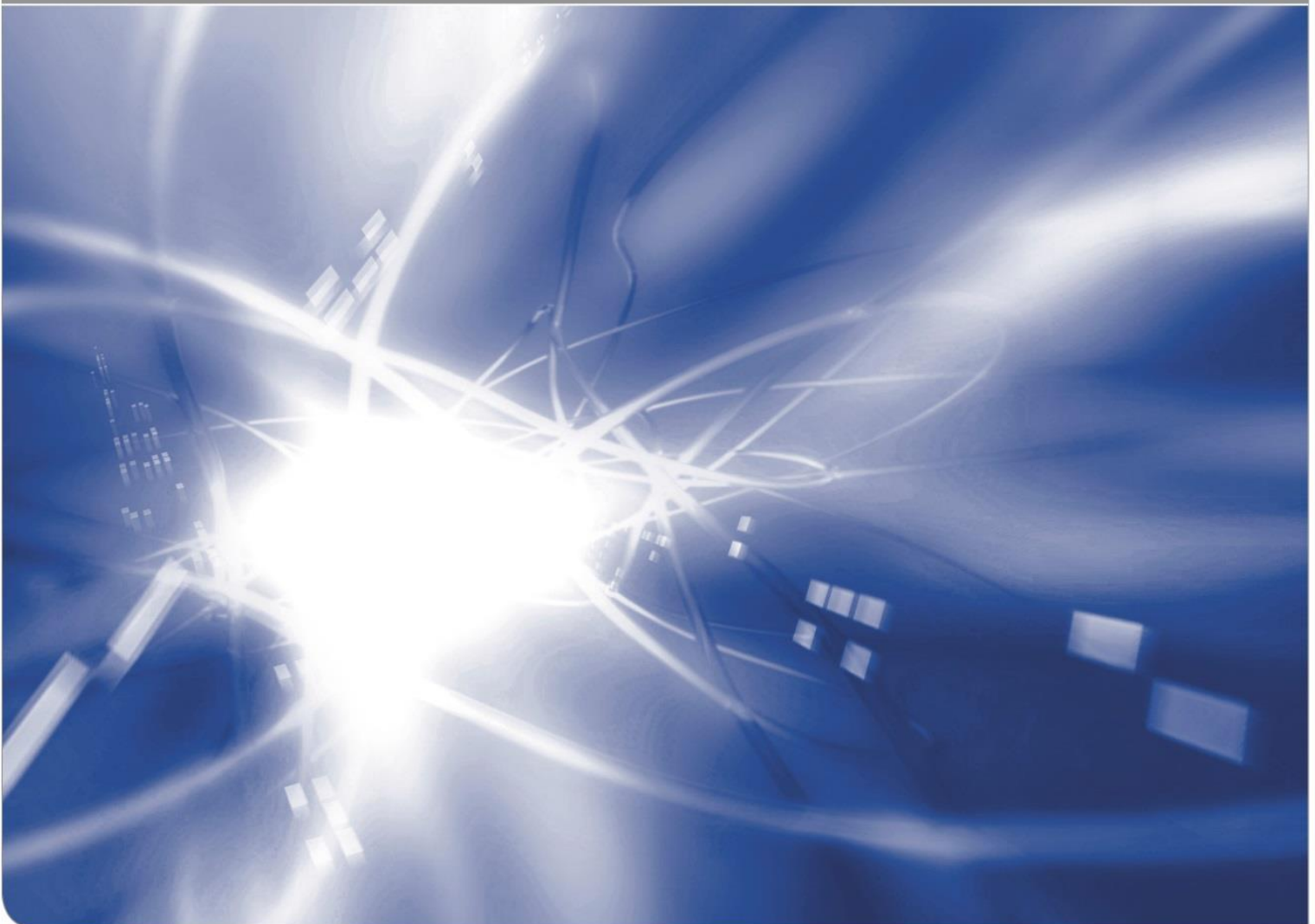


Perspektiven für Reallabore zum automatisierten Fahren im öffentlichen Verkehr

Diskussionspapier

von Max Reichenbach

KIT SCIENTIFIC WORKING PAPERS 164



Projektinformation:

Tech Center a-drive

Teilprojekt Möglichkeitsbedingungen und Folgen des automatisierten Fahrens
2016 – 2021

Förderung:

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Autor des Diskussionspapiers:

Max Reichenbach, KIT-ITAS

Empfohlene Zitationsweise:

Reichenbach, M. (2021): *Perspektiven für Reallabore zum Automatisierten Fahren im Öffentlichen Verkehr. Diskussionspapier*. KIT Scientific Working Paper Nr. 164. <https://doi.org/10.5445/IR/1000132693>

Genderhinweis:

Im Interesse der besseren Lesbarkeit wird im Text auf geschlechtsspezifische Differenzierungen verzichtet. Dies stellt keine Wertung dar; soweit nicht aus dem Kontext anders ersichtlich, sind mit dem männlichen Begriff stets alle Geschlechter gemeint.

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT-ITAS)
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
www.itas.kit.edu

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
www.kit.edu



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0):
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

2021

DOI: 10.5445/IR/1000132693

ISSN: 2194-1629

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1. Potentiale und Herausforderungen des automatisierten Fahrens	5
1.1. Wirkungsdimensionen des AF.....	5
2. Testfelder, Living Labs und Reallabore	10
2.1. Bezug zur gesellschaftlichen Akzeptanz des AF	11
2.2. Relevanz von Reallaboren für AF	11
3. Fokussierung auf die Perspektive „AF im ÖV“	13
4. Professionelle Akteure im ÖV.....	15
5. Mögliche Fragestellungen zu AF im ÖV	17
5.1. Aktivitäten innerhalb der ÖV-Branche.....	17
5.2. Wissenschaftlicher Diskurs zu AF und Transformation im Mobilitätssystem.....	19
6. Potentiale für Reallabore	21
6.1. Experimentieren für Nachhaltige Mobilität jenseits technischer Fragen	22
6.2. Entwicklung einer Diffusionsstrategie für AF im ÖV	24
6.3. Schnittstellen zu technischen Fragen	25
6.4. Bestehende Anknüpfungspunkte.....	25
7. Herausforderungen und Grenzen	26
7.1. Wissenschaftliche Erkenntnis vs. praktische Umsetzung	27
8. Fazit	27
Abkürzungsverzeichnis	29
Abbildungsverzeichnis	29
Tabellenverzeichnis	29
Literaturverzeichnis	30
Anhang	37
A1. Literaturliste zu Wirkungsdimensionen des AF	37
A2. Akteurskartierung ÖSPV Stuttgart / VVS	41
A3. Expertenmeinungen im Kontext des Tech Center a-drive	42

Zusammenfassung

Mit dem automatisierten Fahren befindet sich derzeit eine Mobilitätstechnologie in der Entwicklung, deren disruptives Potential in vielfältigen Dimensionen unstrittig ist. Mit ihr werden zahlreiche Hoffnungen verbunden, zugleich werden aber auch negative Auswirkungen befürchtet. Ein wichtiger Teilbereich der Entwicklungsaktivitäten betrifft aktuell die Erprobung in praxisnahen Testfeldern. Demgegenüber entfaltet sich gesellschaftlich und politisch zunehmend die Debatte zu einer Verkehrs- und Mobilitätswende als systemische Transformation des Mobilitätssystems. Diese Debatte wird umgekehrt unterstützt durch die transdisziplinäre Auseinandersetzung mit möglichen neuen Mobilitätsangeboten in unterschiedlichen Arten von Experimentierräumen.

Ihre Schnittstelle finden beide Themenstränge insbesondere im öffentlichen Verkehr. Als angestrebtes Rückgrat der Mobilitätswende ist dieser auf die Nutzung neuer technologischer Ansätze wie Möglichkeiten zur Automatisierung dringend angewiesen, um die gewünschte Angebotsqualität und Attraktivität herzustellen. Dabei stellen sich im komplexen Akteursgefüge und im dichten regulatorischen Korsett des öffentlichen Verkehrs zahlreiche Fragen, welche die technologischen Entwicklungen und die Anforderungen eines nachhaltigeren Mobilitätssystems miteinander ins Verhältnis setzen.

Das Diskussionspapier unternimmt den Versuch, die Potentiale für die Auseinandersetzung mit diesen Fragen im Kontext von Reallaboren aufzuzeigen. Die transdisziplinäre Ausrichtung von Reallaboren erscheint für die Unterstützung des erforderlichen gesellschaftlichen Diskurses ebenso geeignet wie ihre normative Ausrichtung auf nachhaltigkeitsorientierte Beiträge, die den Anforderungen der politisch – ebenso wie die Förderung technologischer Entwicklungen – zum Ziel gesetzten Verkehrs- und Mobilitätswende gerecht wird. Diskutiert werden daher mögliche Fragestellungen, die sich für die Bearbeitung im Kontext von Reallaboren zum automatisierten Fahren im öffentlichen Verkehr eignen, um so einen Beitrag dazu zu leisten, dass das disruptive technologische Potential für die Anforderungen einer nachhaltigeren Mobilität tatsächlich gewinnbringend genutzt werden kann.

1. Potentiale und Herausforderungen des automatisierten Fahrens

Das automatisierte Fahren (AF) ist eine Technologie, deren disruptives Potential weit mehr als eine rein technologische Weiterentwicklung des Automobils betrifft. Letzteres ist durchaus ein wesentlicher Aspekt, der bereits eine Vielzahl an komplexen Fragestellungen bedeutet und dem in einer Vielzahl von Projekten und von zahlreichen Akteuren große Aufmerksamkeit in der Forschung und Entwicklung geschenkt wird (Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung, 2015). Die heutige zentrale Rolle des Automobils im Mobilitätssystem mitsamt der vielfältigen heute identifizierten, sich daraus ergebenden Probleme und Herausforderungen bedeutet jedoch zugleich, dass eine potentiell disruptive Veränderung in diesem Bereich nicht nur die Technologie selbst betrifft. Vielmehr eröffnen sich darüber hinaus zahlreiche weitere, damit verbundene Fragestellungen und Perspektiven zahlreicher weiterer Akteure, welche die verkehrliche und gesellschaftliche Funktion und Bedeutung der nicht isoliert zu betrachtenden Technologie in den Blick nehmen. Die Probleme und negativen Auswirkungen des heutigen Mobilitätssystems u. a. hinsichtlich seiner Treibhausgasemissionen sowie der Auswirkungen auf die Umwelt und die Lebensqualität der Menschen führen dazu, dass insbesondere die Frage in den Blick gerät, wie sich die gesellschaftlichen Versprechungen des AF zu den Zielen der Verkehrswende verhalten bzw. welchen Beitrag das AF zur Erreichung derselben zu leisten vermag (Mitteregger et al., 2020; Orfeuill & Leriche, 2019; Stickler, 2020).

Die angedeuteten Diskussionen werden mit teilweise sehr unterschiedlichen Reifegraden geführt, die auch durch das bisher erreichte Stadium der Technologieentwicklung bedingt sind und es mit sich bringen, dass gegenüber sehr konkreten und kleinteiligen technischen Fragestellungen die weiteren Auswirkungen und Interaktionen mit dem Mobilitätssystem noch viel weniger präzise greifbar und die entsprechenden Diskurse wesentlich von Unsicherheitsfaktoren geprägt sind. Ein vermehrt diskutierter Ansatz, mit dieser Ungleichzeitigkeit umzugehen und die Entwicklungen und Diskurse intensiver in einen engeren gemeinsamen Dialog zu bringen, sind Reallabore. Deren Potential, die skizzierte Lücke in der bisherigen Auseinandersetzung zu möglichen Zukünften des AF zu schließen, bildet in diesem Diskussionspapier den Analyseschwerpunkt. Besonders vor dem Hintergrund der jeweiligen Betroffenheiten und möglichen zukünftigen Handlungserfordernisse liegt dabei der Fokus auf den Interessen und Ansprüchen professioneller Akteure in öffentlichen und privaten Organisationen, die mit den verschiedenen Fragestellungen im Zusammenhang stehen.

1.1. Wirkungsdimensionen des AF

Zur Annäherung an mögliche Zukünfte des AF erfolgt in diesem Abschnitt zunächst eine literaturgestützte Auswertung der erwarteten Wirkungsdimensionen des AF. Dabei wurden allgemeine Studien zu Mobilitätszukünften mit AF, Studien zu ausgewählten Teilaspekten des AF, Berichte von Kommissionen u. Ä., Studien zur Modellierung von AF, Szenariostudien und Veröffentlichungen von Beratungsunternehmen berücksichtigt. Der Aufbau des Literaturkorpus erfolgte durch Recherche in einschlägigen wissenschaftlichen Datenbanken und Literaturkatalogen, ergänzende Webrecherchen insbesondere für die nicht klassisch wissenschaftlichen Veröffentlichungen sowie eine iterative Ergänzung um weitere Studien, die in den jeweils bis dahin berücksichtigten Studien referenziert

waren (Recherchestand Mitte 2019). Die Erweiterung des Literaturkorpus wurde fortgeführt, bis in der parallel laufenden Auswertung eine Sättigung der identifizierten Wirkungsdimensionen festgestellt werden konnte. Die vollständige Literaturliste ist gesondert in Anhang A1 dargestellt.

Sämtliche einbezogenen Studien wurden darauf untersucht, welche Wirkungsdimensionen in den jeweiligen Untersuchungen, Folgenabschätzungen usw. berücksichtigt wurden. Die daraus kondensierte Liste von Wirkungsdimensionen wurde anschließend begrifflich vereinheitlicht und mit Kategorien und Unterkategorien aufbereitet. Die Liste der so identifizierten Wirkungsdimensionen ist in Tab. 1-1 dargestellt. Einige der identifizierten Wirkungsdimensionen konnten aufgrund der jeweiligen Fundstellen in den Studien (z. B. in eigenständigen Kapiteln zu Chance oder Risiken) klar einer Wahrnehmung als Chance (opportunity) oder Risiko (risk) der Entwicklung zum AF zugeordnet werden (siehe Tab. 1-1), andere sind neutral bzw. deskriptiv zu verstehen.

Im folgenden Analyseschritt wurden die in den einbezogenen Studien getroffenen Aussagen zu den identifizierten Wirkungsdimensionen daraufhin untersucht, für welche Gruppen von Akteuren sie relevant sind – insbesondere in dem Sinne, dass seitens dieser Akteure ggf. Handlungsbedarf zur Steuerung und Ausgestaltung möglicher Innovations- und Transformationspfade entsteht, um so auf unterschiedliche vorstellbare Mobilitätszukünfte hinarbeiten. Neben Bürgern und ‚Fahrern‘ als Nutzer möglicher AF-Fahrzeuge, Herstellern und politischen Akteuren galt das Augenmerk hier insbesondere auch den zentralen Akteursgruppen aus Planung und Betrieb des öffentlichen Verkehrs (ÖV). Die Schärfung in diesem Bereich (siehe auch Abschnitt 4) bildet die Grundlage für die Diskussion der Potentiale des AF im Verhältnis zu den Zielen der Verkehrswende (s.o.), für die der ÖV eine wesentliche Rolle spielt. In Tab. 1-1 sind die berücksichtigten Akteursgruppen als Spalten dargestellt; für jede Wirkungsdimension sind die relevanten Akteursgruppen gekennzeichnet.

Die Analyse der Wirkungsdimensionen ist einerseits umfassend, andererseits lässt sie dennoch einige mögliche ‚blinde Flecken‘ erkennen, die über mögliche Lücken im Recherchearaster hinausgehen: Der Güterverkehr wird in den berücksichtigten Untersuchungen nur in geringem Umfang und am Rande behandelt. Ein möglicher Grund dafür ist, dass Überlegungen in dieser Richtung bereits stärker u. a. in der Literatur zum sogenannten ‚Platooning‘ abgehandelt wurden, deren technische Ansätze teils noch von der klassisch steuernden Rolle des Fahrers im Fahrzeug an der Spitze eines ‚Platoons‘ ausgingen und bereits seit längerer Zeit diskutiert werden. In der Breite (siehe z. B. auch Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung (2015) – trotz dortigem Verweis auf die separat zu betrachtende Bedeutung des AF für den Güterverkehr) der aktuellen Diskussion bleibt der Güterverkehr jedenfalls eine Randerscheinung. Vor dem Hintergrund der hier untersuchten Fragestellung wurde jedoch auf eine vertiefende Zusatzrecherche in diesem Themenfeld verzichtet.

Eine weitere sichtbare Lücke betrifft eine breite Analyse möglicher Rebound-Effekte des AF, wengleich z. B. einzelne Themen wie die Nutzung der gewonnenen ‚Fahr-‘Zeit im Individualverkehr (insbesondere aus ökonomischer Perspektive) durchaus berücksichtigt werden. Rebound-Effekte spielen für zahlreiche der gesellschaftlichen Versprechungen des AF eine wichtige Rolle und wären damit auch bedeutsam für die Diskussion der Umweltauswirkungen einer breiten Anwendung von AF (auch in Wechselwirkung zu anderen Entwicklungen wie der zunehmenden Elektrifizierung von Fahrzeugflotten), zu denen ebenfalls nur indirekt (v. a. in Analysen zur möglichen Entwicklung der Fahrleistungen) in relevantem Umfang Aussagen getroffen werden. Gerade für diesen Themenbereich bietet ggf. die hier verfolgte Perspektive auf das mögliche Mit- oder Gegeneinanderverhalten von AF und Verkehrswende einen geeigneten Ansatzpunkt für zukünftige Analysen, die Wechselwirkungen zwischen diesen Politikfeldern und verkehrspolitischen Agenden in den Blick nehmen.

