

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 179, April 2020

Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr

Oliver S. Kaiser und Norbert Malanowski

© 2020 by Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf
www.boeckler.de



„Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ von Oliver S. Kaiser und Norbert Malanowski ist lizenziert unter

Creative Commons Attribution 4.0 (BY).

Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. (Lizenztext: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode>)

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Schaubildern, Abbildungen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

ISSN 2509-2359

Inhalt

Zusammenfassung.....	4
Hintergrund	5
Entwicklungsstand Autonomer öffentlicher Verkehrsmittel.....	7
Wechselwirkungen mit Mobility-as-a Service-Konzepten.....	15
Fördernde und hemmende Einflussfaktoren.....	18
Fördernde Faktoren	18
Hemmende Faktoren	19
Sozio-ökonomische Aspekte in Gegenwart und Zukunft.....	24
Disruptive und inkrementelle Veränderungen.....	29
Standort Deutschland.....	32
Thesen für die weitere Diskussion.....	35
Autoren	38

Zusammenfassung

Das stark diskutierte Thema „Autonomes Fahren“ wird derzeit vor allem mit Pkw und dem Individualverkehr assoziiert, bisweilen noch mit Lkw als Nutzfahrzeugen. Dabei wird übersehen, dass bei Klein- und Kraftomnibussen im öffentlichen Straßenpersonennahverkehr automatisiertes Fahren bereits in Pilotprojekten stattfindet, Forschungsthema ist und gesellschaftliche Relevanz haben wird. Die Anwendung autonomer öffentlicher Verkehrsmittel ist gegenwärtig stark technikgetrieben. Umfeldsensorik, schnell rechnende und kompakte IT-Systeme sowie einfach zu beherrschende, elektrische Antriebe und Batterietechnik sind bereits verfügbar. Sie werden seit einigen Jahren gebaut und in Einzelfällen bereits eingesetzt. Deutsche Zulieferer und Hersteller arbeiten zusammen an automatisierten und autonomen Klein- und Omnibussen am Standort Deutschland.

Autonome Fahrzeuge sind nur eine Komponente eines komplexen Systems im ÖPNV. Ein weiterer wichtiger Teil sind Mobilitäts-Plattformen, die alle Fortbewegungsarten integrieren, planen und abrechnen. Hierbei gibt es einen Spannungsbogen zwischen der Datenhoheit und der Datenanalyse im jeweiligen Unternehmen. Durch autonomes Fahren und Mobility-on-Demand Fahrzeuge, die nicht im Linienverkehr, sondern nur auf Fahrgastwunsch verkehren, könnte – so gegenwärtig bereits vielfach diskutiert, auch wenn noch unrealistisch – als Vision eine günstig und attraktiv zu gestaltende Mobilität ermöglicht werden. Die Akteurslandschaft ist gegenwärtig als uneinheitlich zu beschreiben. Neben bekannten Playern aus der Verkehrsbranche erscheinen völlig neue Akteure, meist aus der IT-Branche, und durchaus auch weltweit agierende Konzerne mit großer Finanzstärke.

Ein simples Abwarten ruft branchenfremde Player auf den Plan, die womöglich eine regulative Lücke finden, etwa durch den Einsatz autonomer Privat-Pkw als quasi-öffentliches Verkehrsmittel, was gegenwärtig gesetzlich verboten ist. Alternativ bietet es sich an, dass Gewerkschaften, Betriebs- und Personalräte und andere Akteure, wie z. B. der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), für eine Gesetzgebung und Rahmenbedingungen eintreten, die autonome öffentliche Verkehrsmittel und Mobilitäts-Plattformen in ihrem Sinne und im Sinne guter Arbeit gestaltbar macht.

Ob Mitarbeiter bei automatisiert-autonomen öffentlichen Verkehren „gute Arbeit“ leisten können, hängt von Bedingungen ab, die schon heute gelten: Die Laufzeit eines Verkehrsvertrages entscheidet vor allem über eine absehbare Weiterbeschäftigung. In Zukunft wird „gute Arbeit“ zu gewährleisten sein, indem im Zuge automatisierter Verkehre notwendige Tätigkeiten weiterhin durch Beschäftigte der ÖPNV-Unternehmen erbracht werden und nicht vorrangig etwa bei externen IT-Dienstleistern. Dazu sind qualifizierte und weiter zu qualifizierende Arbeitnehmer unabdingbar.

