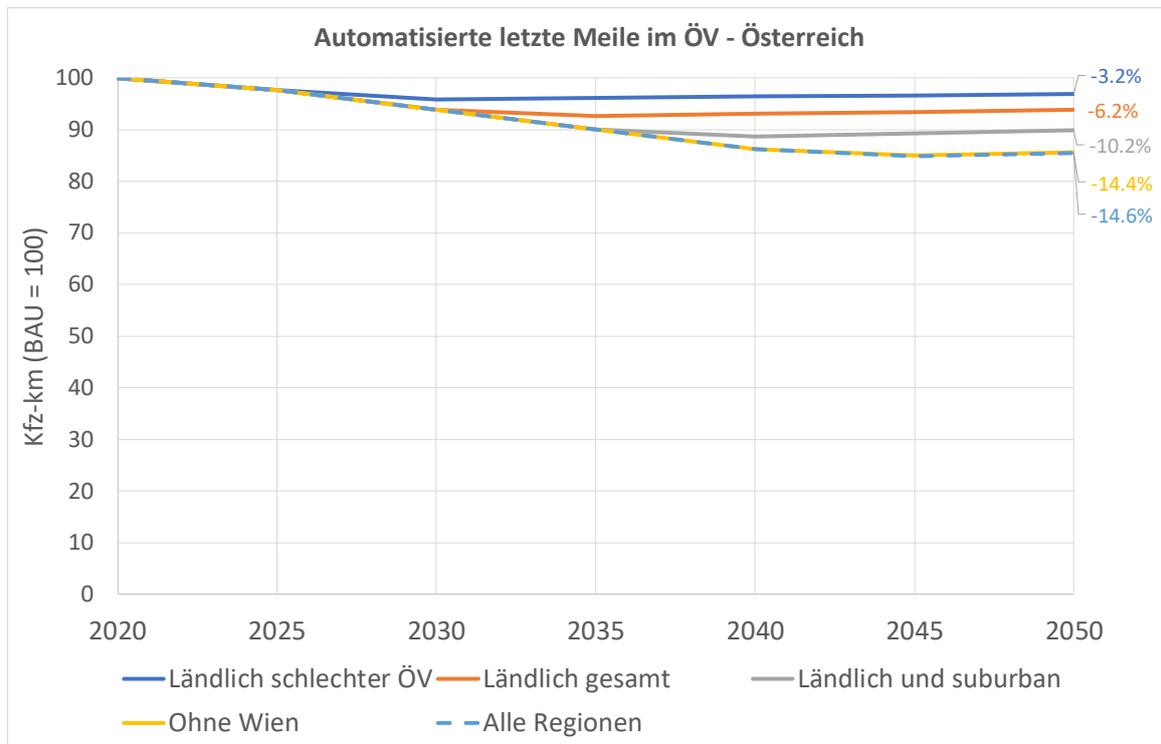
In **Wien** wird der Anteil der Personen, die in einem Fußwegabstand von nicht mehr als 15 Minuten um eine Haltestelle wohnen, von 97 Prozent auf 100 Prozent erhöht. Das entspricht einer Erhöhung um drei Prozentpunkte. In der Region „**Urban**“ erhöht sich der Anteil von 72 Prozent auf 90 Prozent. Das entspricht einer Erhöhung um 18 Prozentpunkte. In der Region „**Suburban**“ erhöht sich der Anteil von 32 Prozent auf 75 Prozent. Das entspricht einer Erhöhung um 43 Prozentpunkte. In der Region „**Ländlich mit guter ÖV-Anbindung**“ erhöht sich der Anteil von 22 Prozent auf 50 Prozent. Das entspricht einer Erhöhung um 28 Prozentpunkte. In der Region „**Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung**“ erhöht sich der Anteil von zehn Prozent auf 50 Prozent. Das entspricht einer Erhöhung um 40 Prozentpunkte.

In der folgenden Tabelle sind die Annahmen der fünf getesteten Szenarien hinsichtlich der zeitlich-räumlichen Einführung automatisierter Fahrzeuge auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs zusammengefasst. Es wurde angenommen, dass die Einführung innerhalb des angegebenen Zeitraums schrittweise erfolgt. D.h. die Haltestellenerreichbarkeit wird zwischen dem Ausgangszustand im Startjahr der Einführung und dem Zustand des Vollausbaus im Endjahr (siehe **Error! Reference source not found.**) linear interpoliert. Eine Verschlechterung des Angebots ist dabei nicht möglich. Die Angebotsverbesserung durch die Automatisierung der letzten Meile führt zu einer Reduktion der durchschnittlichen Länge der Zugangswege zur Haltestelle. Eine zusätzliche Verdichtung des Fahrplankontakts ist nicht vorgesehen.