Tab. 1-1: Wirkungsdimensionen des AF und betroffene Akteursgruppen (Fortsetzung)

Dimensions	Citizens	Drivers	PT users	Other road users (incl. vulnerable)	PT operators	PT agencies	New service providers	Car manufacturers	Insurances	Local administration	Regional / federal administrations
Legal aspects											
Liability		•			•				•		•
Data and privacy		•	•			•	•	•	•		•
Cyber-security	•	•	•			•	•	•	•		•
Critical sub-system isolation								•	•		•
Autonomy vs. connected driving								•			•
Driver's licensing / driver education		•									•
Ethics											
Vehicle approval								•			•
Moral algorithms								•	•		•
Autonomy								•	•		•
Need of common sense								•	•		•
Error acceptance								•	•		•
Insurance and discrimination									•		•
Privacy	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Animal rights								•			•
Overruling by humans		•						•	•		•
Obligation of using AV?											•
Dependency on technical systems											•
Social aspects											
Joy of driving / driving experience		•					•	•			
Intrinsic utility of AVs		•					•	•			
Gender differences	•	•	•	•							
Individual vs. social acceptance	•	•									
Inclusion	•						•	•		•	•
Better access for elderly and disabled							•	•		•	•
Better access in low-density areas							•	•		•	•
Improved social equity							•	•		•	•
Travel behaviour		•	•	•		•				•	•
Activity schedules	•					•				•	•
New organisation of work	•							•			•
Job losses	•							•			•
Qualification of workers	•						•	•			•
Alcoholism, intoxication, public drunkenness	•										•
Isolation	•										•
Increased expectations for time use	•										
Loss of control	•										
Environmental aspects											
Resource consumption	•							•			•
Electricity and power								•			•
Affinity to alternative propulsion systems								•			•
Emissions	•							•			•
Less pollution	•							•			•

Tab. 1-1: Wirkungsdimensionen des AF und betroffene Akteursgruppen (Fortsetzung)

Dimensions	Citizens	Drivers	PT users	Other road users (incl. vulnerable)	PT operators	PT agencies	New service providers	Car manufacturers	Insurances	Local administration	Regional / federal administrations
Urban space and land use											
Quality of urban space	•			•						•	
Less space occupied by infrastructure	•			•						•	
Less space for parking	•	•		•						•	
AV storage	•	•			•	•	•			•	
Additional developable area	•									•	
Changing attractiveness of places to live	•					•				•	•
New type of city planning										•	•
Impact on spatial structures	•									•	•
Improved accessibility	•		•			•	•			•	•
Risk of urban sprawl	•									•	•
Transport system											
Efficiency in transport / infrastructure use	•	•				•	•			•	•
Problems by conformity with transport rules		•		•							•
Road capacity	•					•				•	•
Intersection capacity	•					•				•	•
Travel times	•		•		•	•	•				
Road infrastructure										•	•
Requirements for V2X communication							•	•	•	•	•
Handling of emergencies and system failures		•	•	•	•		•	•	•	•	•
Lower transport costs	•	•	•		•		•				
Less congestion	•	•	•		•		•				
Vehicle occupancy – higher or lower?										•	•
Handover situations		•					•	•	•		•
Need for real-time data					•	•	•	•	•	•	•
Mixed traffic		•		•	•			•	•		•
Transport demand	•		•		•	•	•			•	•
Increased convenience / comfort	•		•		•	•	•			•	•
New valuation of travel times? / travel disutility	•	•					•			•	•
More mobility choices	•		•		•	•	•			•	•
Blurring borders: private or public transport	•	•	•		•	•	•			•	•
AVs as public transport			•		•	•	•			•	•
Improve public transport in sub-urban/rural areas	•	•	•		•	•	•			•	•
Impact on modal split	•		•			•	•			•	
Impact on public transport	•		•			•	•			•	
Challenge for freight rail											•

Zu beachten ist bei der Bewertung der genannten Lücken in den Wirkungsdimensionen der o. g. Recherchezeitraum Mitte 2019. Dadurch konnten einige neuere Studien nicht mehr für diesen Arbeitsschritt berücksichtigt werden, die die genannten Lücken zumindest teilweise zu füllen vermocht hätten (so z. B. zum Teilaspekt Emissionen der Umweltwirkungen Krail et al., 2019). Trotz der identifizierten Lücken erfüllt die kondensierte Analyse der Wirkungsdimensionen ihren zentralen Zweck, indem die unterschiedlichen Betroffenheiten der verschiedenen Akteursgruppen von möglichen Zukünften des

AF sichtbar werden. Dabei kommt es nicht auf jedes einzelne Detail an, wo sich über das Für und Wider der Betroffenheit bestimmter Akteursgruppen von bestimmten Wirkungsdimensionen jeweils ausführlich diskutieren ließe. Vielmehr schafft die vorgestellte Übersicht – gegenüber einem intuitiven, jedoch diffusen Eindruck, dass das für eine komplexe Technologie wie das AF selbstverständlich so sein müsse – ein konkreter greifbares Bewusstsein für die Unterschiedlichkeit möglicher Fragestellungen rund um die Ausgestaltung des AF, deren Beantwortung entsprechend unterschiedliche Herangehensweisen nahelegt. Die direkte Gegenüberstellung bietet außerdem einen Interpretationsansatz für die in zahlreichen der einzelnen Studien wahrzunehmende Einseitigkeit der Darstellung von Chancen und/oder Risiken des AF, die so in Relation zu den jeweils eingenommenen (Akteurs-)Perspektiven zu setzen sind. Schließlich bietet sie Anknüpfungspunkte, um unterschiedliche Teilaspekte der AF-Debatte mit unterschiedlichen Politikfeldern (etwa von Industriepolitik über Gesundheitspolitik zur Klimapolitik) in Beziehung zu setzen.

2. Testfelder, Living Labs und Reallabore

Die obige Analyse der Wirkungsdimensionen des AF illustriert die vielfältigen und ausgeprägten Unsicherheiten, die für die Zukunft des Mobilitätssystems in den möglichen Ausgestaltungen des AF liegen. Vor diesem Hintergrund wird zunehmend ein Bedarf artikuliert, ausgetretene Planungspfade zu verlassen und mit mehr Mut zum Versuch neuartige Lösungsansätze auszuprobieren, um solche Mobilitätzukünfte gezielt kennenzulernen und mitzugestalten (Lyons & Davidson, 2016). Ein dabei aktuell vieldiskutiertes Instrument sind im weitesten Sinne ‚experimentelle‘ Ansätze, wobei im Detail unterschiedliche Begriffe wie „Reallabore“, „Living labs“ oder auch „Testfelder“ genutzt werden (Parodi et al., 2017), welche nicht nur teilweise sich überlappende Ansätze bezeichnen sondern häufig zwischen den unterschiedlichen Fachkreisen inkonsistent verwendet werden.

Den unterschiedlichen Ansätzen ist gemein, dass sie einen geschützten Raum bieten sollen, in dem z. B. neue technologische Lösungen ebenso erprobt wie das Wechselspiel zwischen Technologie und Nutzern einbezogen werden, wozu der geschützte Raum beispielsweise auch erlaubt, regulatorische Hürden für einzelne Experimente zu umgehen, um gangbare Wege zu identifizieren. Die Ansätze unterscheiden sich jedoch – trotz der begrifflichen Überlappungen – wesentlich darin, um welche Fragestellungen es geht bzw. gehen soll, welche Akteure einbezogen sind und mitgestalten können, welcher wissenschaftliche Erkenntnisanspruch besteht sowie welche normative Zielorientierung ggf. einen Überbau bildet (McCroory et al., 2020).

So steht auf einer Seite eine eher technisch orientierte Perspektive, die „Reallabore“ insbesondere als nötig und/oder hilfreich erachtet, um neue Technologien schneller und zielgerichteter fit für die Praxis zu machen, indem diese in realitätsnaher Umgebung erprobt werden und Nutzerfeedback einbezogen wird (z. B. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2019). Demgegenüber geht es Ansätzen wie den „Urban transition labs“ wesentlich um Transdisziplinarität und das klar normativ geprägte Anstoßen gesellschaftlichen Wandels in Richtung mehr Nachhaltigkeit (z. B. Nevens et al., 2013). Letztere Ansätze lassen sich dabei u. a. je nach Fokus auf die realweltlich erreichte Wirkung und nach dem innerwissenschaftlichen Erkenntnisinteresse differenzieren, was sich z. B. auf die eingesetzten Methoden und Feedbackschleifen auswirkt. Mit einem weiteren, normativ geprägten Verständnis sind hier insbesondere „Reallabore“ im Sinne von Schneidewind et al. (2018) oder Parodi et al. (2017) zu nennen.

2.1. Bezug zur gesellschaftlichen Akzeptanz des AF

Die unterschiedlichen Ansätze stehen damit auch in einer engen Relation mit den jeweils betrachteten Dimensionen einer weit verstandenen Akzeptanz möglicher sozio-technischer Zukünfte (Upham et al., 2015): Als Teil der gesellschaftlichen Akzeptanz einer Technologie ist hier nicht nur die Akzeptanz im ‚Markt‘ durch Nutzer bzw. Käufer zu sehen (die häufig berücksichtigt wird und insbesondere für Technologieunternehmen für den späteren (wirtschaftlichen) Erfolg einer Innovation ja auch essentiell ist), sondern es geht insbesondere auch um die Akzeptanz bei Nicht-Nutzern bzw. Betroffenen von Technologien sowie um die sozio-politische Akzeptanz im Institutionengefüge (Fünfschilling & Truffer, 2014), mithin um Institutionalisierungsprozesse.

Auch konkret mit Bezug auf das Mobilitätssystem erfährt vermehrt die Tatsache Aufmerksamkeit, das in Prozessen des sozio-technischen Wandels eben gerade nicht nur jene Akteure oder Akteursgruppen Aufmerksamkeit verdienen, die für Entwicklung technologischer Lösungsansätze stehen („technology constituencies“ (Goyal & Howlett, 2018) oder „enactors“ (Rip, 2006)). Vielmehr sind parallel auch jene Akteure und Akteursgruppen wesentlich, die an der Entwicklung und Aushandlung politischer und regulatorischer Strategien und Rahmenbedingungen sowie Auswahlentscheidungen als Governance beteiligt sind („instrument constituencies“ (Goyal & Howlett, 2018) oder „selectors“ (Rip, 2006)).

Dies gilt umso mehr, als es bei den aktuellen Herausforderungen nachhaltiger Mobilität zentral um normativ geprägte und gesellschaftlich ausgehandelte Fragen geht, so dass eine (marktorientierte) Fokussierung auf Akzeptanz im Sinne von Nutzerakzeptanz zu kurz greift und wesentliche Einflussdimensionen auf den sozio-technischen Wandel ausblendet (Hausknost & Haas, 2019). Zu unterstreichen ist hier der dynamische Innovationsprozess, in dem es nicht um eine linear aufeinander folgende Bearbeitung der unterschiedlichen Fragestellungen geht, sondern (auch in frühen technologischen Entwicklungsstadien) beide Seiten ko-evolutionär verflochten sind und beidseitig getroffene Entscheidungen und Entwicklungen sich damit gegenseitig beeinflussen (Geels, 2014; Hausknost & Haas, 2019; Rip, 2010).

2.2. Relevanz von Reallaboren für AF

Aus welchen Perspektiven haben nun die oben diskutierten experimentellen Ansätze Bedeutung für das AF? Dazu ist es wesentlich, vor dem Hintergrund der in Kap. 1.1 identifizierten Wirkungsdimensionen des AF zwei Diskussionsstränge und die mit ihnen jeweils verbundenen Fragestellungen zu unterscheiden, zu deren Beantwortung Reallaboransätze etc. jeweils entsprechend unterschiedliche Beiträge liefern können:

- (Weiterentwicklung der) Technologie AF
- (Ausgestaltung des) AF im Mobilitätssystem

Einerseits ist also die intensive Debatte zu beachten, die sich rund um die technische Machbarkeit und geeignete technologische Entwicklungspfade hin zum AF entfaltet. Diese sind verbunden mit vielfältigen technologischen Fragestellungen, die sich im Wesentlichen auf diejenigen Wirkungsdimensionen beziehen, welche in Tab. 1-1 unter den Stichworten „Safety“, „Economic aspects“, „Legal aspects“ und „Ethics“ sowie unter „Social aspects“ (teilweise) aufgeführt sind. Zentral geht es dabei um Fragestellungen, mit denen z. B. Automobilhersteller, Versicherungen sowie Anbieter heutiger und

neuer, AF-basierter Mobilitätsangebote konfrontiert sind und die durch die Forschung, Ministerien und die Politik begleitet werden. Zur Beantwortung erscheinen aus den oben vorgestellten Instrumenten u. a. eher technologieorientierte Testfelder (oder auch Reallabore im Sinne des BMWi, 2019) geeignet, in denen Transdisziplinarität nur eine eingeschränkte Rolle spielt und insbesondere eine intensive Einbindung potentieller Nutzer*innen der Technologie aufgrund der immer noch frühen Phase der Entwicklung herausfordernd und tendenziell auf Einzelfragen beschränkt ist.

Demgegenüber ist jedoch zu berücksichtigen, dass für die konkrete Ausgestaltung des AF eine Bandbreite von Szenarien diskutiert wird, die vom Wünschenswerten („heaven“: sichere, lärm-reduzierte, nahtlose, effiziente, geteilte Mobilität) bis zum Befürchteten („hell“: massive Zunahme des motorisierten Individualverkehrs (MIV), weitere Zersiedelung usw.) reicht (Chase, 2014; Creger et al., 2019; Fraedrich et al., 2015). Diese unterschiedlichen Zukünfte des AF sind eng verbunden mit der Debatte um die Verkehrswende hin zu insgesamt nachhaltigerer Mobilität, die wissenschaftlich und in der breiten Öffentlichkeit (z. B. in Diskussionen und Volksabstimmungen zu Mobilitätsgesetzen u. Ä.) an Bedeutung zunehmen. Mobilität wird darin als ein komplexes sozio-technisches System betrachtet, in dem einzelne Technologien nur Bausteine für bestimmte mögliche Zukünfte sind. Wesentlich ist in dieser Debatte stattdessen die normative Orientierung auf Nachhaltigkeit, die u. a. in die Kernstrategien der Verkehrsvermeidung, -verlagerung und -verbesserung (Effizienzsteigerung) mündet (Canzler & Knie, 2018). Vor diesem Hintergrund werden die Engführungen von Testfeldern und technologischer Entwicklung auch dort, wo sie sich der ‚Realität‘ auszusetzen vorgeben, zu einem wesentlichen Mangel (Hopkins & Schwanen, 2018).

Für die Auseinandersetzung mit der Verkehrswende bzw. unterschiedlichen Mobilitätsszukünften sind mithin die normative Orientierung auf nachhaltige Mobilität und die starken transdisziplinären Elemente von Reallaboren und Urban Transition Labs im oben vorgestellten breiteren Sinne von zentraler Bedeutung. Damit rücken neben den auch in dieser Perspektive relevanten Forschungseinrichtungen, Ministerien und der Politik zusätzlich weitere Akteure ins Blickfeld: Mit Blick auf das AF im Mobilitätssystem werden z. B. weitere Regulierungsbehörden, Aufgabenträger des Nahverkehrs oder öffentliche Verkehrsunternehmen mit Blick auf die Rolle des AF im ÖV, lokale Verwaltungen sowie die Zivilgesellschaft zu relevanten Akteuren und es geht wesentlich auch um die Zielrichtungen von deren Handeln (vgl. Pel et al., 2020). Herausfordernd wird dies zusätzlich durch die Tatsache, dass es hierbei nicht nur um eine Ergänzung der Perspektive geht, sondern durch die Gegenüberstellung der beiden Perspektiven starke Zielkonflikte aus dem Abstrakten treten und konkret werden (z. B. Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie vs. MIV-Reduktion zur Belastungsminderung). In der Gesamtperspektive ‚technologische Zukunft des AF im Mobilitätssystem‘ ergibt sich mithin ein „wicked problem“ (Rittel & Webber, 1973), auf das es keine Antworten mehr geben kann, welche die Anforderungen aller Akteure gleichermaßen und gleichzeitig erfüllen können.

Die Vielschichtigkeit der Aspekte gesellschaftlicher Akzeptanz des AF und ihre Verwobenheit mit möglichen transdisziplinären Forschungsansätzen zur Auseinandersetzung mit den jeweiligen Fragestellungen ist in Abb. 2-1 zusammenfassend dargestellt. Deutlich wird hier, dass es ein Fokus auf die „Zukunft des AF“ zu kurz greift: Es macht vielmehr einen großen Unterschied, ob es darum geht, wie die „Technologie AF“ weiterzuentwickeln ist, oder um die Frage, welche Rolle „AF im Mobilitätssystem“ übernehmen soll. Deutlich wird dies z. B. an niederländischen Beispielen, die von Manders et al. (2018) untersucht wurden und entlang derer die unterschiedlichen Akteure als Treiber sichtbar werden, je nachdem, ob es in den betrachteten Experimenten um die Fahrzeugentwicklung oder neue Formen von Mobilitätsangeboten geht. Zu beobachten ist jedoch zugleich, dass insgesamt

betrachtet die Perspektive auf das AF im Mobilitätssystem deutlich zu kurz kommt und die Debatte stattdessen wesentlich durch das technologisch geprägte Thema Weiterentwicklung des Automobils dominiert wird (Stickler, 2020). Die in den folgenden Abschnitten gemachten Schlussfolgerungen sind insofern als Reaktion auf diese problematisierende Feststellung zu verstehen.