Hintergrund

Im Rahmen des von der Hans-Böckler-Stiftung geförderten Projektes „Monitoring Innovations- und Technologiepolitik“ wurde das Thema „Autonome öffentliche Verkehrsmittel“ in Form einer Themenskizze als eines von fünfzehn Innovations- und Technologiethemen einem ausgewählten Kreis von Fachleuten vorgestellt und dort diskutiert. Die Fachleute aus Wirtschaft, Wissenschaft, politischer Administration und Gewerkschaften bewerteten in einem sogenannten Priorisierungsworkshop das Thema als dringlich hinsichtlich einer weiteren Auseinandersetzung im Kontext der Arbeitnehmerrelevanz.¹

Aus dieser Einschätzung heraus wurde das Thema speziell auf Klein- und Omnibusse fokussiert, da Schienenverkehrsmittel bereits heute teilautomatisiert sind und dort einfachere technische Voraussetzungen für einen höheren Automatisierungsgrad gegeben sind. Beim dementsprechend konzipierten Vertiefungsworkshop zum Thema „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ diskutierten Expertinnen und Experten aus den Technik-, Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften sowie der Gewerkschaften das Thema aus verschiedenen fachlichen Perspektiven vor allem anhand folgender Leitfragen:

- Wie ist der Entwicklungsstand bei heutigen und zukünftigen Anwendungen im Bereich „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“? Wie sind diese Anwendungen voneinander abzugrenzen? Wo laufen sie zusammen?
- Welche Auswirkung hat autonomes Fahren auf den Dienstleistungsbe- reich „Mobilität“? Wie verändern sich die Akteure und deren Rol- len/Aufgaben? Wo kommt es zu neuen Kooperationen und Konkurren- zen? Welche Rolle spielt „Mobility-as-a-Service“ dabei?
- Welche (sozialen, ökonomischen, ökologischen und technischen) för- dernden und welche hemmenden Faktoren sind beim Einsatz autono- mer Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr zu beobachten?
- Welche sozio-ökonomischen Aspekte werden gegenwärtig in der Dis- kussion über autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr thematisiert?
- Welche Aspekte sollten zukünftig thematisiert werden (u. a. Beschäfti- gungsentwicklung, Arbeitsorganisation, Qualifizierung, Nutzen für die Beschäftigten)?
- Wo ist mit eher disruptiven und wo mit eher inkrementellen Veränderun- gen beim Einsatz autonomer Klein- und Omnibusse im öffentlichen Ver- kehr zu rechnen? Wie verhalten sich die Entwicklungen zueinander?

1 Norbert Malanowski, Gerd Bachmann, Luciana Hutapea, Oliver S. Kaiser, Julia Knifka, Andreas Ratajczak, Sylvie Rijkers-Defrasne (2019): Monitoring Innovations- und Technologiepolitik (Zyklus 1), Working Paper Forschungsförderung 152, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.

- Wie ist gegenwärtig die Stellung des Standortes Deutschland im internationalen Wettbewerb/Vergleich bei diesem Thema zu bewerten?
- Welche zukünftigen Schritte sind beim Thema „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ notwendig?

Die empirische Basis für das vorliegende Working Paper bilden die aufbereiteten Ergebnisse einer Literaturanalyse (Stand: Juli 2019) und des Vertiefungsworkshops „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“, der im April 2019 in Berlin durchgeführt wurde. Diese Ergebnisse basieren nicht auf „harten“ Daten sondern spiegeln eher gegenwärtige Einschätzungen, Erwartungen und Thesen von Fachleuten wider. Insofern dienen die Erkenntnisse vor allem dazu, relevante Trends frühzeitig zu erkennen und diese für eine prospektive Innovations- und Technikgestaltung im Dreiklang von Technik, Mensch und Organisation aufzubereiten.

Das Working Paper soll zum einen erste Antworten auf die oben genannten Leitfragen skizzieren. Zum anderen soll es Denkanstöße für eine breitere öffentliche Diskussion des Themas in einem innovations- und arbeitspolitischen Kontext liefern. Die Autoren bedanken sich an dieser Stelle sehr herzlich bei den Fachleuten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gewerkschaften, die ihr Wissen aus verschiedenen fachlichen Perspektiven im Rahmen des Vertiefungsworkshops offen geteilt und zur Diskussion gestellt haben sowie bereit waren, über den eigenen Tellerrand hinauszuschauen.