Szenarioannahmen zur Einführung automatisierter Fahrzeuge auf der letzten Meile des öffentlichen Verkehrs

Benennung	Ländlich schlechter ÖV	Ländlich gesamt	Ländlich und suburban	Ohne Wien	Alle Regionen
Umsetzung in Region	Regionstyp 4	Regionstyp 3-4	Regionstyp 2-4	Regionstyp 1-4	Regionstyp 0-4
0 Wien	keine	keine	keine	keine	2040 - 2050
1 Urban	keine	keine	keine	2035 - 2045	2035 - 2045
2 Suburban	keine	keine	2030 - 2040	2030 - 2040	2030 - 2040
3 Ländlich mit guter ÖV-Anbindung	keine	2025 - 2035	2025 - 2035	2025 - 2035	2025 - 2035
4 Ländlich mit schlechter ÖV	2020 – 2030	2020 – 2030	2020 – 2030	2020 – 2030	2020 – 2030

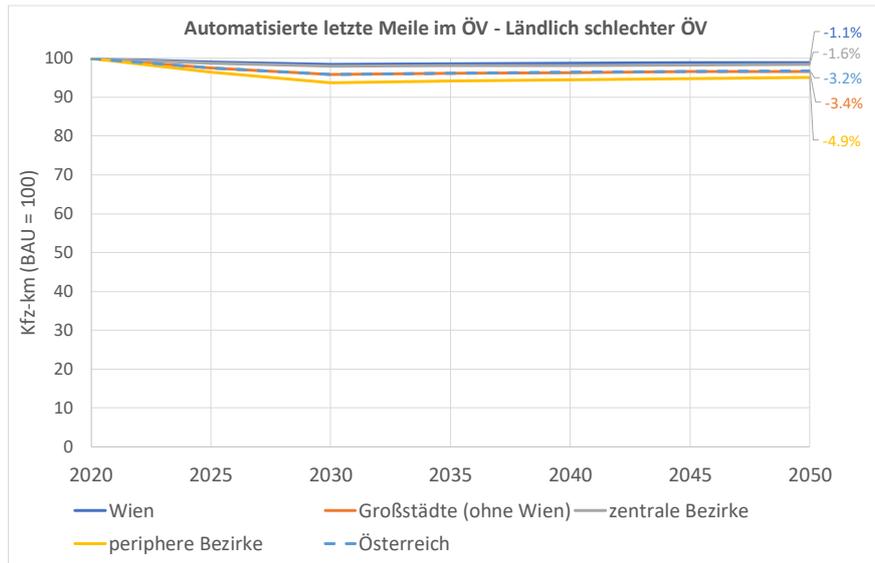
Die folgende Abbildung zeigt einen Vergleich der österreichweiten Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands der fünf oben beschriebenen Szenarien. Wird ein automatisiertes ÖV-Zubringersystem entsprechend den obenbeschriebenen Annahmen nur in den Bezirken des Regionstyps 4 Ländlich mit schlechter ÖV-Anbindung („Ländlich schlechter ÖV“) eingeführt, dann reduziert sich der Pkw-Verkehrsaufwand im Jahr 2050 relativ zum Szenario Business as Usual um rund drei Prozent. Je größer die räumliche Abdeckung des automatisiertes ÖV-Zubringersystems ist, umso größer ist auch die Reduktion des Pkw-Verkehrsaufwand. Wird das System in den Regionstypen 3 Ländlich mit guter ÖV-Anbindung und 4 Ländlich mit schlechter ÖV („Ländlich gesamt“) eingeführt, dann reduziert dies den Pkw-Verkehrsaufwand bis 2050 um rund sechs Prozent, im Falle einer Umsetzung im suburbanen und ländlichen Raum („Ländlich und suburban“) um rund 10 Prozent. Der Unterschied einer bundesweiten Umsetzung mit und ohne Einbeziehung der Stadt Wien („Alle Regionen“ und „Ohne Wien“) ist sehr gering. Die Reduktion des Pkw-Verkehrsaufwands liegt in beiden Fällen zwischen 14 und 15 Prozent. Grund dafür ist die bereits jetzt sehr gute flächenmäßige Versorgung des Wiener Stadtgebiets mit öffentlichem Verkehr.



Entwicklung des Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU – verschiedenen Szenarien automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs

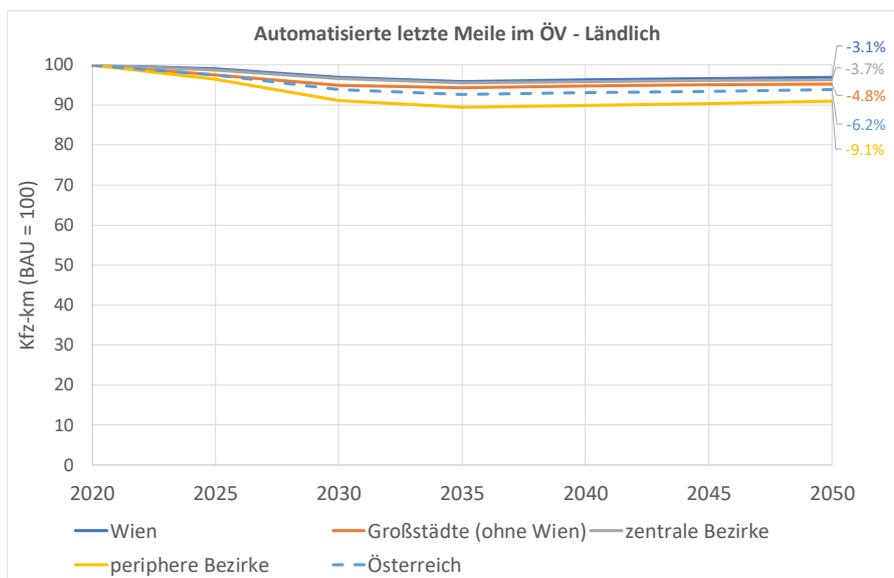
Im Folgenden werden die Auswirkungen der fünf Szenarien automatisierter Dienste für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs differenziert nach Region dargestellt.

In der folgenden Abbildung werden die Auswirkungen des Szenarios des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen mit schlechter ÖV Anbindung („**Ländlich schlechter ÖV**“) unterschieden nach den in Österreich unterwegs verwendeten Regionen dargestellt. Im österreichweiten Durchschnitt verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in diesem Szenario im Jahr 2050 um rund drei Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund minus ein Prozent in Wien bis zu rund minus fünf Prozent in den peripheren Bezirken.