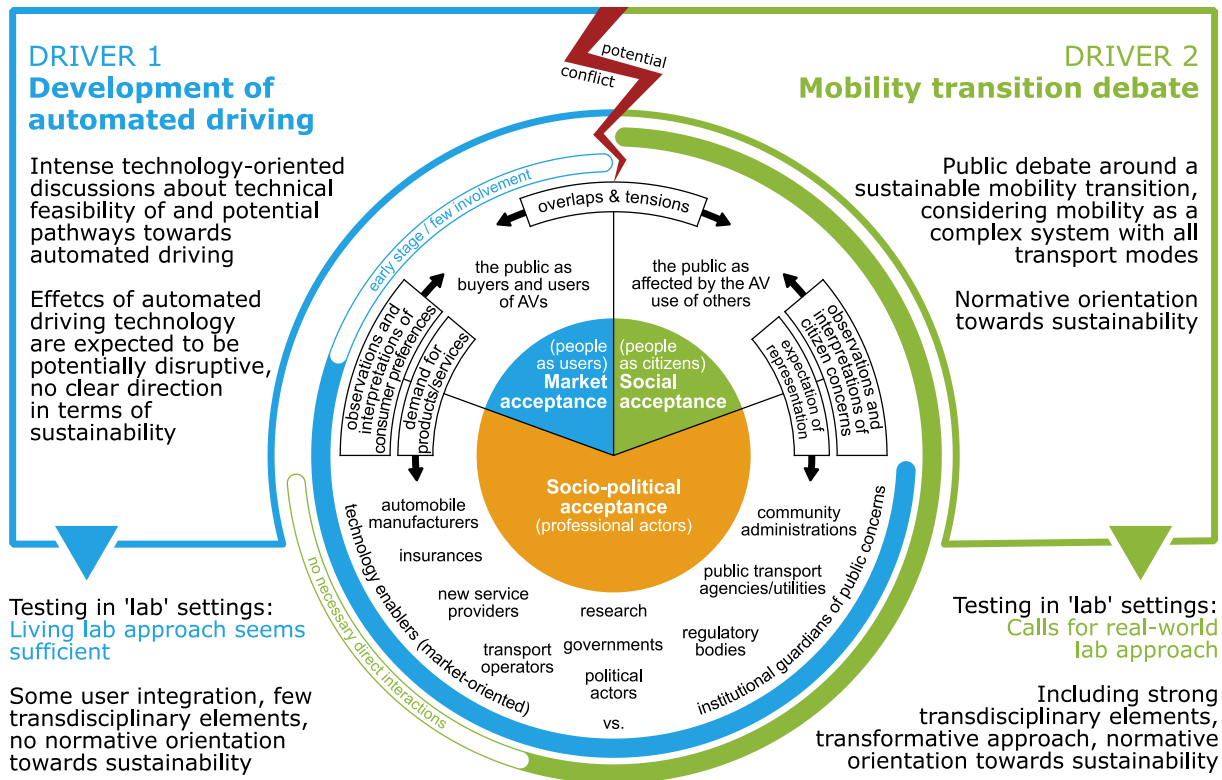


Abb. 2-1: Akzeptanzdimensionen und Reallaboransätze für AF-Mobilitätssysteme
Eigene Grafik.

3. Fokussierung auf die Perspektive „AF im ÖV“

In den vorangehenden Abschnitten wurde deutlich, dass die offenen Fragen zu möglichen Zukünften des AF vielfältig sind und auch Reallabore und ähnliche Ansätze grundsätzlich wichtige Antworten in der Debatte geben können. Für die folgende Auseinandersetzung mit den konkreten Potentialen der Reallaborforschung wird der Fokus jedoch klar auf die Perspektive „Rolle des AF im Mobilitätssystem“ gelegt, wofür wesentlich ein Doppelargument spricht:

- Die oben diskutierte alternative Perspektive „Technologie des AF“ hängt im Kern u. a. zusammen mit den global ausgerichteten Diffusionspolitiken für AF der bestehenden Automobilhersteller, Digitalkonzerne und weiterer in diesem entstehenden Markt aktiven Unternehmen wie wichtige Zulieferer. Diese erscheinen insgesamt nur am Rande durch regionales Handeln und regionale Impulse (beispielsweise durch die Politik der deutschen Bundesländer) beeinflussbar, dabei geht es primär um wirtschafts- und industriepolitische Argumente.

- Die Perspektive „AF im Mobilitätssystem“ ist dagegen unmittelbar verbunden mit der gesellschaftlichen Debatte zur Verkehrswende, die zwar nicht ausschließlich, aber doch wesentlich auch auf lokaler und regionaler Ebene geführt wird und dort Handlungs- und Gestaltungsspielräume bietet. Sie bietet damit auch direkte Anknüpfungspunkte für die (mobilitätsbezogene) Landespolitik. Dies spiegelt auch die starke Rolle staatlicher oder indirekt staatlicher Akteure in der Innovationsgestaltung des AF für die Verkehrswende bzw. konkret im ÖV wider.

Überdies ist die zweite Perspektive, wie oben dargestellt, bisher in der Debatte zum AF ohnehin unterrepräsentiert (vgl. Stickler, 2020) und verdient auch deswegen vermehrte Aufmerksamkeit. Dies ist auch im politischen Dialog erkannt und als Herausforderung benannt (u. a. Abb et al., 2020; Zebralog GmbH & Fraunhofer ISI, 2020).

Eine weitere Fokussierung im Detail betrifft die Einschränkung auf den Straßenverkehr (im ÖV also konkret den Öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV)). Im Schienenverkehr (sowohl im Bereich Eisenbahn als auch bei Straßenbahnen) gibt es ebenfalls Bestrebungen, die in Richtung einer zunehmenden Automatisierung und Vernetzung weisen. Zentrale Ziele sind dabei Verbesserungen im Bereich Sicherheit und Kapazität der bestehenden Infrastruktur¹, die linienförmige Art des Angebots für die Fahrgäste bleibt jedoch logischerweise erhalten, so dass Fragen rund um (für den Nutzer) grundlegend neue Mobilitätsangebote und Fragen zur Rolle von Schienenverkehrsmitteln im Mobilitätssystem sich hier nicht in gleicher Weise stellen wie im ÖSPV². Auch eine mögliche Relevanz von Reallaborforschung für eine Anwendung des AF im öffentlichen Fernverkehr wird im Folgenden nicht näher betrachtet. Des Weiteren sind im Güterverkehr die betroffenen Akteurskonstellationen im Zusammenhang mit möglichen Einsatzmöglichkeiten des AF grundlegend anders, so dass diese hier ebenfalls nicht näher betrachtet werden, um eine konzentrierte Auseinandersetzung und nutzbare Ergebnisse sicherzustellen.

Die hier dargelegte Fokussierung auf die Perspektive „AF im Mobilitätssystem“ bedingt zugleich eine eindeutige Präferenz für das geeignete Reallaborverständnis: Es geht im Folgenden zentral um breit verstandene Reallaboransätze mit starken transdisziplinären Elementen und transformativem, auf nachhaltige Mobilität hin orientiertem Anspruch. Um deren Potentiale sinnvoll einordnen zu können, liefert der folgende Abschnitt exemplarisch für eine Region eine Akteursanalyse des ÖSPV, aus der im Anschluss mögliche und geeignete Fragestellungen abgeleitet werden.

¹ In diesem Zusammenhang bestehen durchaus ebenfalls komplexe technologische Herausforderungen, für die auch technisch orientierte Reallaboransätze als ein Mittel der Technologieentwicklung gesehen werden (z. B. Alstom, 2020; Deutsche Bahn, 2020), diese werden hier jedoch analog zu den technologisch ausgerichteten Testfeldern im Bereich AF (s. o.) nicht näher betrachtet.

² Zu erwarten sind dagegen durchaus Rückkopplungseffekte, indem neuartige, AF-basierte ÖSPV-Angebote zukünftig beeinflussen und verändern, wo die Grenzen zwischen der Eignung unterschiedlicher Verkehrsmittel in den unterschiedlichen Einsatzzwecken im ÖV-System gezogen werden. Auslöser ist hier aber der zu betrachtende ÖSPV mit seinen zukünftigen Möglichkeiten und nicht die parallel vorstellbare Automatisierung im Schienenverkehr an sich. Dort mögen sich zwar insbesondere durch verringerte Personalkosten Veränderungen bei den Unterschwellen der Wirtschaftlichkeit und damit ebenfalls Auswirkungen der Automatisierung auf das Angebot (inkl. entsprechende Potentiale für die Verkehrswende) ergeben, jedoch eben keine grundsätzlich neuen Angebotsformen aus Nutzersicht.

4. Professionelle Akteure im ÖV

Für die Zukunft des AF als Beitrag zur Verkehrswende ist wesentlich, welche Funktion das AF in Form neuer Mobilitätsangebote *im ÖV* übernimmt (s. o.). Zugleich verdeutlichen die Ausführungen zu den Möglichkeiten von Reallaborforschung die komplexen Akteurskonstellationen, die hierfür eine Rolle spielen und in der Konzeption von Reallaboren berücksichtigt werden müssen.

Um diese Akteurskonstellationen zu analysieren und Schlussfolgerungen für die Konzeption von Reallaboren zum AF im ÖV ableiten zu können, wird im Folgenden das Akteursgefüge einer komplexen Region exemplarisch dargestellt. Für diese Analyse wurde die Region Stuttgart mit dem Gebiet des Verkehrs- und Tarifverbunds Stuttgart (VVS) ausgewählt. Zwei Charakteristika machten die Region Stuttgart hierbei zu einem geeigneten Fallbeispiel: Erstens lief zum Analysezeitpunkt (2018) das Projekt „Reallabor Schorndorf“ (Brost et al., 2019) in der Förderlinie „Reallabore Stadt“ des baden-württembergischen Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg [MWK], 2018) und bot damit bereits ein Beispiel vor Ort, welche Akteure in ein derartiges Reallabor eingebunden werden können. Zweitens wurde mit dem Angebot „SSB Flex“ in der Stadt Stuttgart vor Ort seitens der etablierten ÖV-Betreiber bereits mit einem weiteren neuartigen und flexiblen On-Demand-Angebot experimentiert. Beide sind in der Analyse näher dargestellt. Zusammen ergaben sich daraus zusätzliche Einblicke in das Akteursnetzwerk, die über ein als ‚typisch‘ anzunehmendes ÖV-Akteursnetzwerk einer Metropolregion hinausgehen und den Fall damit besonders interessant machen.³

Ausgangspunkt für die Kartierung der Akteure bildeten die im Gebiet des VVS zum Analysezeitpunkt bestehenden Angebote des ÖSPV (ohne Taxiverkehr). Zu diesen wurden die verschiedenen konkret involvierten Betreiber, die zuständigen Gebietskörperschaften als die jeweiligen Aufgabenträger sowie deren Verflechtungen untereinander (inklusive Zusammenschluss im VVS selbst) analysiert. Die Rolle des Landes Baden-Württemberg und seiner nachgeordneten Stellen wurde ebenfalls berücksichtigt. Speziell angesichts der großen Relevanz der Zugangsmedien für mögliche zukünftige, neuartige Mobilitätsangebote bildeten die Auskunftsmöglichkeiten und Buchungsmöglichkeiten für die ÖSPV-Nutzung einen zweiten Ausgangspunkt der Analyse. Hier spielen im Hintergrund insbesondere verschiedene IT-Dienstleister eine Rolle, die jeweils bestimmte Dienstleistungen und insbesondere verschiedene Smartphone-Apps bereitstellen.⁴ Darüber hinaus und insbesondere auch mit Blick auf die dahinterliegende Dateninfrastruktur spielen außerdem verschiedene brancheninterne Vernetzungsaktivitäten eine Rolle, in denen Akteure zusammen mit überregionalen Akteuren zusammenwirken und wiederum Dienstleistungen für die gesamte Branche bereitstellen (hier im Sinne des

³ Parallel zu den Aktivitäten in Schorndorf und Stuttgart gab es innerhalb Baden-Württembergs im Jahr 2018 insbesondere in Karlsruhe in Form des Testfeldes Autonomes Fahren Baden-Württemberg Aktivitäten in Bezug auf AF, jedoch noch ohne tatsächliche ÖV-Integration und mit technisch orientiertem Fokus der Fragestellungen und damit nur eingeschränkt relevant für Fragen zum AF aus Verkehrswende-Perspektive (vgl. Abschnitt 2). Das aus dieser Perspektive und zukünftig mit Blick auf AF interessante und inzwischen ausgeweitete On-Demand-Angebot „myShuttle“ des Karlsruher Verkehrsverbunds wurde erst 2019 mit einer Testphase gestartet.

⁴ Die oben genannten Angebote SSB Flex und der Bedarfsverkehr im Reallabor Schorndorf zeigen hierbei einen interessanten Unterschied: SSB Flex wird vom städtischen Verkehrsunternehmen SSB betrieben, Buchung und Fahrtenplanung unterstützt(e) im Hintergrund Moovel (2018 zum Daimler-Konzern gehörig) (ab 2021 Anbieterwechsel zu ViaVan). Im Forschungskontext des Reallabors waren dagegen neben dem mittelständischen Betreiber verschiedene Forschungseinrichtungen, jedoch keine marktorientierten IT-Dienstleister beteiligt.

Gesamtsystems ÖV, also insbesondere zusätzlich mit Schienenpersonennahverkehr (SPNV), teilweise auch Fernverkehr). Schließlich wurde eine Reihe multimodaler Vernetzungsaktivitäten berücksichtigt, deren Dienstleistungen und insbesondere Apps ebenfalls Zugriff auf ÖSPV-Angebote bieten und die wiederum teilweise von z. B. ÖSPV-Betreibern selbst oder Aufgabenträgern getragen werden.

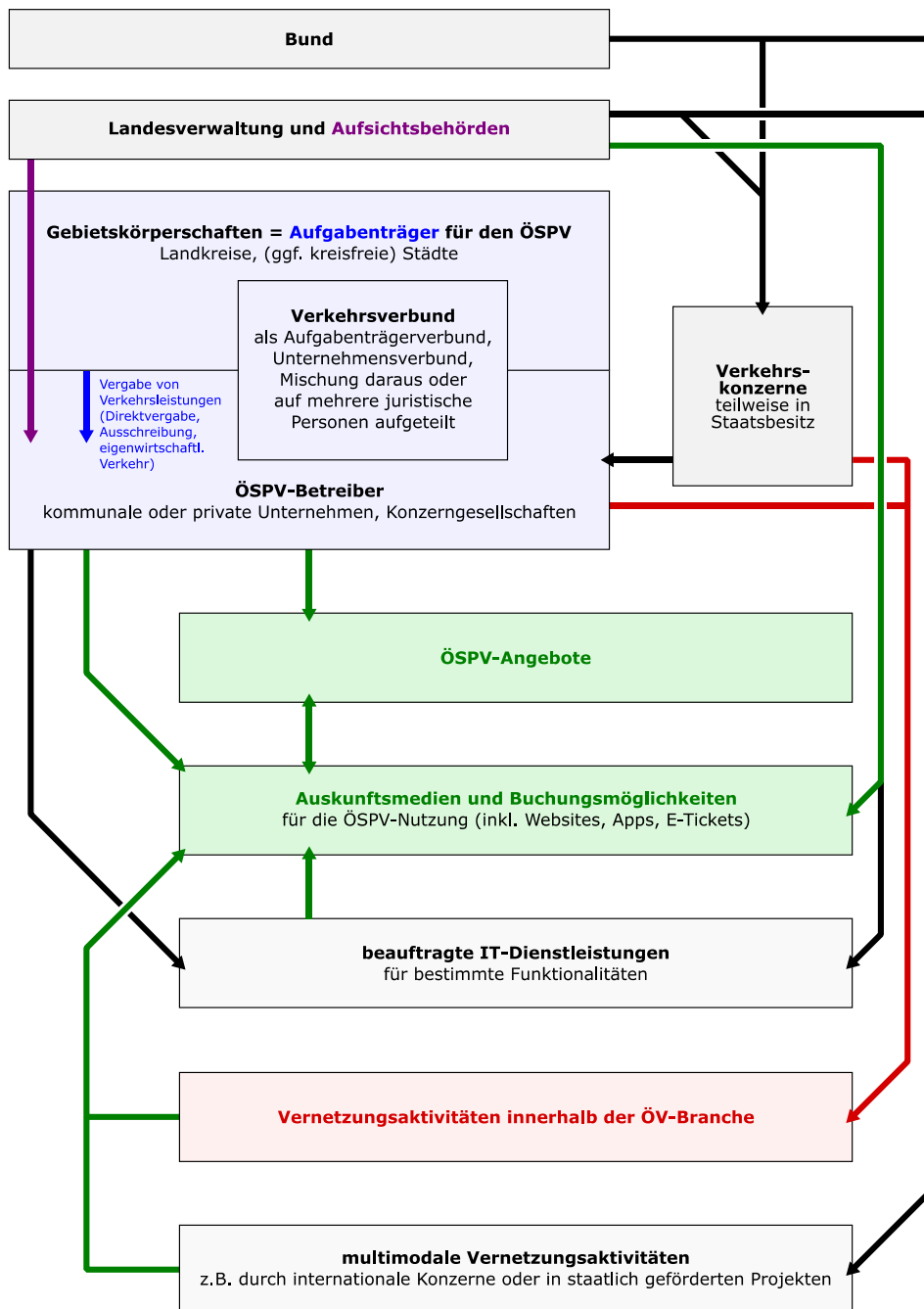


Abb. 4-1: Grundlegende Akteursstruktur im ÖSPV

Die Abbildung stellt vereinfacht die zugrundeliegenden Akteurskonstellationen in der Organisation des ÖSPV dar und abstrahiert die Erkenntnisse aus der exemplarischen detaillierten Analyse von Akteuren und Akteursbeziehungen für den Raum des Verkehrsverbundes Stuttgart, die in Anhang A2 grafisch dargestellt ist. Eigene Grafik.