Entwicklungsstand autonomer öffentlicher Verkehrsmittel

Das gegenwärtig stark diskutierte Thema „Autonomes Fahren“ wird derzeit vor allem mit Pkw und dem Individualverkehr assoziiert, bisweilen noch mit Lkw als Nutzfahrzeugen. Dabei wird übersehen, dass bei Klein- und Kraftomnibussen² im öffentlichen Straßenpersonennahverkehr automatisiertes Fahren bereits in Pilotprojekten stattfindet, Forschungsthema ist und gesellschaftliche Relevanz haben wird.

Grundsätzlich ist bei Straßenfahrzeugen zu unterscheiden zwischen autonomem Fahren – „fahrerlos“, also ohne jegliche aktive Beteiligung eines Passagiers an Bord des Fahrzeugs – als höchste Stufe 5 und darunter vier verschiedenen Stufen des automatisierten Fahrens (vgl. Tabelle 1). Diese Klassifizierung der Automatisierungsgrade bzw. Autonomiestufen hat ihren Ursprung in der Norm SAE J3016 der SAE International (SAE: Society of Automotive Engineers). In Deutschland benennt der Verband der Automobilindustrie (VDA) die SAE-Stufen 3 bis 5 anders, dies ist in der Tabelle 1 vermerkt. Im Titel und Text dieses Working Papers wird generalisierend von „autonomen“, also fahrerlosen Verkehrsmitteln, als in der Regel angestrebtes Fernziel der Entwicklung gesprochen. Angesichts des Zeithorizonts dieses Papiers (1 bis 7 Jahre) sind allerdings eher „automatisierte“ Verkehrsmittel gemeint und auch so genannt.

² Kleinbusse haben eine Kapazität von max. acht Fahrgastsitzplätzen, Kraftomnibusse haben neben dem Fahrersitz mehr als acht Sitzplätze.

Tabelle 1: Automatisierungsgrade von Straßenfahrzeugen. „Anwendungsfälle“ unterscheiden sich nach Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen.

SAE-Stufe	Bezeichnung	Beschreibung	Quer- und Längsführung	Umgebungsbeobachtung	Rückfall-ebene
0	keine Automation	Der Fahrer fährt eigenständig, auch wenn unterstützende Systeme (z. B. ABS oder ESP) vorhanden sind.	Fahrer	Fahrer	keine
1	Assistenzsysteme	Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei der Längs- oder der Querführung (u. a. Adaptive Geschwindigkeitsregelung und Spurhalteassistent).	Fahrer und System	Fahrer	Fahrer
2	Teilautomatisierung	Ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und gleichzeitiger Querführung (u. a. Stauassistent). Der Fahrer muss die Hände am Lenkrad haben.	System, in einem spezifischen Anwendungsfall	Fahrer	Fahrer
3	Bedingte Automatisierung (VDA: Hochautomatisierung)	Autonomes Fahren mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung die Fahrzeugsteuerung übernehmen muss (z. B. Fahren auf der Autobahn).	System, in einem spezifischen Anwendungsfall unter Erkennung der Systemgrenzen	System	Fahrer

4	Hochautomatisierung (VDA: Vollautomatisierung)	Automatisierte Führung des Fahrzeugs ohne die Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagiert. Ohne menschliche Reaktion steuert das Fahrzeug weiterhin autonom.	System übernimmt und bewältigt in einem spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch	System	System
5	Vollautomatisierung (VDA: Fahrerlos)	Vollständig autonomes Fahren ohne Fahrer von Start bis Ziel.	System, unter allen denkbaren Anwendungsfällen	System	System

Eigene Darstellung nach ERI³ und VDA⁴

3 Stefan Karch: Autonomes Fahren aus Sicht der Bahntechnik, in: Eisenbahn-Revue International 1/2019 (Minirex-Verlag, Luzern), S. 20–25.

4 Automatisierung: Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Verband der Automobilindustrie (Hrsg.), September 2015, www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automatisierung.pdf, abgerufen am 10.09.2019.