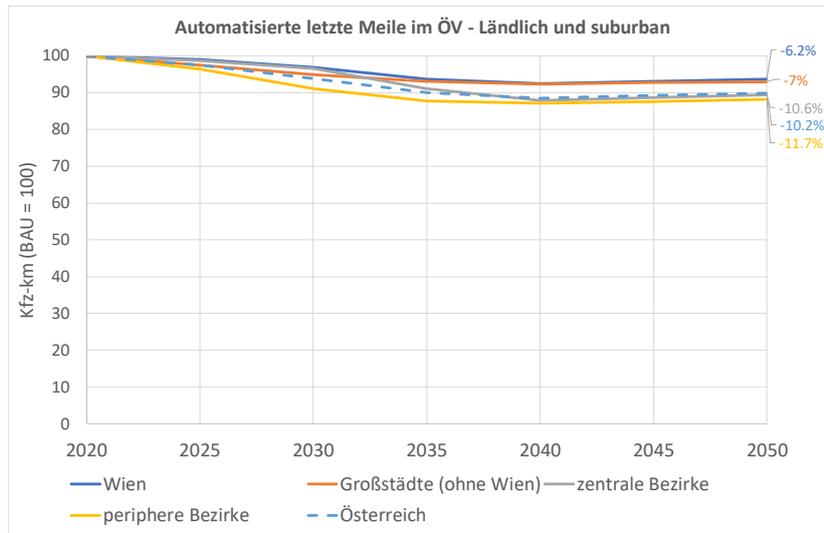
Entwicklung des regionsweisen Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU –Szenario automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen mit schlechter ÖV Anbindung

In der folgenden Abbildung werden die Auswirkungen des Szenarios des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen („**Ländlich gesamt**“) unterschieden nach den in Österreich unterwegs verwendeten Regionen dargestellt. Der Effekt dieses Szenarios ist deutlich stärker als jener des Szenarios „**Ländlich schlechter ÖV**“. Im österreichweiten Durchschnitt verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in diesem Szenario im Jahr 2050 um rund sechs Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund minus drei Prozent in Wien bis zu rund minus neun Prozent in den peripheren Bezirken.



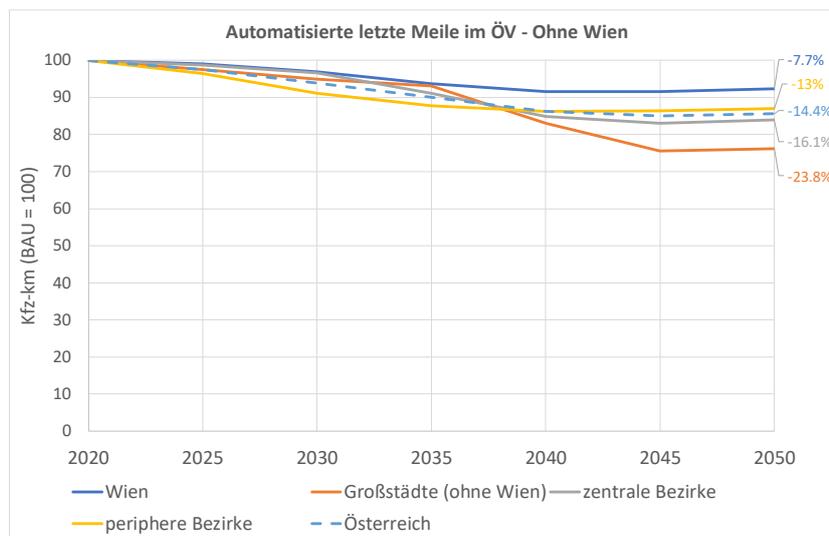
Entwicklung des regionsweisen Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU –Szenario automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen

In der folgenden Abbildung werden die Auswirkungen des Szenarios des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen und suburbanen Regionen („**Ländlich und suburban**“) unterschieden nach den in Österreich unterwegs verwendeten Regionen dargestellt. Der Effekt dieses Szenarios ist noch einmal deutlich stärker als jener der oben betrachteten Szenarien. Im österreichweiten Durchschnitt verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in diesem Szenario im Jahr 2050 um rund zehn Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund minus sechs Prozent in Wien bis zu rund minus zwölf Prozent in den peripheren Bezirken.