Die vollständige Akteursanalyse ist aus Darstellungsgründen im Anhang A2 abgebildet. Die Grafik zeigt in einem abgestuften Farbschema die vorgestellten Akteursgruppen und die verschiedenen Teilfunktionen im ÖSPV-System, soweit erforderlich sind einzelne Beziehungen im Beziehungsgeflecht in der Grafik textlich konkretisiert. Abb. 4-1 stellt dagegen in vereinfachter Form das grundsätzliche Akteursgefüge entlang der oben ausgeführten Akteursgruppen dar und ist in seiner generalisierten Darstellung der jeweiligen Funktionen und grundsätzlichen Beziehungen als übertragbar auf das ÖSPV-System in anderen Regionen anzusehen.

In der Akteursanalyse werden verschiedene Anknüpfungspunkte und insbesondere die Akteursgruppen mit jeweils eigenen Handlungs- und Einflussmöglichkeiten sichtbar, die für die Konzeption möglicher Reallabore wesentlich sind. Diese werden in den folgenden Abschnitten jeweils aufgegriffen, um die Potentiale möglicher Reallaborforschung zu verdeutlichen.

5. Mögliche Fragestellungen zu AF im ÖV

In diesem Abschnitt werden verschiedene Fragestellungen vorgestellt, die sich rund um die Ausgestaltung möglicher zukünftiger AF-basierter Angebote im ÖV stellen. Am Anfang steht ein Überblick über die zu beobachtenden Aktivitäten innerhalb der ÖV-Branche. Es folgt ein Überblick auf Fragestellungen, die sich aus dem übergreifenden wissenschaftlichen Diskurs zur Transformation des Mobilitätssystems ergeben, soweit sich dort Anknüpfungspunkte für das AF ergeben. Im Rahmen des Tech Center a-drive waren auch eigene Expertenabfragen vorgesehen, die jedoch aufgrund geringer Resonanz bzw. unter den Bedingungen der Pandemie im Jahr 2020 leider keine verwertbaren Ergebnisse brachten, diese sind genauer in Anhang A3 dargestellt.

5.1. Aktivitäten innerhalb der ÖV-Branche

Innerhalb des ÖV-Sektors ist das AF als ein wesentliches Thema erkannt, dessen Auswirkungen auf die eine andere Weise auch die Akteure des Sektors betreffen und/oder beeinflussen werden. Ein Resultat ist die Vielzahl an Pilotprojekten, Versuchsbetrieben, Kooperationen mit Industrieakteuren oder Forschungsinstitutionen, um sich insbesondere auf Ebene der ÖSPV-Betreiber, ggf. als Teil von Verkehrskonzernen mit teils internationalen Aktivitäten, mit den technischen Anforderungen eines ‚fahrerlosen ÖV‘ auseinanderzusetzen (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen [VDV], 2021). Durch die in vielen Fällen sehr gut abzugrenzenden Einsatzstrecken potentieller AF-Fahrzeuge im ÖV liegt hierbei ein besonderes Augenmerk auf den Möglichkeiten bereits bei Level 4 (‚high driving automation‘; AF-Fähigkeit ohne Eingriffsnotwendigkeit für einen Fahrer, jedoch nur in definierten Einsatzbereichen) nach SAE-Nomenklatur (SAE International, 2018).

Neben diesen unmittelbar auf AF-Technologie bezogenen Aktivitäten ist eine weitere Vielzahl von Projekten zu beobachten, in denen neue, flexible Angebotsformen des ÖV getestet werden, die über bisherige Bedarfsangebote hinausgehen: Vor dem Hintergrund der heutigen Möglichkeiten der Digitalisierung können hierbei nicht nur die Buchungsmöglichkeiten bequemer gestaltet werden (v. a. über Apps und mit kürzeren Fristen), sondern im Hintergrund in der Zusammenarbeit mit verschiedenen, hierauf spezialisierten IT-Dienstleistern u. a. auch die resultierenden Fahrten effizienter disponiert werden. In der Analyse des VVS (siehe Abschnitt 4) tauchen mit dem Angebot

SSB-Flex sowie dem Bedarfsverkehr im Kontext des Reallabor Schorndorf gleich zwei solcher Projekte exemplarisch auf. Zwar ist diesen Projekten mit denjenigen an vielen weiteren Orten gemein, dass es bisher v. a. um die Buchungsmöglichkeiten und die Fahrzeugdisposition geht, während der eigentliche Fahrbetrieb mit konventionellen, fahrerbesetzten Fahrzeugen stattfindet – interessant werden die Aktivitäten für die Verkehrsunternehmen jedoch gerade dadurch, dass es eben perspektivisch möglich erscheint, den eigentlichen Fahrbetrieb automatisiert zu gestalten und dadurch ÖV-Angebote bereitzustellen, die bisher ökonomisch nicht darstellbar schienen. Entsprechend sind im Falle von Pilotprojekten auf diesem Gebiet häufig neben Verkehrsverbänden und IT-Dienstleistern auch Verkehrsverbände, Gebietskörperschaften als Aufgabenträger des ÖV sowie ggf. Aufsichtsbehörden miteinbezogen.

Eine Vielzahl von Einzelprojekten widmet sich damit dennoch v. a. (informations-)technischen Fragestellungen, was zum insgesamt bisher eher technologisch geprägten AF-Diskurs passt (Stickler, 2020; siehe auch Abschnitt 2). Mit Blick auf die möglicherweise sich durch AF zukünftig grundlegend verändernde Angebotspalette des ÖV befasst sich jedoch insbesondere der VDV als Branchenverband auch auf strategischer Ebene mit den sich stellenden Herausforderungen. Dazu gehören über die Technologie hinaus Fragen, wie AF-basierter ÖV eigentlich als System und regulatorisch funktionieren sollen, adressiert werden damit auch Aufsichtsbehörden und Regulierer. In einer umfangreichen Stellungnahme beschäftigt sich der VDV hier u. a. mit Zulassungsverfahren, betrieblichen Anforderungen, Experimentierräumen, betrieblichen Verantwortlichkeiten, Aufsicht, kommunaler Steuerung, Datenmanagement, Software und Halterpflichten (Leonetti et al., 2020). Durch die enge Verzahnung der technologischen Möglichkeiten des AF im ÖV mit seiner organisatorischen Ausgestaltung ist in diesem Kontext auch die Debatte um die Weiterentwicklung des Personenbeförderungsgesetzes zu beachten, welches wesentliche Rahmenbedingungen setzt und bestimmte Angebotsformen einschränken, ermöglichen oder fördern kann. Hier stellen sich z. B. Fragen, durch welche regulatorische Rahmensetzungen der ÖV im Einklang mit übergeordneten verkehrspolitischen Zielsetzungen so ausgestaltet werden kann, dass der Umweltverbund insgesamt profitiert (Kettner, 2020).

Es ist zu erwarten, dass sich zukünftig die Auseinandersetzung mit der Zukunft des AF in der Branche thematisch eher verbreitern wird. Mit dem Sammeln technologischer und organisatorischer Erfahrungen rückt perspektivisch die konkrete Ausgestaltung zukünftiger AF-basierter ÖV-Angebote konkreter in den Blick. Dann stellt sich ggf. eine Vielzahl von Fragen neu, für die im konventionellen ÖV umfangreiche Erfahrungen und darauf abgestimmte Routinen vorliegen, deren Antworten jedoch im Kontext von AF ggf. ihre Gültigkeit verlieren. Stellvertretend sei hier das Thema subjektive Sicherheit genannt, dessen Bedeutung lange erkannt ist (Hempel & Vedder, 2011), für das aber die bisher getroffenen Maßnahmen in einer Welt ohne Fahrer im ÖV-Fahrzeug eben nicht mehr umstandslos funktionieren werden. Auch für die bisherigen Akteurskonstellationen ergeben sich wichtige Fragen, weil z. B. für die Vielzahl heutiger kleiner Busunternehmen mit einzelnen Linien insbesondere im ländlichen Raum nicht unmittelbar ersichtlich ist, welche Rolle diese zukünftig spielen können bzw. inwieweit sie ggf. für die strukturell veränderten technologischen und wirtschaftlichen Anforderungen eines automatisierten ÖV-Betriebs gewappnet sind.

5.2. Wissenschaftlicher Diskurs zu AF und Transformation im Mobilitätssystem

Im wissenschaftlichen Diskurs zur Transformation im Mobilitätssystem in Bezug auf das AF wird teils kritisiert, dass eine technologie- und wirtschaftszentrierte Perspektive überwiegt, während Perspektiven auf die Rolle des AF im Mobilitätssystem insgesamt bisher weniger vertieft behandelt werden (Dangschat & Stickler, 2020; Mitteregger et al., 2020, vgl. Abschnitt 2). Angesichts der umfangreichen Herausforderungen, die sich vor dem normativen Hintergrund und auch den politischen Zielsetzungen einer nachhaltige(re)n Mobilität stellen, wird z. B. konkret bemängelt, dass auch auf der europäischen Politikbühne „eine klare Priorisierung der Förderung von öffentlichen oder geteilten Mobilitätsformen“ fehlt (Stickler, 2020, S. 104). In diesem Zusammenhang erscheint insbesondere auch das Thema von Pfadabhängigkeiten bedeutsam (Zimmer, 2020), die auch für das AF Entwicklungspfade vorprägen und derer sich Debatten zu möglichen AF-Mobilitätsszukünften bewusst sein sollten. In der Auseinandersetzung mit möglichen Auswirkungen des AF auf das Mobilitätssystem insbesondere in urbanen Räumen geht es dabei u. a. um die Frage, wie Städte proaktiv handeln können, um die Entwicklungen rund um das AF in einer solchen Weise zu beeinflussen, dass das AF bestehende verkehrs- und mobilitätspolitische Ziele unterstützt und unerwünschte Effekten vermieden werden (Rupprecht et al., 2018). Wichtig ist dabei die Differenzierung zwischen unterschiedlichen Teilzielen, zu denen AF jeweils unterschiedliche Beiträge liefern kann: Neben dem etablierten Dreiklang von Vermeiden, Verbessern und Verlagern (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2019) unterscheidet beispielsweise Manderscheid (2020) zwischen einer Antriebs-, einer Verkehrs- und einer Mobilitätswende, die für sie „in einem Steigerungsverhältnis hinsichtlich der Tiefe der Transformation zueinander“ stehen (Manderscheid, 2020, S. 40).

Es ist also ein politischer Steuerungsbedarf in Bezug auf die Transformation des Mobilitätssystems erkannt, der auch einen Diskurs mit der in ihrem konkreten Alltag potentiell betroffenen Zivilgesellschaft erfordert (Alonso Raposo et al., 2019). Dabei werden einerseits viele der erforderlichen oder zu erwartenden Veränderungen auf der lokalen, kommunalen Ebene gesehen, wo teilweise bereits bestehende Handlungsspielräume in der Vergangenheit nur in begrenztem Umfang ausgeschöpft wurden (Schwedde, 2013). Bei der Überlegung, welche Akteure (auch) vertieft in den Diskurs einsteigen sollten, sollten andererseits auch die Grenzen der Entscheidungskompetenz lokaler Akteure beachtet werden, um angesichts des komplexen sozio-technischen Umfeldes die Handlungsautonomie gerade kleiner und mittlerer Städte nicht zu überschätzen (Schwanen, 2015, S. 7086). Zugleich ist hier die Bedeutung raumstruktureller Differenzierungen insgesamt adressiert. Bereits heute lassen sich Unterschiede in den Innovationstrajektorien neuer Mobilitätstechnologien ausmachen, je nachdem, ob diese in urbanen Metropolräumen oder in ländlichen Regionen eingesetzt werden. Das wiederum steht in Relation zu den zu erwartenden Unterschieden im jeweiligen Ausmaß an systemischer Transformation der heute prägenden Automobilität (Schippl & Truffer, 2020).

Die Umorientierung auf Nachhaltigkeit im Mobilitätssystem erfordert – über technologischen Wandel hinaus – einen grundsätzlichen Paradigmenwechsel (Banister, 2008; Köhler et al., 2020; Schwedde, 2013), bei dem es letztlich darum geht, die „notwendigen Bedingungen des Wandels“ zu schaffen (Banister, 2008, S. 73). Damit ist die Institutionalisierung als ein wesentlicher Prozessschritt des Wandels unmittelbar aufgerufen (Bratzel, 1999; Raven et al., 2019; Schwedde, 2013). Die Charakteristika von Reallaboransätzen (siehe Abschnitt 2) sind hier eine Möglichkeit, Wandel zu

erleichtern durch einen Raum zum Ausprobieren, auf den dann ggf. durch Anpassung von Rahmenbedingungen reagiert werden kann. Hierbei wiederum haben gerade Kommunen (u. a. auch als ÖV-Aufgabenträger) den Vorteil des direkteren Kontaktes zu ihren Bürgerinnen und Bürgern – an dem Ort, an dem Verkehrspolitik konkret greifbar und heute bereits diskutiert wird.

Umgekehrt beeinflussen auch die lokalen Besonderheiten und Voraussetzungen die Möglichkeiten konkreter Reallabore und ähnlicher Ansätze, die erst durch ihre lokale Einbettung wirksam werden können (van Steenberghe & Frantzeskaki, 2018) und dies unter institutionellen Gesichtspunkten auf jeweils unterschiedliche Weise tun (Raven et al., 2019). Deutlich wird dies z. B. an der jüngeren Entwicklung sogenannter „street experiments“: Für sich genommen können sie große Veränderungen eindrücklich veranschaulichen, ihr Einfluss auf grundlegendere Transformationsprozesse hängt jedoch an ihrer Einbindung in kohärente Politik und ist bisher nur schwer zu bewerten (Bertolini, 2020). Es geht damit auch um miteinander verwobene Lernprozesse der beteiligten Akteure, z. B. in Bezug auf bestimmte Technologien, verbesserte Problemverständnisse oder die Entwicklung von Politikinstrumenten (Goyal & Howlett, 2020). Vor dem Hintergrund der bisher technologisch konzentrierten Diskussion um AF (siehe Abschnitt 2) ist hier entsprechend zu unterstreichen, dass es insbesondere bei größer angelegten Reallaboren nicht nur um technisch orientierte Experimente gehen sollte (Reallabor als „regulatory sandbox“, vgl. BMWi, 2019): Vielmehr sollte es in Reallaboren gerade auch um Umsetzungsherausforderungen und Formen der Regulierung selbst gehen (Welsch & Albrecht, 2020). Auch rechtliche Fragen sind für die Transformation des Mobilitätssystems wesentlich (Canzler & Knie, 2018), z. B. zu den konkreten Herausforderungen der historisch v. a. auf die Flüssigkeit des (Auto-)Verkehrs orientierten Straßenverkehrsordnung (Pfeifer & Eickelmann, 2020).

Großes Augenmerk gilt auch den komplexen Beziehungen der vielfältigen Akteure, die von Transformationsprozessen betroffen und/oder an ihnen beteiligt sind. Für die Unterstützung bestimmter Maßnahmen können verschiedene Motivationen ausschlaggebend sein, die z. B. von wirtschaftlichen Interessen bis zur intrinsischen Motivation aufgrund normativer Vorstellungen reichen (Bakker, 2014). Die Komplexität von Akteursnetzwerken an sich stellt in der Transformation insbesondere solche Akteure vor Herausforderungen, die koordinierende, vermittelnde Rollen einnehmen („intermediaries“) und daher auch mit Spannungen und unterschiedlichen Zielorientierungen umgehen müssen (Manders et al., 2020). Scherf (2018) verweist auf das Konzept unterschiedlicher sozialer Welten, die in Innovationsprozessen aufeinander treffen können, was spezifische Reibungspunkte mit sich bringen kann. In diesem Zusammenhang sind daher auch explizite Austauschmöglichkeiten von Interesse, an denen das Handeln unterschiedlicher Akteure aufeinandertrifft und ggf. ausgehandelt wird („bridging events“, Garud & Ahlstrom, 1997).

Berücksichtigt man eine normative Orientierung hin zu nachhaltiger Mobilität, rücken weiter u. a. „advocacy coalitions“ ins Blickfeld, die vor dem Hintergrund ihrer jeweiligen Interessenslagen Transformationsprozesse in spezifische Richtungen zu beeinflussen suchen (Markard et al., 2016; Marletto, 2019). Angesichts des lange erkannten kooperativen Steuerungsbedarfs in der Verkehrspolitik (Rüb & Seifer, 2007) betrifft eine wesentliche Governance-Frage die Koordination von Teilprozessen einer sozio-technischen Transformation (Pel et al., 2020).