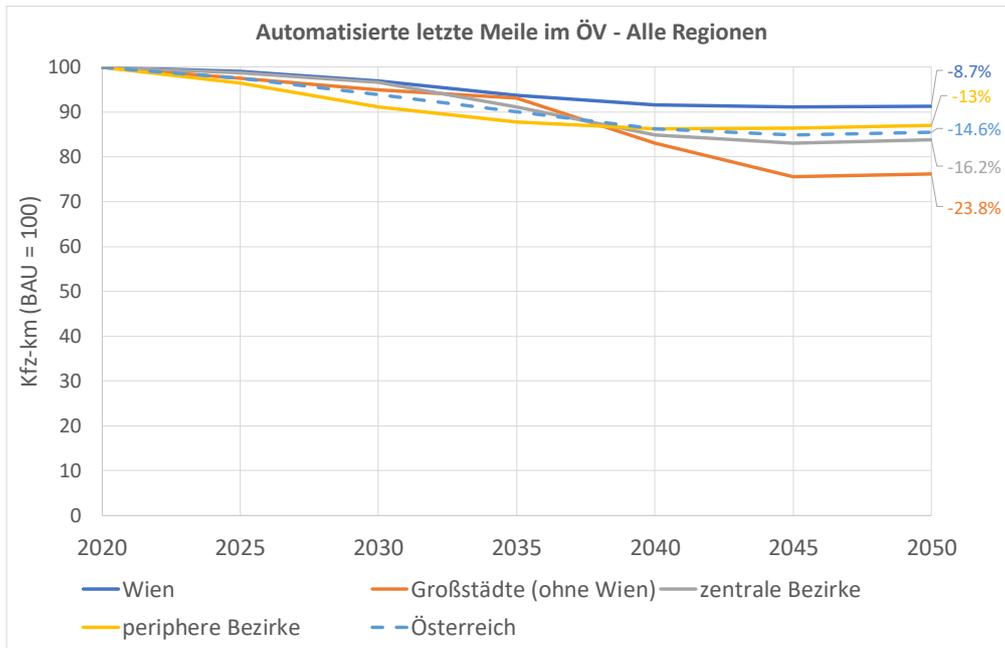
Entwicklung des regionsweisen Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU –Szenario automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in ländlichen und suburbanen Regionen

In folgende Abbildung werden die Auswirkungen des Szenarios des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in allen Regionen außer Wien („**Ohne Wien**“) unterschieden nach den in Österreich unterwegs verwendeten Regionen dargestellt. Der Effekt dieses Szenarios ist noch einmal deutlich stärker als jener der oben betrachteten Szenarien. Im österreichweiten Durchschnitt verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in diesem Szenario im Jahr 2050 um rund 14 Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund minus acht Prozent in Wien bis zu rund minus 24 Prozent in den Großstädten (ohne Wien). Die Einbeziehung der Großstädte (ohne Wien) hat sehr starke Effekte auf der Pkw-Verkehrsaufwand. Das führt dazu, dass die peripheren Bezirke als Region mit den stärksten Effekten abgelöst werden.



Entwicklung des regionsweisen Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU –Szenario automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in allen Regionen außer Wien

In der folgenden Abbildung werden die Auswirkungen des Szenarios des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in allen österreichischen Regionen („**Alle Regionen**“) unterschieden nach den in Österreich unterwegs verwendeten Regionen dargestellt. Der zusätzliche Effekt dieses Szenarios ist gering. Im österreichweiten Durchschnitt verringert sich der Pkw-Verkehrsaufwand in diesem Szenario im Jahr 2050 um rund 15 Prozent. Die Bandbreite reicht dabei von rund minus neun Prozent in Wien bis zu rund minus 24 Prozent in den Großstädten (ohne Wien).



Entwicklung des regionsweisen Pkw-Verkehrsaufwands relativ zum Szenario BAU – Szenario automatisierte Fahrzeuge für die letzte Meile des öffentlichen Verkehrs in allen Regionen

A6. Erwartete Änderungen durch AV in Bereichen des öffentlichen Verkehrs (ExpertInnengespräche)

Die nachfolgende Darstellung ist eine Zusammenfassung des Ergebnisses der mit ExpertInnen der Wiener Lokalbahnen der jeweiligen Bereiche geführten Gespräche. Es handelt sich dabei um keine finale Bewertung sondern um eine Ausgangsbasis, die zu weiteren Diskussionen anregen soll.

Bereich	Wesentliche Änderung durch AV im jeweiligen Bereich	Eintrittswahrscheinlichkeit	Erwarteter Zeitpunkt
Bus Fahrzeuge	Zunahme Sensorik im Fahrzeug Ausbau Fahrerassistenzsysteme	hoch hoch	ab 2030 ab 2030
Bus Betrieb	Neu: Zentrale für digitalen Fahrbetrieb Neu: Begleiter (statt Lenker) im Bus	mittel gering	nach 2040 nach 2050
Kleinbus Fahrzeuge	Zunahme Sensorik im Fahrzeug Ausbau Fahrerassistenzsysteme	hoch hoch	ab 2030 ab 2030
Kleinbus Betrieb	Neu: Zentrale für digitalen Fahrbetrieb volle Digitalisierung Fahrbetrieb	hoch hoch	ab 2030 ab 2035
Schiene Infrastruktur	vollständige Zustandserhebung aller Komponenten (mit Sensorik) automatisierte Passagierabfertigung	gering gering	nach 2050 nach 2050
Schiene Fahrzeuge	Zunahme Sensorik im Fahrzeug Ausbau Fahrerassistenzsysteme	hoch	v.a. mit neuen Fahrzeugen
Schiene Betrieb	Digit. Fahrbetrieb Signale Digit. Fahrbetrieb Geschwindigkeit Begleiter statt Triebwagenführer	hoch mittel mittel	ab 2030 ab 2040 nach 2050
Gesamtangebot ÖV	Zeitnahe Einbindung der Nachfrage in die Angebotsplanung	hoch	nach 2030

A7. Zielsetzungen der politischen Rahmenpapiere

Im ersten Abschnitt werden die Zielsetzungen solcher Politikprogramme vorgestellt, die sich auf die Mobilität und im weiteren Kontext schließlich auch auf das automatisierte Fahren auf der internationalen Ebene beziehen.