6. Potentiale für Reallabore

Die vorangehenden Abschnitte zeigen deutlich, dass sich im Hinblick auf ein nachhaltigeres Mobilitätssystem zum AF vor allem die Frage stellt, wie die Technologie zu einem attraktiveren, ausgeweiteten ÖV beitragen kann. Zugleich ist aber die bisherige Debatte zum AF vor allem technisch geprägt, die Rolle des AF im Mobilitätssystem der Zukunft wird weit weniger diskutiert.

Den bestehenden Steuerungsbedarf im Mobilitätssystem mit all den Fragen aus dem wissenschaftlichen Diskurs, die in Abschnitt 5 skizziert wurden, bringen Orfeuill und Leriche (2019) mit Blick auf das AF auf eine prägnante Formel (S. 247, eigene Übersetzung):

„Sobald das autonome Fahrzeug die Labore, Teststrecken und Versuchsgelände verlässt, wird es zum sozialen Objekt, so wie es zuvor das Automobil war. Es ist zu hoffen, ja zu wünschen, dass vorbereitete Gemeinden und informierte Bürger es schneller zivilisieren können, als sie es bei seinem Vorgänger getan haben.“⁵

Gestützt auf die Potentiale, welche die in Abschnitt 2 dargestellte Reallaborforschung bietet, liefern die folgenden Abschnitte hierzu eine Skizze, wie Reallabore zum AF gerahmt sein könnten und welche Fragen darin adressiert werden könnten (Überblick in Abb. 6-1).

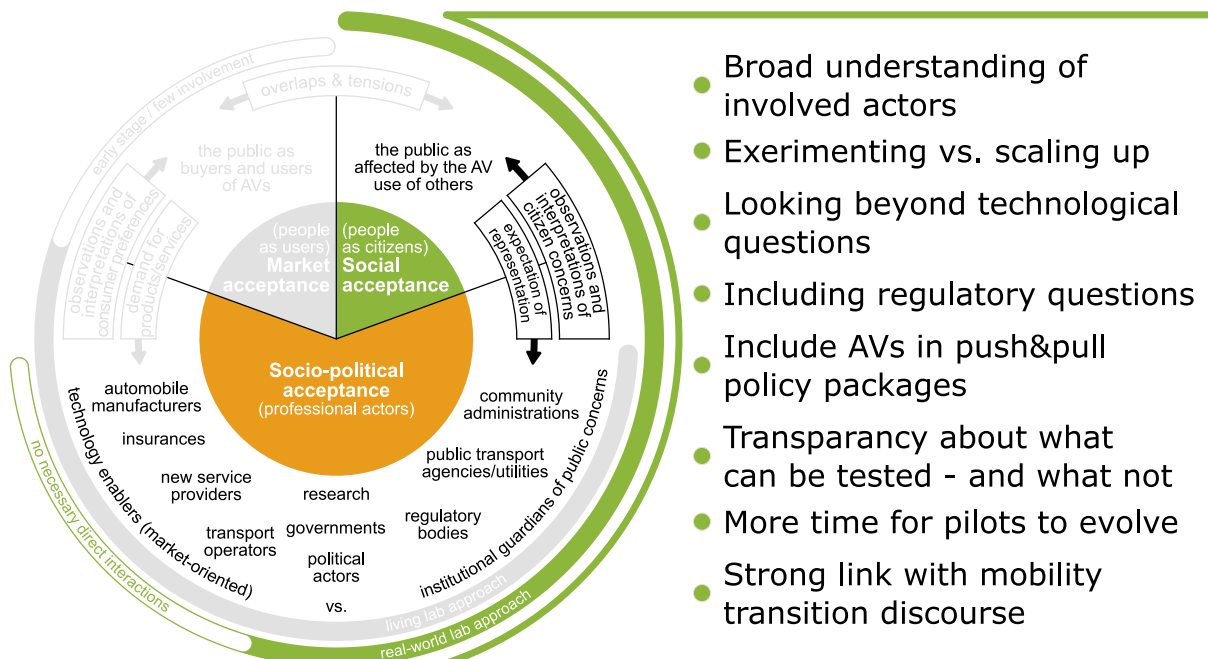


Abb. 6-1: Eckpunkte und Fragestellungen für AF-Reallabore
Eigene Grafik.

⁵ im französischen Original: „Dès lors que le véhicule autonome quittera les laboratoires, le pistes d’essais et le sites d’expérimentation, il deviendra un objet social, comme l’a été l’automobile avant lui. On peut espérer, et même souhaiter, que des collectivités préparées et des citoyens informés sauront le civiliser plus tôt qu’ils ne l’ont fait pour son ancêtre.“ (Orfeuill & Leriche, 2019, S. 247)

6.1. Experimentieren für Nachhaltige Mobilität jenseits technischer Fragen

Der Reallaborbegriff wird in vielen Fällen genutzt für (Forschungs-)Konstellationen, in denen es v. a. um Testfelder für technologische Fragestellungen geht und in denen Akteure jenseits der Technologieentwicklung nur am Rande einbezogen werden (z. B. das innovationsorientierte Reallaborverständnis in BMWi (2019), vgl. Abschnitt 2). Konkret im Themenfeld des AF im ÖV sind insbesondere auch die Verkehrsunternehmen als wichtige Praxisakteure beim technischen Experimentieren angekommen, das zeigen die vielfältigen Projekte mit (teil-)automatisierten Shuttelfahrzeugen. In Baden-Württemberg ist hier konkret das „Reallabor für den Automatisierten Busbetrieb im ÖPNV in der Stadt und auf dem Land“ (RABus, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg [VM], 2020b), das jedoch ebenfalls schwerpunktmäßig technische Fragen und eng mit der Technik verbundene Fragen (z. B. juristische Fragen) bearbeitet. Ähnliches gilt für viele weitere Aktivitäten wie beispielsweise die v. a. begleitend ausgerichteten Vorschläge für ein Reallabor im Rahmen der „Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität“ (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität [NPM], 2019).

Zugleich werden die wenigsten der Projekte in größeren Zusammenhängen mit den übergreifenden Fragestellungen zur (nachhaltigkeitsorientierten) Transformation im Mobilitätssystem gedacht, konkrete Wechselwirkungen werden in solchen Reallaboren kaum adressiert (vgl. Hopkins & Schwanen, 2018). Das gilt, obwohl die teils identischen Akteure in der parallelen „Verkehrswendebatte“ durchaus ebenfalls angekommen sind – z. B. in Form von ÖV-Unternehmen, die sich zum Mobilitätsanbieter wandeln und (statt bisher getrennter Anbieter) zusätzliche Angebote wie Fahrradverleihsysteme in ihr Portfolio nehmen.

Worum könnte es also in weiter gedachten Reallaboransätzen gehen? Wesentlich erscheint zur Überwindung der dargestellten Schwächen rein technisch orientierten Experimentierens eine konkrete Auseinandersetzung mit möglichen Wechselwirkungen zwischen den technologischen Entwicklungen des AF, ihrer denkbaren Nutzbarmachung für neuartige Angebote im ÖV und potentiellen städtebaulichen oder siedlungsstrukturellen Entwicklungen. Über betriebliche Fragen hinaus ist also beispielsweise eine Einbindung von Städten und Gemeinden wichtig, die über das Einbringen von Teststrecken etc. hinaus geht und deren eigene Fragestellungen vor dem Hintergrund ihrer diversifizierten Aufgabenzuschreibungen berücksichtigt. Auch in der Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern – und nicht etwa ‚nur‘ potentiellen Nutzern – beeinflusst dies die (ggf. auch gemeinsam zu erarbeitenden) Fragestellungen.

Gerade die Einbindung von Bürgern verdeutlicht nochmals exemplarisch die Motivation der breiteren Perspektive auf Reallabore zum AF: Die Einbindung von Laien in den Forschungsprozess reicht hier explizit hinaus über die Auseinandersetzung mit eigenen Nutzungsabsichten oder Zahlungsbereitschaften als (potentielle) Nutzer, wie sie in der (engeren) Akzeptanzforschung üblich ist. Stattdessen geht es darum, für (z. B. nachhaltigkeitsbezogene) Fragestellungen durch die kontinuierliche Interaktion im Kontext von Reallaboren einen erweiterten Diskursraum zu öffnen. Neben der inhaltlichen Öffnung für die Perspektive von Bürgern (als Akteure im Mobilitätssystem; über die unmittelbaren Potentiale des AF hinaus, aber durch sie betroffen) geht dies einher mit einer qualitativen Veränderung, indem im Reallabor nicht mehr nur Prototypen usw. an passiven Probanden „getestet“ werden, sondern die Unsicherheiten, Fragen und Einsichten der Bürgern (und eben weiterer

Akteure, die nicht der eigentlichen Technik-entwicklung zuzuordnen sind) iterativ in den Entwicklungsprozess Eingang finden und die Forschung durch solche Impulse aktiv mitgestaltet wird. Diese Einbindung zielt darauf, frühzeitig auch jene Fragestellungen zu bearbeiten, deren Bearbeitung erst eine Grundlage für eine breitere gesellschaftliche Akzeptanz des AF erwarten lässt – und die zugleich von den Technikentwicklern eine Akzeptanz der gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen verlangen und diese in den Entwicklungsprozess einbringen.

Jenseits der Technologie kann es damit in breit aufgestellten Reallaboren z. B. um Umsetzungsfragen oder die Regulierung neuartiger Angebote gehen, wie auch von Experten im Rahmen der MobiliSta-Abschlusskonferenz zum „Reallabor für zukünftige Mobilität“ vorgeschlagen (Welsch & Albrecht, 2020). Die innovationsorientierte Idee von Reallaboren als „regulatory sandboxes“ für technologische Entwicklungen (BMW, 2019) ließe sich hier gleichsam umkehren, um Reallabore gerade zum Versuchsfeld für die Regulierung sich etablierender Technologien zu machen. Dies scheint konkret geboten, da das Themenfeld von Regulierung und Richtlinien konkret als Herausforderung identifiziert und benannt ist (Becker & Schwedes, 2020; Fazlic, 2019) und bestehende Experimentierklauseln nur sehr begrenzte Spielräume lassen. Auch aus der Sicht potentieller Nutzer erscheint für den Einsatz des AF im ÖV die eigentliche Technologie der Automatisierung weniger relevant. Vielmehr geht es um mögliche neue Qualitäten und Potentiale des ÖV-Angebots an sich (die nur ggf. durch die Technologie erst ermöglicht werden), deren Erprobung und Erforschung dementsprechend im Vordergrund stehen sollte.

Daneben rückt ins Blickfeld, auch die Kombination unterschiedlicher Maßnahmen zu untersuchen („policy packaging“; Justen et al., 2014) und konkret die Kombination von push- und pull-Ansätzen zu testen, d. h. auch restriktive Maßnahmen für (lokal) unerwünschte Formen von Mobilität einzubeziehen in der Annahme, dass ein attraktiverer ÖV alleine für die gewünschten Verkehrsverlagerungen nicht ausreichen ist (Agora Verkehrswende, 2020; Banister, 2008).

Mit Blick auf die komplexen Akteurskonstellationen im ÖV (vgl. Abschnitt 4) erfordert eine solche Perspektive die Berücksichtigung der unterschiedlich verteilten Verantwortlichkeiten und Kapazitäten zur Auseinandersetzung mit zukünftigen Potentialen – in den jeweiligen Rollen als potentielle zukünftige Betreiber, Aufgabenträger mit Ausschreibungsverantwortung, Regulierungsbehörde etc. Reallabore können dabei auch ein Instrument zu sein, durch neue Formen der Zusammenarbeit Herausforderungen besser zu erkennen und das jeweilige Problembewusstsein zu schärfen und Kompetenzen aufzubauen.

Einen wichtigen Mehrwert bieten breit gedachte Reallabore zum AF auch dadurch, dass die frühzeitige Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen von AF und Mobilitätssystem (gegenüber einem ‚Fertig-Entwickeln‘ und dann mit Wirkungen ‚Umgehen‘) ggf. zumindest einen Beitrag liefern kann, mit der Herausforderung umzugehen, dass jetzt bei noch begrenztem Wissen der involvierten Akteure schon manche Richtungsentscheidung, z. B. in regulatorischer Hinsicht, nötig ist („Collingridge dilemma“, Collingridge, 1980). Auch aus der Perspektive der technologischen Entwicklung kann der erweiterte Blickwinkel helfen, besser und früher zu erkennen, wo sich Synergien und Reibungspunkte zu dynamischen gesellschaftlichen Entwicklungen ergeben.

Bei alledem gilt es sicherzustellen, dass für die Auseinandersetzung mit den skizzierten Fragestellungen genügend zeitliche Freiräume bestehen. Im Gegensatz zu einer eng fokussierten technischen Weiterentwicklung im Bereich von mehreren Monaten sind für viele der zu untersuchenden Prozesse und Abhängigkeiten im ÖV und im Mobilitätssystem insgesamt eher Zeiträume von mehreren Jahren

zu erwarten und zweckmäßig, um echte Auswirkungen zu erfassen und damit zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen.

6.2. Entwicklung einer Diffusionsstrategie für AF im ÖV

Reallabore sind mit den hier skizzierten Fragestellungen ein möglicher Ansatzpunkt, sich einer konsistenten Diffusionsstrategie öffentlicher Akteure für das AF im ÖV anzunähern, welche die technologischen Potentiale mit den normativen Anforderungen einer Mobilitätswende zielführend verknüpft. Eine solche Diffusionsstrategie ist bisher nicht mit klaren Konturen erkennbar – was nicht erstaunt angesichts der identifizierten Lücken im stark technologisch geprägten Diskurs. Ohne die breite Bearbeitung der Fragestellungen zur Funktion des AF im ÖV und im Mobilitätssystem bleibt schließlich eine erhebliche konzeptionelle Unsicherheit bestehen, die ein konkretes Formulieren von Zielen einer Diffusionsstrategie entscheidend erschwert und damit die Ausarbeitung derselben verhindert.

Die Herausforderung lässt sich konkret verdeutlichen an den zahlreichen aktuellen Pilotbetrieben, die auf den Einsatz kleiner Shuttles bereits mit Level-4-Automatisierung auf definierten Strecken oder in definierten Gebieten zielen: Einerseits sind die entsprechenden Projekte, wie oben skizziert, bisher meist stark auf die Erprobung technischer Komponenten ausgerichtet. In den technischen ‚Artefakten‘ (also den genutzten Shuttle-Fahrzeugen) sind andererseits zumindest implizit Annahmen darüber enthalten, für welche Arten von Angeboten zukünftig automatisierte Fahrzeuge genutzt werden könnten, beispielsweise durch das Platzangebot in Quantität und Qualität. Diese Angebotsüberlegungen werden jedoch über das Formulierungsniveau „neuer, flexiblerer Zubringerdienste, zur Quartierserschließung/ÖV-Hub-Anbindung/...“ o. ä. hinaus kaum systematisch ausbuchstabiert. Projekte wie RABus (s. o.) zeigen dabei, dass die Abgrenzungen hierbei durchaus nicht einheitlich sind, indem dort teilweise auch etwas größere Fahrzeuge untersucht werden.

Zu einer solchen systematischen Auseinandersetzung gehört unter anderem eine umfassende raumstrukturelle Differenzierung (vgl. Schippl & Truffer, 2020) verkehrlicher Potentiale in der Gegenüberstellung von grundsätzlichen technologischen Möglichkeiten und insbesondere wirtschaftlichen Erwägungen privater ebenso wie öffentlicher Akteure. In engem Zusammenhang mit diesem Thema steht die Frage nach möglicherweise anzupassenden Planungs- und Finanzierungsverantwortlichkeiten (Aufgabenträgerschaft), soweit die Nutzung technologischer Effizienzpotentiale beispielsweise nahelegt, die heute verbreitete Differenzierung zwischen (gemeindeverbindenden) Regionalbuslinien und (feinerschließenden) Ortsbussen, Bürgerbussen etc. aufzulösen oder die Anschlussituation u. a. an den Schienenverkehr neu zu denken. Damit wird zugleich die Bedeutung der Nutzerperspektive deutlich, aus der gesehen es nicht nur um die technische Ausgestaltung des eigentlich Neuen gehen kann, sondern auch um die Integration in durchgehende ÖV-Mobilitätsketten gehen muss. So war beispielsweise auf dem Campus des Marly Innovation Center im schweizerischen Kanton Freiburg ein Kernthema des dort eingerichteten Shuttle-Betriebes die unmittelbare Integration in die gängige ÖV-Verbindungssuche inkl. Anschlusssicherung. Weitere Fragen ergeben sich aus den praktischen Auswirkungen der – abweichend zu heutigen Versuchsbetrieben – zukünftigen Abwesenheit von Personal (z. B. betreffend subjektive Sicherheit, Einstiegshilfe, Hausrecht), um den immer relevanteren Anspruch nach besserer Inklusivität des Mobilitätssystems auch tatsächlich einzulösen. Schließlich stellt sich angesichts der sich abzeichnenden neuen Möglichkeiten für zukünftige Mobilitätsangebote vermehrt auch die Frage nach dem Zusammenwirken mit den sonstigen,

insbesondere kommunalen Steuerungsmöglichkeiten des Mobilitätssystems (Push&Pull). Dazu gehören insbesondere mögliche restriktive Maßnahmen im Individualverkehr, auch im Hinblick auf eine sich durch neue, attraktivere Angebote möglicherweise verändernde gesellschaftliche Akzeptanz ebensolcher.