Internationale Ebene

Übersicht Internationale Politiken

Rahmen-dokumente	Ziele	Politikfeld
UN (2015): Pariser Klimaschutzziele	<p>Emissionsminderung</p> <ul style="list-style-type: none"> als langfristiges Ziel: den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten begrenzen; als wünschenswertes Ziel: den Anstieg auf 1,5 °C zu begrenzen, da dies die Risiken und Folgen des Klimawandels deutlich vermindern würde; Anstrengungen dahingehend, dass die weltweiten Emissionen möglichst bald ihren Gipfel überschreiten, wobei den Entwicklungsländern hierfür mehr Zeit eingeräumt wird; rasche nachfolgende Emissionssenkungen auf Grundlage der besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse. <p>Transparenz und globale Bilanz</p> <p>Anpassungsfähigkeit erhöhen und internationale Unterstützung</p> <p>Verluste und Schäden minimieren</p> <p>Städte, Regionen und lokale Behörden einbinden</p>	<i>Umwelt</i>

Europäische Ebene

Übersicht Europäische Politiken

Rahmen-dokumente	Ziele	Politikfeld
------------------	-------	-------------

<p>EU (Europäische Union) (2011): Weißbuch zum Verkehr.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrswachstum gewährleisten und Mobilität unterstützen bei Erreichung des Emissionsminderungsziels von 60 % • Ein effizientes Kernnetz für die multimodale Beförderung von Personen und Gütern zwischen Städten • Weltweit faire Wettbewerbsbedingungen für den Personenfernverkehr und interkontinentalen Güterverkehr • Umweltfreundlicher Stadt- und Pendlerverkehr <p>Unterziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Einführung neuer und nachhaltiger Kraftstoffe und Antriebssysteme (Halbierung der Nutzung konventioneller Treibstoffe im Stadtverkehr bis zum Jahr 2030, vollständiger Verzicht bis zum Jahr 2050, CO₂-freie Stadt-Logistik in größeren städtischen Zentren) • Optimierung der Leistung multimodaler Logistikketten, unter anderem durch stärkere Nutzung energieeffizienterer Verkehrsträger (Verlagerung von Straße auf Schiene bis zum Jahr 2030 um 30%, über 50% bis zum Jahr 2050; Europäisches Hochgeschwindigkeits-Schiennetz bis zum Jahr 2050, TEN-V-Kernnetz) • Steigerung der Effizienz des Verkehrs und der Infrastrukturnutzung durch Informationssysteme und marktgestützte Anreize (Rahmen für multimodales Verkehrsinformations-, Management- und Zahlssystem bis zum Jahr 2020, Senkung der Zahl der Unfalltoten, Kostenübernahme durch die Nutzer und Verursacher) 	<p>Verkehr</p>
<p>EU (Europäische Union) (2009): Klima- und Energiepaket 2020.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Umgestaltung der EU-Wirtschaft bis 2050, regelmäßige Überwachung und Berichterstattung • Emissionshandelssystem (ETS) (deckt rund 45% der Emissionen in der EU ab) • Nationale Emissionsreduktionsziele für Sektoren außerhalb der ETS (Wohnen, Agrarsektor, Abfall, Verkehr (ohne Flugverkehr)) • Erneuerbare Energie – nationale Ziele • Innovation und Finanzierung zur Entwicklung von low carbon technologies über NER300, Horizon 2020 	<p>Umwelt</p>
<p>EU (Europäische Union) (2013): A concept for sustainable urban mobility plans.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erreichbarkeit von urbanen Gebieten verbessern sowie hohe Qualität und nachhaltige Mobilität / nachhaltigen Verkehr im und durch den städtischen Raum anbieten. • Zugängliches Verkehrssystem, das den grundlegenden Mobilitätsbedürfnissen aller Menschen entspricht • Eine Balance zwischen den unterschiedlichen Bedürfnissen für Mobilität und Verkehrsleistungen zwischen BürgerInnen, Unternehmen und Industrie schaffen • Integration von verschiedenen Verkehrsmodi • Nachhaltigkeit durch die Balance von Wirtschaftlichkeit, soziale Gerechtigkeit, Gesundheit und Qualität der Umwelt • Effizienz und Kosteneffektivität • Bessere Nutzung des städtischen Raumes und bestehender Verkehrsinfrastruktur und -dienstleistungen • Stärkung der Attraktivität der städtischen Umgebung, Lebensqualität und öffentliche Gesundheit • Verbesserung der Verkehrssicherheit und des Sicherheitsgefühls • Weniger Luft- und Lärmverschmutzung, Treibhausgas-Emissionen, Energieverbrauch • Verbesserung der gesamten Performance der transeuropäischen Verkehrsnetze 	<p>Verkehr</p>

<p>EC (Europäische Kommission): 7. EAP General Union Environment action Programme to 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz, Konservierung und Stärkung des natürlichen Kapitals der Union • Die Union in eine ressourcen-effiziente, grüne und wettbewerbsfähige low-carbon Ökonomie umwandeln • Die BürgerInnen der Union vor umwelt-bezogenem Druck und Risiken für Gesundheit und Wohlbefinden schützen • Die Vorteile der Umwelt-Gesetzgebung durch verbesserte Implementation maximieren • Das Wissen und die Evidenzbasis für die Umweltpolitik verbessern • Umwelt-Integration und Politik-Kohärenz verbessern • Die Nachhaltigkeit der Städte in der Union stärken • Die Effektivität der Union in Bezug auf internationale Umwelt- und klima-bezogene Herausforderungen erhöhen 	<p><i>Umwelt</i></p>
---	---	----------------------

Nationale Ebene

Übersicht Nationale Politiken

Rahmen-dokumente	Ziele	Politikfeld
------------------	-------	-------------

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">bmvit (2012): Gesamtverkehrsplan für Österreich</p>	<p>Ziele für ein sozialeres, sichereres, umweltfreundlicheres und effizienteres Verkehrssystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sozial: leistbar, bedarfsgerecht, barrierefrei; Qualität im öffentlichen Verkehr über Bonus-Malus-System, Pünktlichkeit, Sauberkeit erhöhen • Sicherer: Senkung der Zahl der Verkehrstoten • Umweltfreundlicher: CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2025 um 19% senken, Feinstaub-Emissionen um 50% und NOx-Emissionen um bis zu 70% im Vergleich zum Jahr 2010 senken. <p>Effizienter: Verkehrssystem optimieren und effizienter organisieren, Senkung des Energieverbrauchs, Verkürzung der Fahrzeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moderne Infrastruktur (Zielnetz 2025+, Intermodale Hubs) • Zukunft öffentlicher Verkehr • Mehr Sicherheit • Planung, Systematisierung, Vernetzung • Technologie und Innovation • Rücksichtnahme auf unterschiedliche Bedürfnisse • Umweltschutz und Ressourceneffizienz • Internationale Vernetzung und Koordination 	<p><i>Verkehr</i></p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">BMNT & bmvit (2018): Mission 2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ökologische Nachhaltigkeit, Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit / Leistbarkeit • Reduktion der CO₂ Emissionen bis 2030 um 36% (Basisjahr 2005); auf Basis 2016 sind das 7,2 Mio. Tonnen CO₂ (im Verkehrswesen bis 2030 von 22,9 Mio. tCO_{2eq} auf 15,7 Mio. tCO_{2eq}) • Übergang zu Null- und Niedrigstemissionsfahrzeugen, Dekarbonisierung bis 2050 • Österreich als Vorreiter der Elektromobilität bzw. alternativen Antrieben • Ausbau des öffentlichen Verkehrs: Investitionen in Verkehrsinfrastruktur und Services; Ausbau intermodaler Verkehrsknoten; Kombination mit dem Individualverkehr im städtischen Raum • Kombiniertes Verkehr und Güterverkehrslogistik: Logistik-Hubs und Schieneninfrastruktur • Rad- und Fußgängerkehr • Nachhaltige (Verkehrs-)Infrastruktur und Mobilitätsservices • Weitere Themen: <ul style="list-style-type: none"> ○ die Nutzung von Möglichkeiten der Digitalisierung – multimodale Vernetzung und digitale Infrastruktur ○ Neue Finanzierungs- und Geschäftsmodelle • Siedlungsentwicklung und Siedlungsstruktur 	<p><i>Umwelt</i></p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">bmvit & AIT (2014): FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI Maßnahmen "Mobilität der Zukunft" im Themenfeld "Personenmobilität innovativ gestalten".</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muskelkraftmobilität als dominierende Mobilitätsform etablieren • Neue Mobilitätsoptionen in Lebensstilen verankern • Teilhabe gewährleisten, selbstbestimmte Mobilität ermöglichen • Übergreifende Maßnahmen anstoßen und weitertreiben; Transitionswege eröffnen; Flankierende Maßnahmen setzen 	<p><i>FTI</i></p>

<p>bmvit (2015): „Mobilität der Zukunft“. Forschungs-, technologie- und innovationspolitische Roadmap zur Ausrichtung des Innovationsfelds Gütermobilität.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige Gütermobilität in Ballungszentren • Nachhaltige Gütermobilität außerhalb von Ballungszentren • Multimodale Knotenpunkte • Nachhaltige Transportketten und -netzwerke • Innovative Transportmittel und -medien 	<p>FTI</p>
<p>Bundeskanzleramt der Bundesregierung (2011): FTI-Strategie des Bundes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ein umfassender Ansatz der Innovationspolitik, der nicht nur monetäre Maßnahmen umfasst, sondern der auch gesetzgeberische und organisatorische Maßnahmen inkludiert – zum Beispiel in den Politikfeldern Bildung, Wettbewerb, Regulierung oder Beschaffung. • Systemischer Ansatz, in der alle Maßnahmen aufeinander abgestimmt und Redundanzen vermieden werden. Abstimmung und Koordination sind dabei wesentliche Handlungsmaximen. • Ein effizienter und effektiver Mitteleinsatz und laufende Überprüfung. Bei allen Maßnahmen steht die Wirkungsorientierung im Vordergrund. Initiativen und Programme, die nicht zu den gewünschten Wirkungen führen, werden eingestellt oder grundlegend neu ausgerichtet. • Eine transparente Schwerpunktsetzung, Unterstützung risikoreicher Projekte und kompetitive Vergabe der Mittel, um Exzellenz in der Grundlagenforschung und Spitzentechnologie im Unternehmenssektor bestmöglich zu unterstützen. • Volle Einbindung aller AkteurInnen des österreichischen Innovationssystems in die globalisierte Wissens- und Technologieentwicklung und erfolgreiche Teilnahme an entsprechenden EU-Programmen. • Möglichst hohe Hebelwirkung öffentlicher Mittel, mit dem langfristigen Ziel eines jedenfalls zu zwei Dritteln und womöglich zu 70% privat finanzierten Anteils an den gesamten Forschungs- und Entwicklungsausgaben. 	<p>FTI</p>