Einige der zu adressierenden Fragen werden im Zusammenhang mit den sich ebenfalls dynamisch entwickelnden On-demand-Angeboten bereits intensiv diskutiert (vgl. Gies & Langer, 2021). Es fehlt also eigentlich nur das konkrete Zusammenbringen der verschiedenen Teildebatten. Der VDV geht hier mit seinem „Innovationspapier“ erste Schritte (Niemann et al., 2021) und Reallabore könnten nun bei der Bearbeitung der bisher aufgeworfenen und der absehbar in Zukunft noch aufkommenden Fragen einen wertvollen Baustein darstellen. Ein in diesem Sinne verbreiteter Diskurs mit dem Impuls des Zusammendenkens von Automatisierung und Mobilitätswende wäre auch eine wichtige Ergänzung zu den aktuellen rechtlichen Entwicklungen, wo das Bundesverkehrsministerium bisher recht isoliert voneinander die juristische Ermöglichung weiterer automatisierter Fahrfunktionen (durchaus mit einem starken Blick auf z. B. Shuttles im ÖV) sowie parallel die Neuordnung des Personenbeförderungsrechts betreibt.

6.3. Schnittstellen zu technischen Fragen

Bei aller Breite der oben vorgeschlagenen Perspektive für Reallabore zum AF bestehen selbstverständlich dennoch zahlreiche Schnittstellen zu und Überlagerungen mit technologischen Fragestellungen. Zusätzlich zu denjenigen, die sich auf die Technologie beziehen, die für die eigentliche Fahraufgabe von AF-Fahrzeugen nötig ist, ergeben sich durch die aufgeweitete Perspektive aber auch durchaus weitere technische Fragestellungen, die sich aus der Anforderung der Einbindung in das ÖV-System ergeben. Es kann also beispielsweise auch um Fragen wie die betriebliche Einbindung in Leistellenabläufe oder die nutzerfreundlichen App-Integration gehen, wie sie – unabhängig von der Nutzung von AF im tatsächlichen Betrieb – für neuartige Angebote wie die in Abschnitt 4 erwähnten Angebote „SSB Flex“ (Stuttgart) oder „my shuttle“ (Karlsruhe) wesentlich ist und auch im ebenfalls dort erwähnten „Reallabor Schorndorf“ untersucht wurde. Letztlich geht es also für die in Reallaboren zu bearbeitenden technischen Fragen um die Zielrichtungen und Schnittstellen, welche die beteiligten Akteure mitbringen (vgl. Manders et al., 2018) und die sich unterscheiden zwischen einer rein technologischen AF-Perspektive und der Perspektive auf AF im Mobilitätssystem (vgl. Abschnitt 2).

6.4. Bestehende Anknüpfungspunkte

Der Bedarf für Reallabore im Bereich AF ist grundsätzlich auch auf hoher politischer Ebene erkannt und vielfach konkret benannt. Beispielhaft sei hier die sogenannte „Passauer Erklärung“ der europäischen Verkehrsminister, in der „Testfelder“ und „Reallabore“ explizit erwähnt werden (EU and EFTA Ministers of Transport, 2020, S. 10). In Baden-Württemberg werden Reallabore zum AF u. a. im Kontext des Strategiedialogs Automobilwirtschaft BW diskutiert. Neben dem technisch orientierten Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg und dem oben erwähnten Projekt RABus beschäftigt sich hier u. a. das Projekt „bwirkt“ mit Fragen jenseits der Technologie (Staatsministerium Baden-Württemberg, 2020, S. 16). Die Arbeitsgruppe „Autonomes Fahren im ÖPNV“ des Strategiedialogs

empfiehlt darüber hinaus aber konkret auch die Auseinandersetzung mit weiteren Fragestellungen, u. a. zur Stadtgestaltung und auch über längere Zeiträume hinweg (VM, 2020a).

7. Herausforderungen und Grenzen

Bei allen Potentialen, die Reallaboransätze für die Weiterentwicklung des AF im ÖV bieten, bleiben diese als Experimentierräume doch ‚nur‘ ein bestimmter Baustein. Die angestrebte Transformation im Mobilitätssystem betrifft unter anderem vielfältige professionelle Routinen und Institutionen, die Reallabore alleine nicht umstülpen können. Obwohl Reallabore gerade für engagierte Akteure, die zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten mitgestalten wollen, wertvolle Möglichkeiten bieten, sind diese doch in (fort-)bestehende institutionelle Rahmenbedingungen eingebunden. Für den gewünschten Umfang der Transformation reichen außerdem einige Pioniere nicht aus, sondern es müssen vielmehr Akteure in der Breite mitgenommen werden, damit auch in der Breite Wandel stattfinden kann. Reallabore alleine werden also nicht alle Herausforderungen lösen und die Transformation schaffen. Das gilt umso mehr, als es in der Perspektive AF im Mobilitätssystem eben nicht nur um die technische Entwicklung bestimmter Lösungen geht, die dann von der Industrie einfach umgesetzt und angeboten werden könnten – sondern es werden aufgrund der Erkenntnisse auch aus Reallaboren erst recht Politik und Regulierung gefordert sein.

Wesentliche Fragen zum AF im ÖV betreffen den Rechtsrahmen, um neuartige, flexible Angebote systematisch Teil des ÖV werden zu lassen. Das zeigen die Ergebnisse und Herausforderungen bisheriger Projekte (z. B. Luchmann et al., 2019) ebenso wie beispielsweise die Debatten um die Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes mit Blick auf Sharing-/Pooling-Angebote, Betriebs-sitze usw. oder um den Gesetzesrahmen des AF an sich mit Elementen wie der technischen Aufsicht im ÖV (siehe auch unter 6.2). Auch im oben genannten Strategiedialog Automobilwirtschaft BW sind u. a. die Weiterentwicklung des Rechtsrahmens im ÖV oder die weitergehende Analyse verkehrlicher Wirkungen als Themenfelder benannt, die über die Möglichkeiten von Reallaboren deutlich hinausreichen (VM, 2020a).

Im Hinterkopf bleiben muss auch weiterhin, dass es selbst für den besten und regulatorisch optimal eingebetteten automatisierten ÖV unter ansonsten unveränderten Rahmenbedingungen wirtschaftlich kaum erreichbar ist, aus sich selbst heraus ein flächendeckendes Angebotsniveau zu schaffen, das signifikant vom Individualverkehr wegzulocken vermag (Luchmann et al., 2019, S. 47). Angesichts des anerkannten Bedarfs für eine grundlegende Transformation unterstreicht dies umso mehr die Bedeutung aufeinander abgestimmter Strategien in den unterschiedlichen Bereichen des Mobilitätssystems und damit den Bedarf, die technologischen Potentiale des AF im ÖV – auch in Reallaboren – nicht isoliert zu betrachten. Im Hinblick auf ein tatsächlich nachhaltigeres Mobilitätssystem müssen deswegen weiterhin Push-&Pull-Faktoren im Blick bleiben, die auch beim Einsatz von Automatisierung im Individualverkehr gestaltend eingreifen – und gegen die Dystopie einer noch stärker an Dominanz gewinnenden Automobilität mit ihren negativen Externalitäten wirken. In dieser Hinsicht scheint es zentral für den weiteren wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs, insgesamt offen über die Grenzen und Herausforderungen bestehender Visionen und Versprechungen der automatisierten Mobilität der Zukunft und die ihnen zugrundeliegenden Annahmen zu sprechen und sich ihre Abhängigkeiten bewusst zu machen.

7.1. Wissenschaftliche Erkenntnis vs. praktische Umsetzung

Ausführlich wurde in den vorangehenden Abschnitten dargelegt, wie wesentlich eine Verbreiterung des auf den ersten Blick v. a. technologisch relevant erscheinenden Entwicklungsfeldes AF ist und in welcher Weise Reallabore mit ihren diversen Verständnissen und ihrer Perspektive auf Nachhaltigkeit und Transformation dabei helfen können. Die unterschiedlichen vorgestellten Ansätze unterscheiden sich dabei u. a. auch in der Frage, welche Rolle jeweils originäre Forschungsfragen spielen im Verhältnis zu den jeweiligen Ansätzen als praxisorientierte Instrumente zum Testen und Umsetzen. Für die Transformation im Mobilitätssystem spielen eben gerade nicht nur technisch getriebene Entwicklungen eine Rolle, sondern es geht um das Zusammenspiel mit vielen anderen Faktoren und Maßnahmen. Von diesen sind viele in ihrer grundsätzlichen Zielrichtung längst definiert und wissenschaftlich breit erforscht, z. B. Verkehrsvermeidung und Stärkung des Umweltverbundes (GIZ, 2019). In diesen Bereichen gibt es damit statt einem Erkenntnis- vielmehr ein Umsetzungsdefizit – das seinerseits komplexe Ursachen z. B. in der politischen Willensbildung oder hinsichtlich personeller Kapazitäten bei den Kommunen hat.

Reallabore zum AF versprechen damit einerseits durchaus weitere wissenschaftliche Grundlagenkenntnisse, soweit es beispielsweise um bestimmte Maßnahmenkombinationen oder eine umfangreichere Auseinandersetzung mit den Aspekten einer breit verstandenen Akzeptanz geht. Es ist andererseits jedoch klar, dass es nicht in allen Teilbereichen gleichermaßen noch an Systemwissen mangelt, so dass dort der Mehrwert vor allem in der Hilfe zur Umsetzung liegt. Der mögliche Forschungsanspruch von Reallaboren braucht dort also nicht zum Feigenblatt werden, um mit dem zu warten, womit man schon loslegen könnte – und wofür es oft genug längst umfangreiche Pläne gibt: Besonders für den (konventionellen) Ausbau im Umweltverbund geht es bisher oft um Umsetzungsgeschwindigkeiten und Finanzierung, aber weniger um die grundsätzliche Zielrichtung. Hier liegt für Reallabore vor allem die Untersuchung kluger Ergänzungen durch neue AF-basierte Angebote nahe.

8. Fazit

Dieses Diskussionspapier unternimmt den Versuch, die vielfältigen Potentiale von Reallaboren aufzuzeigen, durch die ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung einer detaillierten Diffusionsstrategie für das AF auch und besonders im ÖV geleistet werden könnte. Dabei werden Reallabore hier explizit breit und nachhaltigkeitsorientiert verstanden. Dort könnte weit über technisches Erproben von Komponenten der Fahrzeugautomatisierung hinaus ein Teil des gesellschaftlichen Diskurses zum AF geführt werden, der für eine tragfähige, gesellschaftlich akzeptierte Gestaltung der politisch zum Ziel gesetzten Verkehrs- und Mobilitätswende dringend erforderlich erscheint.

Es ergibt wenig Sinn, gleichzeitig in Testfeldern das AF technologisch zu einer angenommenen ‚Marktreife‘ zu treiben und in Urban Transition Labs mit alternativen Mobilitätsszukünften zu experimentieren – so lange nicht zumindest zusätzlich auch solche Experimentierräume geschaffen werden, in denen die technologische Perspektive und die Frage der Transformation des Mobilitätssystems gemeinsam Raum finden und miteinander in einen produktiven Austausch treten. Das engere Zusammendenken der beiden Stränge erscheint vor allem deswegen essentiell, weil ansonsten das konkrete Risiko besteht, die klar identifizierten Probleme der heutigen Automobilität durch die weitere

Vertiefung bestehender Pfadabhängigkeiten und Rebound-Effekte letztlich doch zu perpetuieren und möglicherweise zu verschärfen. Während Akteure wie der VDV die Diskussion einer positiven Mobilitätszukunft („AF-heaven“) mit einem neu gedachten ÖV als starkem Kern durchaus betreiben (Leonetti et al., 2020), in der mit technologischer Hilfe beispielsweise Erreichbarkeitslücken geschlossen und eine nachhaltigere Mobilität insgesamt unterstützt wird, ist diese Debatte bisher noch nicht in einen breiteren gesellschaftlichen Diskurs überführt.

Mit Blick auf die unterschiedlichen Szenarien, welche für die Auswirkungen des AF auf das Mobilitätssystem aktuell diskutiert werden, könnten Reallabore einen wesentlichen Debattenbeitrag leisten: Als physisch erlebbare Diskursräume könnten sie die Öffnung für die gesellschaftliche Aushandlung möglicher und erwünschter Mobilitätszukünfte rund um das AF erleichtern und unterstützen. Die bereits an Dynamik gewinnende Debatte zur Verkehrs- und Mobilitätswende bietet dabei wichtige Anknüpfungspunkte. Reallabore könnten damit ein wertvolles Instrument werden, um die mögliche Mobilitätszukunft eines „AF-heaven“ und deren Beiträge zu verkehrspolitischen Zielen konkret zu demonstrieren sowie mit ihren inneren Zusammenhängen zu experimentieren.

Abkürzungsverzeichnis

AF	Automatisiertes Fahren
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VVS	Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Akzeptanzdimensionen und Reallaboransätze für AF-Mobilitätszukünfte	13
Abb. 4-1:	Grundlegende Akteursstruktur im ÖSPV	16
Abb. 6-1:	Eckpunkte und Fragestellungen für AF-Reallabore	21
Abb. A3-1:	Posterfragebogen im Rahmen des a-drive-Workshops am 07.11.2019 in Ulm	43
Abb. A3-2:	Poster und digitaler Fragebogen im Rahmen der IST 2020 (online, 18.–21.08.2020).....	43

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1:	Wirkungsdimensionen des AF und betroffene Akteursgruppen	7
-----------	--	---

Literaturverzeichnis

- Abb, T., Baier, J., Engelhart, I., Faget, H., Fleischer, T., Kistner, K., Krams, B., Kreinberger, M., Mansel, A., Groß, N., Sander-Zuck, K., Schmaus, M., Schmidt, M., Schreib, P. & Taminé, O. (2020). *Empfehlungen aus der Ideenschmiede Mobilität im ländlichen Raum 2020*. [https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/Anlage_zu_PM_Empfehlungen der Ideenschmiede Mobilit%C3%A4t im L%C3%A4ndlichen Raum 2020.pdf](https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/Anlage_zu_PM_Empfehlungen_der_Ideenschmiede_Mobilit%C3%A4t_im_L%C3%A4ndlichen_Raum_2020.pdf)
- Agora Verkehrswende. (2020). *Ein anderer Stadtverkehr ist möglich*. <https://difu.de/publikationen/2020/ein-anderer-stadtverkehr-ist-moeglich>
- Alonso Raposo, M., Ciuffo, B., Alves Dias, P., Ardente, F., Aurambout, J. P., Baldini, G., Baranzelli, C., Blagoeva, D., Bobba, S., Braun, R., Cassio, L. G., Chawdhry, P., Christidis, P., Christodoulou, A., Corrado, S., Duboz, A., Duch Brown, N., Felici, S., Fernandez Macias, E., . . . Vandecasteele, I. (2019). *The future of road transport: implications of automated, connected, low carbon and shared mobility*. European Commission – Joint Research Centre. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/future-road-transport> <https://doi.org/10.2760/668964>
- Alstom. (2020, 27. Mai). *Weltneuheit: Automatischer Zugbetrieb für Regionalverkehrszüge soll in Deutschland getestet werden* [Press release]. <https://www.alstom.com/de/press-releases-news/2020/5/weltneuheit-automatischer-zugbetrieb-fuer-regionalverkehrszuege-soll>
- Bakker, S. (2014). Actor rationales in sustainability transitions – Interests and expectations regarding electric vehicle recharging. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 13, 60–74. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.08.002>
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Becker, U. J. & Schwedes, O. (2020). *Zur Reformbedürftigkeit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Plädoyer für ein repräsentatives Verfahren bei der Festlegung von Richtlinien im Straßenverkehr* (IVP-Discussion Paper 2020 (3)). Berlin. TU Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung. https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/Discussion_Paper/DP16_BeckerSchwedes.pdf
- Bertolini, L. (2020). From “streets for traffic” to “streets for people”: can street experiments transform urban mobility? *Transport Reviews*, 40(6), 734–753. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1761907>
- Bratzel, S. (1999). *Umweltorientierter Verkehrspolitikwandel in Städten. Eine vergleichende Analyse der Innovationsbedingungen von* (Veröffentlichung der Abteilung "Organisation und Technikgenese" des Forschungsschwerpunktes Technik-Arbeit-Umwelt am WZB FS II 99-103). Berlin. <https://bibliothek.wzb.eu/pdf/1999/ii99-103.pdf>
- Brost, M., Gebhardt, L., Karnahl, K., Deißer, O., Steiner, T., Ademeit, A.-M., Brandies, A., Sippel, T., Velimsky, J., Müller, A., Beyer, S. & Ulmer, F. (2019). *Reallabor Schorndorf: Entwicklung und Erprobung eines bedarfsgerechten Bussystems*. Stuttgart. https://www.reallabor-schorndorf.de/wp-content/uploads/2016/08/2019_Projektbericht-Reallabor-Schorndorf.pdf