Regionale / städtische Ebene

Übersicht Regionale / städtische Politiken

Rahmen-papiere	Ziele	Politikfeld
----------------	-------	-------------

<p>Stadt Wien (2015): Fachkonzept Mobilität STEP Wien 2025</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fair: Straßenraum fair auf unterschiedliche NutzerInnen verteilen, Leistbarkeit • Gesund: Anteil aktiver Mobilität steigern, Zahl der unfallbedingten Personenschäden senken • Kompakt: kurze Wege, funktional durchmischte Strukturen • Ökologisch: Erhöhung des Anteils des Umweltverbundes auf 80% • Robust: Mobilität ohne Besitz möglich, Sinken der CO₂-Emissionen • Effizient: Effiziente Ressourcennutzung durch den Einsatz von innovativen Technologien / Energieverbrauch senken • Nutzen statt Besitzen • Gemeinsam in der Region • Verkehrsinfrastruktur: das Rückgrat der Stadt • Mobilität braucht Innovation • Öffentlicher Raum: Straße fair teilen • Governance: Verantwortung und Ressourcen • Wirtschaft in Fahrt • Verkehrsorganisation: Mobilität schlauer regeln • Effizient mobil durch Mobilitätsmanagement 	<p>Verkehr</p>
<p>Land Kärnten (2018): Mobilitäts-Masterplan Kärnten 2035</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Angestrebter modal split: 20% ÖV, 40% Fuß- und Radverkehr, 40% Pkw- Verkehr • Verdoppelung der Wege von umweltfreundlichen Verkehrsmitteln bis zum Jahr 2035 (öffentlicher Verkehr, Radfahren, Gehen) • Sicherung der Mobilität von Menschen, Gütern und Informationen unter Berücksichtigung ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Nachhaltigkeit • Vernetzung aller Verkehrsträger • Verbesserung der Lebensqualität durch Reduktion von Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch • Erhöhung der Verkehrssicherheit • Verlagerung des Güterverkehrs und Stärkung der regionalen Wirtschaft • Weiterentwicklung umweltfreundlicher Verkehrssysteme und Verkehrslogistik • Sicherstellung einer Gender- und Zugangsgerechtigkeit für Männer und Frauen 	<p>Verkehr</p>
<p>Land Vorarlberg (2018): Entwurf zum Raumbild Vorarlberg 2030</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Versorgung in der Nähe (Versorgung mit Waren und Dienstleistungen in der Nähe des Wohnortes – zu Fuß, mit Fahrrad oder Bus und Bahn erreichbar) • Siedlungsentwicklung und Mobilität im Einklang (Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung abgestimmt, Flächen für Verkehrsinfrastruktur bereithalten, Vorrang für den öffentlichen Verkehr, Rad- und Fußverkehr, Straßenraum wieder zum Lebensraum machen) 	<p>Raumplanung</p>

Zielsetzungen zum automatisierten Fahren auf unterschiedlichen politischen Ebenen

Übersicht Internationale Politiken

Politikpapiere / Politikempfehlungen

Zentrale Ziele zum automatisierten Fahren

<p>UN-ECE United Nations Economic and Social Council (2018): Revised draft resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • „Convention on Road Traffic“ in Genf 1949 und „Convention on Road Traffic“ in Wien 1968 in Bezug auf automatisierte Fahrzeuge durcharbeiten und Empfehlungen formulieren, um Verkehrssicherheit, Mobilität und sozioökonomischen Fortschritt zu gewährleisten • Menschen einbeziehen und Empfehlungen für die sichere Interaktion zwischen Menschen und Fahrzeugen treffen
<p>OECD (2017): Automation of the Driving Task. Some possible consequences and governance challenges. I</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Eigentums- und Nutzungsverhältnisse aufzeigen • Potentielle Stärken und Schwächen von verschiedenen Umwelten und Regimen diskutieren • Integration in bestehende Verkehrsangebote aufzeigen • Mögliche Konsequenzen des „Laissez faire“ oder direktere Formen der Governance diskutieren • Regulationen diskutieren

Übersicht Europäische Politiken

Politikpapiere / Politikempfehlungen	Zentrale Ziele zum automatisierten Fahren
<p>ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council) (2017): Automated Driving Roadmap.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Effiziente und sichere Schwerfahrzeuge in realen Logistik-anwendungen vorantreiben • Sichere und effiziente Logistiksysteme für die letzte Meile stärken • Öffentlichen Verkehr fördern • Kurz- und langfristige Wirkungen und sozioökonomische Bewertungen vornehmen • Mobilität für alle gewährleisten • Modellierung und Bedarf von Fahrverhalten feststellen • Testen und Validieren ermöglichen • Physische und digitale Infrastruktur bereitstellen • Sicherheitsmethoden für Cyber-Security entwickeln • Daten-Architektur für sichere off- und on-board Interoperabilität gewährleisten
<p>POLIS (European Cities and Regions Networking for Innovative Transport Solutions) (2018): Road vehicle automation and cities and regions. Discussion paper: Brussels.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aufmerksamkeit für Entwicklungen und potenzielle Mobilitätsauswirkungen bei städtischen und regionalen Verwaltungen erzeugen und helfen, ihre Verkehrspolitiken und Pläne anzupassen • Fahrzeughersteller und zentrale Player auf die städtischen und regionalen Verkehrspolitiken aufmerksam machen • Die lokalen Perspektiven an andere Politikebenen im Speziellen die Europäische Kommission und nationale Regierungen, die über Fördermittel entscheiden, kommunizieren und Strategien zum Einsatz von automatisierten Fahrzeugen aufbauen • Produkte und Services entwickeln, die an die jeweiligen Communities, die sie letztlich nutzen, angepasst sind
<p>EC (European Commission) (2018): On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Europa als Weltführer im Einsatz von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen fördern und stärken • Sicherheit erhöhen („Vision Zero“) • Emissionen reduzieren und Staus vermeiden • Fokus auf Anwendungsfälle richten: Personenwagen, LKWs sowie öffentlicher Verkehr

	<ul style="list-style-type: none"> • Konnektivität fördern: Koordinieren von Anwendungen, aktive Infrastrukturförderung, smartes Verkehrsmanagement für sichere und effiziente Verkehrsflüsse, Informationen über Verkehrssituationen • Einen integrierten Ansatz forcieren
<p>CEDR (Conference of European Directors of Roads) (2018): National Road Authority Connected and Automated Driving strategy 2018-28.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale und physische Straßeninfrastruktur fördern: intelligente Infrastruktur am Straßenrand, vehicle-to-infrastructure communication) • Back End-Informationssysteme, Dienste und Prozesse von Straßenverwaltenden fördern (cloud-to-cloud services) und Datensystemen in Fahrzeugen für Sicherheit und Verkehrsmanagement entwickeln • Die komplette Digitalisierung und Organisation von elektronischen Verkehrsregulationen forcieren • Arbeitsprozesse adaptieren, organisatorische und systemische Landschaften ändern
<p>STRIA (Strategic Transport Research and Innovation Agenda) (2016): Roadmap on Connected and Automated Transport.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dekarbonisierung stärken • Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit der EU stärken • Sicherheit, Cyber-Security gewährleisten • Inter-Modalität und Cross-Modalität stärken • Alternative Modi und Services ermöglichen
<p>EC (European Commission) (2018): Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vehicle-to-vehicle communication (V2V) und Vehicle-to-infrastructure communications (V2I) weiterentwickeln • Verkehrssicherheit erhöhen • Die Verkehrsleistung und Kapazität der Straßeninfrastruktur erhöhen sowie Staus vermeiden • Fahrzeugflottenmanagement stärken • Reisezeit-Verlässlichkeit erhöhen • Energieverbrauch und negative Umwelteffekte reduzieren

Übersicht Nationale Politiken

Politikpapiere / Politikempfehlungen	Zentrale Ziele zum automatisierten Fahren
<p>ITS Austria (2018): digital : vernetzt : mobil. Arbeitsprogramm der ITS Austria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige digitale Infrastruktur bereitstellen (digitale Verkehrskarte, Echtzeitinformationen) • Kooperatives Verkehrsmanagement als Basis für zukunftsweisende Dienste entwickeln (Effizienz, Erkennen ungeplanter Ereignisse, Routenempfehlungen) • Multimodale Dienste zur Unterstützung eines neuen Mobilitätsverständnisses in bestehende Netze integrieren (flexibles System mit neuen Mobilitätsdiensten)
<p>bmvit (2018b): 5G-Strategie. Österreichs Weg zum 5G-Vorreiter in Europa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Basis neuer Schlüsseltechnologien entwickelte Anwendungen und Dienste fördern, die allen Menschen im Land zur Verfügung stehen, um im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu sein • Industriestandort ausbauen und Wettbewerbsfähigkeit erhalten • Österreich zum Vorreiter in Europa und weltweit machen • Moderne und leistungsstarke Infrastruktur schaffen • Optimale Rahmenbedingungen für die Einführung von 5G schaffen • Flächendeckende 5G-Versorgung entwickeln
<p>bmvit (2016b): C-ITS Strategie Österreich. VerkehrsteilnehmerInnen vernetzen, Effizienz und Sicherheit im Verkehr fördern.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrssicherheit, Kommunikation, Fahrkomfort verbessern • Verkehrsinformationen für die NutzerInnen verbessern • Fahrzeugdaten und nutzerInnen generierte Daten anonymisieren • Bestehende Informationen und Daten aus der Straßeninfrastruktur ergänzen und validieren • C-ITS Dienste auch im untergeordneten Netz mithilfe von Mobilfunknetzen anbieten
<p>bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2016a): Automatisiert – Vernetzt – Mobil. Aktionsplan Automatisiertes Fahren Juni 2016.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die österreichischen Kompetenzen im Bereich des automatisierten Fahrens ausbauen • Effizienz, Sicherheit und Umweltverträglichkeit des Verkehrs stärken • Testinfrastrukturen aufbauen • Rechtsrahmen anpassen
<p>bmvit (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) (2018a): Aktionspaket automatisierte Mobilität. 2019-2022.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • verkehrlich sinnvoller und effizienter Einsatz automatisierter Mobilität unterstützen • Die Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Umfeld stärken • lebenswerte öffentliche Räume schaffen

Übersicht Regionale / städtische Politiken

Politikpapiere / Politikempfehlungen	Zentrale Ziele zum automatisierten Fahren
<p>Deutscher Städtetag (2018): Nachhaltige städtische Mobilität für alle. Agenda für eine Verkehrswende aus kommunaler Sicht. Positionspapier des Deutschen Städtetages.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sinnvolle Ergänzung zum ÖPNV diskutieren • Aktive Mitgestaltung durch die Kommunen fordern und Regu- lierungsbedarf feststellen • Digitalisierung und Verkehrsmanagement organisieren
<p>Perret et al. (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz / Zusammenfassung Grundlagenstudie (Phase A) und Vertiefungsstudien (Phase B).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen in den Berei- chen <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrstechnik • Daten + IT-Infrastrukturen • Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV) • Städte und Agglomerationen • Ressourcen, Umwelt, Klima • Güterverkehr / City-Logistik abschätzen und • Handlungsempfehlungen formulieren