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2019). *Freiräume für Innovationen: Das Handbuch für Reallabore*. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/handbuch-fuer-reallabore.pdf?__blob=publicationFile
- Canzler, W. & Knie, A. (2018). *Die Zukunft urbaner Mobilität – Ansätze für eine ökologische Verkehrswende im digitalen Zeitalter* (böll.brief Grüne Ordnungspolitik Nr. 6). Berlin. Heinrich Böll Stiftung. <https://www.boell.de/de/2018/04/16/die-zukunft-urbaner-mobilitaet-boellbrief-gruene-ordnungspolitik-6>
- Chase, R. (3. April 2014). Will a World of Driverless Cars Be Heaven or Hell? *The Atlantic Citylab*. <http://www.citylab.com/commute/2014/04/will-world-driverless-cars-be-heaven-or-hell/8784/>
- Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. Pinter.
- Creger, H., Espino, J. & Sanchez, A. S. (2019). *Autonomous vehicle heaven or hell? Creating a transportation revolution that benefits all*. Greenlining Institute. https://greenlining.org/wp-content/uploads/2019/01/R4_AutonomousVehiclesReportSingle_2019_2.pdf
- Dangschat, J. S. & Stickler, A. (2020). Kritische Perspektiven auf eine automatisierte und vernetzte Mobilität. In C. Hannemann, F. Othengrafen, J. Pohlan, B. Schmidt-Lauber, R. Wehrhahn & S. Güntner (Hrsg.), *Jahrbuch StadtRegion 2019/2020* (S. 53–74). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-30750-9_3
- Deutsche Bahn (Hrsg.). (2020). *Das Konzept „Digitales Testfeld“*. <https://www1.deutschebahn.com/testfeld/contentseite-a1-3223920>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2019). *Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I)*. Eschborn. <https://www.sutp.org/download/7010/>
- EU and EFTA Ministers of Transport. (2020, 29. Oktober). *Smart Deal for Mobility: Shaping the mobility of the future with digitalisation – sustainable, safe, secure and efficient: Passau declaration on the occasion of the virtual Informal Meeting of EU and EFTA Ministers of Transport under the auspices of the German EU Council Presidency*. Passau. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/EU-Ratspraesidentschaft/verkehrsministertreffen-digitalisierung-der-mobilitaet-29-30-09-2020.html>
- Fazlic, N. (2019). *Deutsche Regelwerke und die Verkehrswende: Teil der Lösung oder Teil des Problems? Die Grundlagen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen im Vergleich mit der Radverkehrsgestaltung in Norwegen* (IVP-Discussion Paper 2019 (1)). Berlin. TU Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung. https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Dokumente/Discussion_Paper/DP13_Deutsche_Regelwerke_und_die_Verkehrswende.pdf
- Fraedrich, E., Beiker, S. A. & Lenz, B. (2015). Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. *European Journal of Futures Research*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s40309-015-0067-8>
- Fünfschilling, L. & Truffer, B. (2014). The structuration of socio-technical regimes—Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy*, 43(4), 772–791. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.010>

- Garud, R. & Ahlstrom, D. (1997). Technology assessment: A socio-cognitive perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 14(1), 25–48. [https://doi.org/10.1016/S0923-4748\(97\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0923-4748(97)00005-2)
- Geels, F. W. (2014). Reconceptualising the co-evolution of firms-in-industries and their environments: Developing an inter-disciplinary Triple Embeddedness Framework. *Research Policy*, 43(2), 261–277. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.006>
- Gies, J. & Langer, V. (2021). *Mit On-Demand-Angeboten ÖPNV-Bedarfsverkehre modernisieren* (Sonderveröffentlichung). Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu). <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/579221>
- Goyal, N. & Howlett, M. (2018). Technology and Instrument Constituencies as Agents of Innovation: Sustainability Transitions and the Governance of Urban Transport. *Energies*, 11(5), 1198. <https://doi.org/10.3390/en11051198>
- Goyal, N. & Howlett, M. (2020). Who learns what in sustainability transitions? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.002>
- Hausknot, D. & Haas, W. (2019). The Politics of Selection: Towards a Transformative Model of Environmental Innovation. *Sustainability*, 11(2), 506. <https://doi.org/10.3390/su11020506>
- Hempel, L. & Vedder, D. (2011). Subjektive Sicherheit im ÖPNV: Test und Evaluation ausgewählter Maßnahmen. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 20(1), 75–78.
- Hopkins, D. & Schwanen, T. (2018). Experimentation with vehicle automation. In K. E. Jenkins & D. Hopkins (Hrsg.), *Transitions in Energy Efficiency and Demand* (S. 72–93). Routledge.
- Justen, A., Schippl, J., Lenz, B. & Fleischer, T. (2014). Assessment of policies and detection of unintended effects: Guiding principles for the consideration of methods and tools in policy-packaging. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 60, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.10.015>
- Kettner, B. (2020). *Stellungnahme des Verkehrsclubs Deutschland e. V. (VCD) zum Referentenentwurf zur Änderung des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG)*. Berlin. Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD). https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Oeffentlicher_Personennahverkehr/Personenbefoerderungsgesetz/Stellungnahme_des_VCD_zur_PBefG-Novellierung.pdf#page=1&zoom=auto,-274,843
- Köhler, J., Turnheim, B. & Hodson, M. (2020). Low carbon transitions pathways in mobility: Applying the MLP in a combined case study and simulation bridging analysis of passenger transport in the Netherlands. *Technological Forecasting and Social Change*(151), 119314. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.003>
- Krail, M., Hellekes, J., Schneider, U., Dütschke, E., Schellert, M., Rüdiger, D., Steindl, A., Luchmann, I., Waßmuth, V., Flämig, H., Schade, W. & Mader, S. (2019). *Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr*. Karlsruhe. <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccn/2019/energie-treibhausgaswirkungen-vernetztes-fahren.pdf>
- Leonetti, E., Ackermann, T. & Schmitz, M. (2020). *Eckpunkte zum Rechtsrahmen für einen vollautomatisierten und fahrerlosen Level 4 Betrieb im öffentlichen Verkehr: Positionspapier*. Köln.

- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). <https://www.vdv.de/20201016-vdv-positionspapier-eckpunktepapier-fuer-rechtsrahmen-zum-autonomen-fahren-im-oev.pdf>
- Luchmann, I., Reuter, C., Karthaus, D., Strauß, P., Knoch, E.-M., Kostorz, N., Hilgert, T., Kagerbauer, M., Frey, M., Niemann, J. & Baumann, C. (2019). *Voraussetzungen & Einsatzmöglichkeiten von automatisiert und elektrisch fahrenden (Klein-) Bussen im ÖPNV: Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben LEA (Klein-)Bus*. Berlin, Karlsruhe, Hamburg. http://www.fast.kit.edu/lff/Automatisierung_13158.php
- Lyons, G. & Davidson, C. (2016). Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 88, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.03.012>
- Manders, T. N., Wiczorek, A. J. & Verbong, G. P. J. (2018). Understanding smart mobility experiments in the Dutch automobility system: Who is involved and what do they promise? *Futures*, 96, 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.12.003>
- Manders, T. N., Wiczorek, A. J. & Verbong, G. P. J. (2020). Complexity, tensions, and ambiguity of intermediation in a transition context: The case of Connecting Mobility. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 183–208. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.01.011>
- Manderscheid, K. (2020). Antriebs-, Verkehrs- oder Mobilitätswende? Zur Elektrifizierung des Automobilitätsdispositivs. In A. Brunnengraber & T. Haas (Hrsg.), *Baustelle Elektromobilität: Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität* (S. 37–67). transcript.
- Markard, J., Suter, M. & Ingold, K. (2016). Socio-technical transitions and policy change – Advocacy coalitions in Swiss energy policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, 215–237. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.05.003>
- Marletto, G. (2019). Who will drive the transition to self-driving? A socio-technical analysis of the future impact of automated vehicles. *Technological Forecasting and Social Change*, 139, 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.023>
- McCrorry, G., Schöpke, N. A., Holmén, J. & Holmberg, J. (2020). Sustainability-oriented labs in real-world contexts: An exploratory review. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123202. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123202>
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.). (2020a). *Autonomes Fahren im ÖPNV: Empfehlungspapier der Arbeitsgruppe B im Themenfeld 5 des Strategiedialogs Automobilwirtschaft BW*. https://sda2020.de/fileadmin/files/Themenfelder/TF5_PDF/TF5_Autonom_PDF2.pdf
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. (2020b, 18. November). *Verkehrsminister Hermann gibt Startschuss für Reallabore: Die Zukunft des ÖPNV ist elektrifiziert und automatisiert: Land fördert Forschungsprojekt RABus mit 7 Millionen Euro* [Press release]. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/verkehrsminister-hermann-gibt-startschuss-fuer-reallabore/>
- Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK). (2018). *Baden-Württemberg fördert Reallabore*. <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungspolitik/wissenschaft-fuer-nachhaltigkeit/reallabore/>

- Mitteregger, M., Bruck, E. M. & Soteropoulos, A. (2020). *AVENUE21. Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa* (1st ed. 2020).
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61283-5>
- Nationale Plattform Zukunft der Mobilität. (2019). *Handlungsempfehlungen zum autonomen Fahren: Arbeitsgruppe 3 „Digitalisierung für den Mobilitätssektor“*. Berlin. <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/2download/handlungsempfehlungen-zum-autonomen-fahren/>
- Nevens, F., Frantzeskaki, N., Gorissen, L. & Loorbach, D. A. (2013). Urban Transition Labs: Co-creating transformative action for sustainable cities. *Journal of Cleaner Production*, 50, 111–122.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.001>
- Niemann, J., Stegemann, T. & Scharl, A. (2021). *Innovationspapier zur automatisierten und fahrerlosen Personenbeförderung: Erstellt im Auftrag des Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.* Hamburg, Nürnberg.
<https://www.vdv.de/innovationspapier-autonomes-fahren.pdf>
- Orfeuill, J.-P. & Leriche, Y. (2019). *Piloter le véhicule autonome: Au service de la ville. Cultures mobiles*. Descartes & Cie.
- Parodi, O., Beecroft, R., Albiez, M., Quint, A., Seebacher, A., Tamm, K. & Waitz, C. (2017). The ABC of Real-world Lab Methodology: From "Action Research" to "Participation" and Beyond. *Trialog*(126/127), 74–82.
- Pel, B., Raven, R. & van Est, R. (2020). Transitions governance with a sense of direction: synchronization challenges in the case of the dutch 'Driverless Car' transition. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120244. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120244>
- Pfeifer, F. & Eickelmann, E. (2020, 9. Oktober). *Ein Gespräch zwischen Nahverkehrsplan und Anordnung nach StVO: Vergleichende Betrachtung der Neuerungen in StVO und PBefG aus urbaner und ländlicher Perspektive: Vortrag*. 11. Pegasus-Jahrestagung, online.
- Raven, R., Sengers, F., Spaeth, P., Xie, L., Cheshmehzangi, A. & Jong, M. de (2019). Urban experimentation and institutional arrangements. *European Planning Studies*, 27(2), 258–281.
<https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1393047>
- Rip, A. (2006). Folk Theories of Nanotechnologists. *Science as Culture*, 15(4), 349–365.
<https://doi.org/10.1080/09505430601022676>
- Rip, A. (2010). De facto Governance of Nanotechnologies. In M. Goodwin, B.-J. Koops & R. Leenes (Hrsg.), *Dimensions of technology regulation* (S. 285–308). Wolf Legal Publishers - WLP.
- Rittel, H. W. J. & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/bf01405730>
- Rüb, F. W. & Seifer, K. (2007). Vom Government zur Governance. In O. Schöller, W. Canzler & A. Knie (Hrsg.), *Handbuch Verkehrspolitik* (S. 161–175). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung. (2015). *Bericht zum Forschungsbedarf*.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bericht-zum-forschungsbedarf-runder-tisch-automatisiertes-fahren.pdf?__blob=publicationFile

- Rupprecht, S., Buckley, S., Crist, P. & Lappin, J. (2018). "AV-Ready" Cities or "City-Ready" AVs? In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Road Vehicle Automation 4* (S. 223–233). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60934-8_18
- SAE International. (2018). *Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles: SAE document J3016. Issued 2014, revised 2018*. Warrendale, PA. https://saemobilus.sae.org/content/j3016_201806
- Scherf, C. (2018). *Volle Fahrt à la carte? Mobilitätskarten als Vermittlungsversuche zwischen sozialen Welten. Blickwechsel / Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin: Bd. 14*. Oekom; Franz Steiner Verlag.
- Schippl, J. & Truffer, B. (2020). Directionality of transitions in space: Diverging trajectories of electric mobility and autonomous driving in urban and rural settlement structures. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 37, 345–360. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.10.007>
- Schneidewind, U., Augenstein, K., Stelzer, F. & Wanner, M. (2018). Structure Matters: Real-World Laboratories as a New Type of Large-Scale Research Infrastructure: A Framework Inspired by Giddens' Structuration Theory. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 27(1), 12–17. <https://doi.org/10.14512/gaia.27.S1.5>
- Schwanen, T. (2015). The Bumpy Road toward Low-Energy Urban Mobility: Case Studies from Two UK Cities. *Sustainability*, 7(6), 7086–7111. <https://doi.org/10.3390/su7067086>
- Schwedes, O. (2013). Möglichkeiten und Grenzen kommunaler Verkehrspolitik. In T. Bracher, K. Dziekani, J. Gies, H. Holzapfel, F. Huber, F. Kiepe, U. Reutter, K. Saary & O. Schwedes (Hrsg.), *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung: Strategien, Konzepte, Maßnahmen für eine integrierte und nachhaltige Mobilität* (68. Ergänzungs-Lieferung, Kapitel 3.1.2.1). Wichmann-Fachmedien. (Erstveröffentlichung 2013)
- Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.). (2020). *Dritter Fortschrittsbericht Strategiedialog Automobilwirtschaft BW*. Stuttgart. https://sda2020.de/fileadmin/files/Themenfelder/TF0_PDF/TF0_Allgemein_PDF3.pdf
- Stickler, A. (2020). Automatisiertes und vernetztes Fahren als Zukunftsperspektive für Europa? Eine Diskursanalyse der gegenwärtigen europäischen Politik. In A. Brunnengraber & T. Haas (Hrsg.), *Baustelle Elektromobilität: Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität* (S. 93–115). transcript.
- Upham, P., Oltra, C. & Boso, À. (2015). Towards a cross-paradigmatic framework of the social acceptance of energy systems. *Energy Research & Social Science*, 8, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.05.003>
- van Steenbergen, F. & Frantzeskaki, N. (2018). The Importance of Place for Urban Transition Experiments: Understanding the embeddedness of urban living labs. In S. Marvin, H. Bulkeley, L. Mai, K. McCormick & Y. V. Palgan (Hrsg.), *Urban living labs: Experimentation with city futures*. Routledge Taylor.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.). (2021). *Autonome Shuttle-Bus-Projekte in Deutschland*. <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx>

Welsch, J. & Albrecht, J. (2020). *Raus aus der Nische!? Reallabore als Format der transformativen Mobilitätsforschung: Dokumentation der digitalen MobiliSta-Abschlussveranstaltung am 02.11.2020.*

<http://mobilista.sennestadt.de/details/dokumentation-der-digitalen-abschlusskonferenz.html>

Zebralog GmbH & Fraunhofer ISI (Hrsg.). (2020). *Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Regionaldialog „Nachhaltige urbane Mobilität“ in Karlsruhe: Beteiligungsprozess zur Weiterentwicklung der Hightech-Strategie 2025.* https://www.mitmachen-hts.de/sites/default/files/downloads/beteiligungsprozess_regionaldialog_karlsruhe_ergebnisbericht_20201027.pdf

Zimmer, F. (2020). Nur das Richtige im Falschen? Mobilität zwischen Innovation und automobiler Pfadabhängigkeit. In A. Brunnengräber & T. Haas (Hrsg.), *Baustelle Elektromobilität: Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität* (S. 117–136). transcript.

Anhang

A1. Literaturbasis zu Wirkungsdimensionen des AF

Quellenliste für die literaturgestützte Analyse der Wirkungsdimensionen des AF (siehe Kapitel 1.1).
Einträge im allgemeinen Literaturverzeichnis nur gelistet, falls auch anderweitig im Bericht zitiert.

Allgemeine Studien zu Mobilitätsszukünften mit AF

- Bierstedt, J., Gooze, A., Gray, C., Petermann, J., Raykin, L. & Walters, J. (2014). *Effects of next-generation vehicles on travel demand and highway capacity*. FP THINK Working Group. http://orfe.princeton.edu/~alaink/Papers/FP_NextGenVehicleWhitePaper012414.pdf
- Crist, P. & Voegelé, T. (2018). *Safer roads with automated vehicles?* <https://www.itf-oecd.org/safer-roads-automated-vehicles>
- Dörr, H., Marsch, V. & Romstorfer, A. (2017). Automatisiertes Fahren im Mobilitätssystem: Ein Spannungsbogen zwischen Ethik, Mobilitätsausübung, technischem Fortschritt und Markterwartungen. *Internationales Verkehrswesen*, 69(4), 40–44.
- Fleischer, T. & Schippl, J. (2018). Automatisiertes Fahren. *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 27(2), 11–15. <https://doi.org/10.14512/tatup.28.2.11>
- Foljanty, L. & Duong, T. C. (2016). Autonomes Fahren: Chancen, Herausforderungen und Handlungsfelder für öffentliche Akteure. *Internationales Verkehrswesen*, 68(2), 46–48.
- Folsom, T. C. (2012). Energy and Autonomous Urban Land Vehicles. *IEEE Technology and Society Magazine*, 31(2), 28–38. <https://doi.org/10.1109/MTS.2012.2196339>
- Fraedrich, E., Beiker, S. A. & Lenz, B. (2015). Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. *European Journal of Futures Research*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s40309-015-0067-8>
- Fraedrich, E., Kröger, L., Bahamonde-Birke, F., Frenzel, I., Liedtke, G., Trommer, S., Lenz, B. & Heinrichs, D. (August 2017). *Automatisiertes Fahren im Personen- und Güterverkehr: Auswirkungen auf den Modal-Split, das Verkehrssystem und die Siedlungsstrukturen*. https://www.e-mobilbw.de/files/e-mobil/content/DE/Publikationen/PDF/PDF_2017/Studie_AutomatisiertesFahren.pdf
- Hars, A. (2014). Wie revolutionär sind selbstfahrende Fahrzeuge? — Eine Wirkungskettenanalyse. In H. Proff (Hrsg.), *Radikale Innovationen in der Mobilität: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte* (S. 267–283). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03102-2_16
- Lemma, K. (2016). *Neue autoMobilität: Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft* (acatech Studie). <https://www.acatech.de/publikation/neue-automobilitaet-automatisierter-strassenverkehr-der-zukunft/>
- Litman, T. (2018). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute. <https://www.vtpi.org/avip.pdf>

- Meyer, J., Becker, H., Bösch, P. M. & Axhausen, K. W. (2017). Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? *Research in Transportation Economics*, 62, 80–91.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>
- Perret, F., Fischer, R. & Frantz, H. (2018). Automatisiertes Fahren als Herausforderung für Städte und Regionen. *Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 27(2), 31–37.
<https://doi.org/10.14512/tatup.27.2.31>
- Pudāne, B., Rataj, M., Molin, E. J., Mouter, N., van Cranenburgh, S. & Chorus, C. G. (2019). How will automated vehicles shape users' daily activities? Insights from focus groups with commuters in the Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71, 222–235.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.014>
- Stocker, A. & Shaheen, S. A. (2017). *Shared Automated Vehicles: Review of Business Models* (Discussion Paper No. 2017-09). International Transport Forum (ITF). <https://www.itf-oecd.org/shared-automated-vehicles-review-business-models>
- Trommer, S., Kolarova, V., Fraedrich, E., Kröger, L., Kickhöfer, B., Kuhnimhof, T., Lenz, B. & Phleps, P. (2016). *Autonomous Driving: The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour*. ifmo - Institute for Mobility Research. https://www.ifmo.de/files/publications_content/2016/ifmo_2016_Autonomous_Driving_2035_en.pdf

Studien zu Detailspekten des AF

- Axsen, J. & Sovacool, B. K. (2019). The roles of users in electric, shared and automated mobility transitions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71, 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.012>
- Friedrich, B. (2015). Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren* (S. 331–350). Springer Berlin Heidelberg.
- Haider, T. & Klementsitz, R. (2017). *Wirkungspotentiale für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge im ländlichen Raum: Ergebnisbericht*. https://www.sharedautomatedmobility.org/w/images/3/39/SharedAutonomy_Wirkungsanalyse.pdf
- Heinrichs, D. (2015). Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren* (S. 219–239). Springer Berlin Heidelberg.
- Henderson, S. & Golden, M. (2015). *Self-driving Cars: Mapping Access to a Technology Revolution*. Washington.
https://www.ncd.gov/sites/default/files/NCD_AutomatedVehiclesReport_508-PDF.pdf
- Lagström, T. & Lundgren, V. M. (2015). *AVIP - Autonomous vehicles' interaction with pedestrians: An investigation of pedestrian-driver communication and development of a vehicle external interface* [Master Thesis]. Chalmers University, Gothenburg.
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/238401/238401.pdf>
- Mitchell, M. (2019). *How do you teach a car that a snowman won't walk across the road?*
<https://aeon.co/ideas/how-do-you-teach-a-car-that-a-snowman-wont-walk-across-the-road>
- Schlag, B. (2016). Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr: Offene Fragen aus Sicht der Psychologie. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 62(2), 94–98. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/dateien/vortraege-kolloquium/Schlag_WS1617?lang=de

Sivak, M. & Schoettle, B. (2015). *Road safety with self-driving vehicles: General limitations and road sharing with conventional vehicles* (UMTRI-2015-2). University of Michigan, Transport Research Institute. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/111735/103187.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Szimba, E. & Orschiedt, Y. (2017). How beneficial is fully automated driving in urban areas from a socio-economic point of view? In VGU-UTC (Vorsitz), *Future City 2017: Urban Sustainable Development and Mobility*, Hanoi.

Berichte von Kommissionen zum AF u.ä.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2017, 18. Oktober). *Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr - Herausforderungen für die zukünftige Verkehrspolitik: Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur. Erschienen in: Zeitschrift für Straßenverkehrstechnik, Heft Nr. 8 u. Heft Nr. 9, 2017.* <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/wissenschaftlicher-beirat-gutachten-2017-1.html>

Di Fabio, U., Broy, M., Jungo Brügger, R., Eichhorn, U., Grunwald, A., Heckmann, D., Hilgendorf, E., Kagermann, H., Losinger, A., Lutz-Bachmann, M., Lütge, C., Markl, A., Müller, K. & Nehm, K. (2017). *Bericht der Ethik-Kommission Automatisiertes und vernetztes Fahren*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2017/084-dobrindt-bericht-der-ethik-kommission.html>

Perret, F., Bruns, F., Raymann, L., Hofmann, S., Fischer, R., Abegg, C., Haan, P. de, Straumann, R., Heuel, S., Deublein, M. & Willi, C. (2017). *Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz: Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A)*. Zürich. https://staedteverband.ch/cmsfiles/171024_BaslerFonds_aFz_Phase%20A_Schlussbericht_de_1.pdf

Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung. (2015). *Bericht zum Forschungsbedarf*. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bericht-zum-forschungsbedarf-runder-tisch-automatisiertes-fahren.pdf?__blob=publicationFile

Schweizerischer Bundesrat (Hrsg.). (2016). *Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen: Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität»* (O353-1246). Bern. https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strassennetzeallgemein/automatisiertes-fahren.pdf.download.pdf/Automatisiertes%20Fahren%20%E2%80%93%20Folgen%20und%20verkehrspolitische%20Auswirkungen.pdf

Studien zur Modellierung von AF im Verkehrssystem

Friedrich, M. & Hartl, M. (2016). *MEGAFON: Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs*. Stuttgart. Universität Stuttgart. <https://www.vdv.de/megafon-abschlussbericht-20161212.pdf>

Hörl, S., Becker, F., Dubernet, T. & Axhausen, K. W. (2019). *Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung* (Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung Nr. 1433). Zürich. ETHZ / IVT. <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/1401-1500/ab1433.pdf>

International Transport Forum. (2015). *Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic.*

http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15CPB_Self-drivingcars.pdf

Szenariostudien, Berichte von Beratungsfirmen u.ä.

Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C. & Oluwatola, O. A. (2014). *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers.* Santa Monica CA. Rand Corporation; Rand Transportation, Space, and Technology (Program).

https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). (2015). *Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren: Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten.*

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile

ERTRAC (Hrsg.). (2015). *Automated Driving Roadmap: ERTRAC Task Force "Connectivity and Automated Driving".*

http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id38/ERTRAC_Automated-Driving-2015.pdf

Heymann, E. & Meister, J. (2017, 19. Juni). *Das „digitale Auto“: Mehr Umsatz, mehr Konkurrenz, mehr Kooperation* (Deutschland-Monitor: Digitale Ökonomie und struktureller Wandel). Frankfurt am Main.

https://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000443712.pdf

Lang, N. S., Rüßmann, M., Mei-Pochtler, A., Dauner, T., Komiya, S., Mosquet, X. & Doubara, X. (2016). *Self Driving Vehicles, Robo-Taxis, and the Urban Mobility Revolution.* The Boston Consulting Group.

<https://www.bcg.com/de-de/publications/2016/automotive-public-sector-self-driving-vehicles-robo-taxis-urban-mobility-revolution>

Rothfuchs, K. & Engler, P. (2018). Auswirkungen des autonomen Fahrens aus Sicht der Verkehrsplanung: Thesen und offene Fragen. *Internationales Verkehrswesen*, 70(3), 60–64.

SHERPA (Hrsg.). (2019). *Scenario: Self-driving vehicles: Navigating towards an ethical future.*

<https://www.project-sherpa.eu/scenarios/self-driving-cars/>

Shladover, S. E. & Bishop, R. (2015). *Road Transport Automation as a Public-Private Enterprise: EU-US Symposium on Automated Vehicles: White Paper I.*

https://www.ssti.us/wp/wp-content/uploads/2015/10/2015-EU-US-Symposium-White-Paper-I_Public-Private-Enterprise-002.pdf

Silberg, G., Wallace, R., Matuszak, G., Plessers, J., Brower, C. & Subramanian, D. (2012). *Self-driving cars: The next revolution.*

<http://www.kpmg.com/Ca/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf>

Skinner, R. & Bidwell, N. (2016). *Making better places. Autonomous vehicles and future opportunities.*

<http://www.wsp-pb.com/Global/UK/WSPPB-Farrells-AV-whitepaper.pdf>

A3. Expertenmeinungen im Kontext des Tech Center a-drive

Im Rahmen des Teilprojekts Möglichkeitenbedingungen und Folgen des automatisierten Fahrens innerhalb des Tech Center a-drive war zu zwei Anlässen eine Expertenbefragung mittels Fragebogen vorgesehen, um auf Grundlage einer breiteren Basis einen Eindruck zu gewinnen, welche Aspekte im Feld im Zusammenhang mit potentiellen Reallaboren zum AF als von wesentlicher Bedeutung eingeschätzt werden.

Für den 07.11.2019 wurde im Rahmen des internationalen Projektworkshops in Ulm für die Posterausstellung im Foyer ein interaktives Poster entwickelt, auf dem die v. a. an technischen Fragen des AF interessierten Teilnehmenden mittels (farblich nach beruflichem Hintergrund sortierten) Klebepunkten und Post-Its erklären konnten, was sie unter Reallaboren verstehen, welche Charakteristika sie ihnen zuschreiben, welche Fragestellungen sie dort gerne bearbeitet wüssten und welche Aspekte gesellschaftlicher Akzeptanz dort untersucht werden sollten (Abb. A3-1).

Demgegenüber umfasste der Teilnehmerkreis der 11. International Sustainability Transitions Conference im August 2020 insbesondere Nachhaltigkeits-, Transformations- und Reallaborexperten, so dass hier umgekehrt deren Blick auf die Potentiale von Reallaboren im Kontext des Technologiefeldes AF wertvoll war. Hier war das Projekt durch ein Poster mit dazugehörigem Fragebogen (Abb. A3-2) unter dem Titel *“Practical challenges – challenging practices: Fitting a real-world lab on automated driving into public actors’ professional practices”* vertreten.

Leider konnten bei beiden Gelegenheiten keine aussagekräftigen Daten erhoben werden. Aufgrund des engen Zeitplans der Veranstaltung in Ulm stieß der Posterfragebogen dort kaum auf Resonanz, so dass die Zahl der Antworten zu gering für eine Auswertung ausfiel. Die IST 2020 fand bedingt durch die Covid-19-Pandemie in einem ausschließlich digitalen Format statt, wobei zu diesem Zeitpunkt bei vielen Teilnehmenden erst geringe Erfahrungen mit virtuellen Großveranstaltungen bestanden. Deswegen stieß leider auch der Online-Fragebogen nicht auf genügende Resonanz, der aus der virtuellen Projektverstellung heraus niederschwellig verlinkt war.

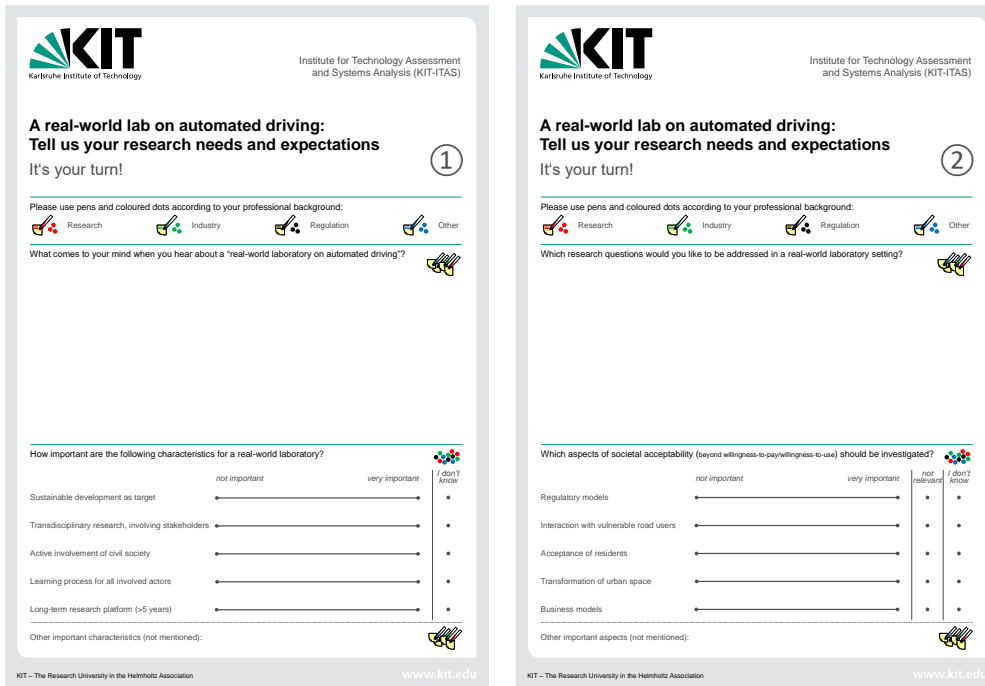


Abb. A3-1: Posterfragebogen im Rahmen des a-drive-Workshops am 07.11.2019 in Ulm

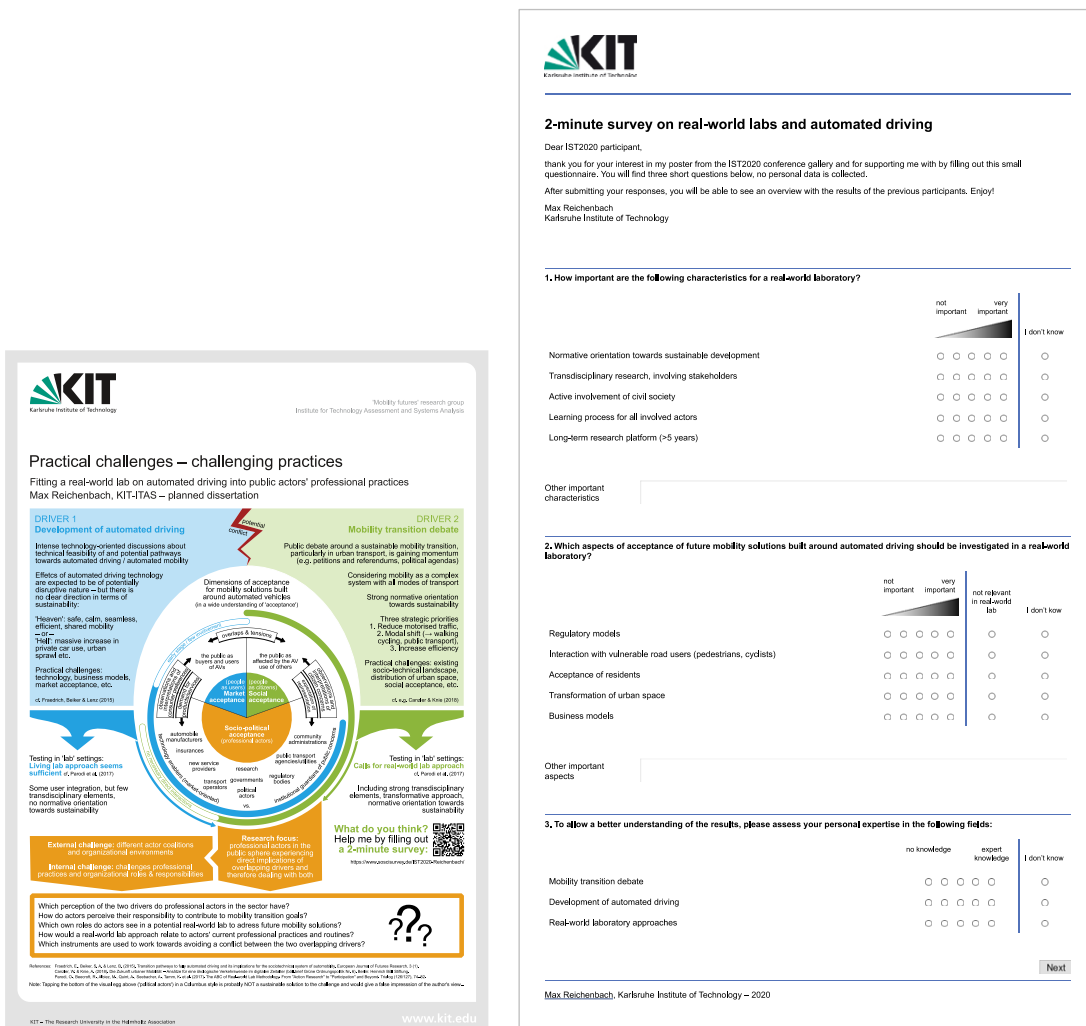


Abb. A3-2: Poster und digitaler Fragebogen im Rahmen der IST 2020 (online, 18.–21.08.2020)

KIT Scientific Working Papers
ISSN 2194-1629

www.kit.edu