Automatisierungsgrade bei Pkw

Gegenwärtig sind Pkw-Modelle bis zur Automatisierungsstufe 2 von 5 kommerziell erhältlich. Eine besondere öffentliche Aufmerksamkeit bekam in jüngster Vergangenheit vor allem der US-Hersteller Tesla, der seine Modelle mit einem sog. Autopiloten ausstattet, der trotz des griffigen Namens jedoch nur Level 2 (Teilautomatisierung) entspricht, denn die Hände des Autofahrers müssen am Lenkrad bleiben. Tesla rüstet jedoch die Fahrzeuge bereits heutzutage mit umfangreicher Sensorik und Technik aus, die in Zukunft auch für höhere Automatisierungsgrade geeignet sind.⁵ Das erste kommerziell erhältliche Pkw-Modell mit Automatisierungsgrad der Stufe 3 (Bedingte Automatisierung) ist der Audi A8 seit 2018.⁶ Allerdings gibt es für Level 3 keine behördliche Zulassung und technische Probleme, so dass hochautomatisiertes Fahren mit diesem Modell noch nicht möglich ist.⁷ Generell können je nach Anwendungsfall unterschiedliche Automatisierungsstufen zur Anwendung kommen. So zeigen Mercedes⁸ und Volkswagen⁹ prototypisch das fahrerlose Einparken entsprechend Level 5 (Vollautomatisierung) in entsprechend vorbereiteten Parkhäusern. Die Anwendungsfälle Autobahn- oder Stadtverkehr werden in solchen Pkw dennoch nicht fahrerlos sein. BMW wird frühestens 2021 mit BMW iNext ein Auto mit Level 3 (Bedingte Automatisierung) im normalen Straßenverkehr in Endkundenhand geben.¹⁰

Pkw mit einem Automatisierungsgrad der Stufe 4 (Hochautomatisierung) werden in den USA mit Ausnahmegenehmigungen im öffentlichen Straßenraum betrieben. Hierbei sitzen Mitarbeitende der jeweiligen Anbieterin auf dem Fahrersitz, müssen allerdings nur im Notfall in das Geschehen eingreifen. Es handelt sich beispielsweise um den Chauffeurservice Lyft und seinen Technologiepartner Aptiv, Waymo als Roboterauto-Tochter von Google und den Fahrdienst Uber mit umgebauten Volvo- und Ford-Pkw.¹¹ Seit Ende 2017 betreibt Waymo einen lokal ein-

5 www.tesla.com/de_DE/autopilot, abgerufen am 10.09.2019.

6 www.audi-mediacyber.com/de/per-autopilot-richtung-zukunft-die-audi-vision-vom-autonomen-fahren-9305/der-neue-audi-a8-hochautomatisiertes-fahren-auf-level-3-9307, abgerufen am 10.09.2019.

7 www.sueddeutsche.de/auto/ces-autonomes-fahren-1.4278071, abgerufen am 10.09.2019.

8 media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Daimler-und-Bosch-praesentieren-erstmalig-fahrerloses-Parken-in-China.xhtml?oid=41244501, abgerufen am 10.09.2019.

9 www.vision-mobility.de/de/news/volkswagen-will-autonom-parken-lassen-1506.html, abgerufen am 10.09.2019.

10 Matthias Hohensee, Stefan Hajek, Martin Seiwert: Wie eine Mission zum Mars, in: WirtschaftsWoche Nr. 11 (08.03.2019), S. 50–53.

11 Matthias Hohensee, Stefan Hajek, Martin Seiwert: Wie eine Mission zum Mars, in: WirtschaftsWoche Nr. 11 (08.03.2019), S. 50–53.

geschränkten Fahrdienst in Level 5, bei dem ein Mitarbeitender lediglich auf der Rückbank sitzt.¹² Ein „Robo-Taxi“-Dienst von Waymo auf einer Fläche von 260 Quadratkilometern in der US-Stadt Phoenix (Arizona) ermöglicht es einigen Hundert Testkunden seit Ende 2018, Fahrzeuge mit Level 4 oder 5 per App zu ordern und sich ohne Chauffeur ans Ziel fahren zu lassen.¹³

Automatisierungsgrade im Busverkehr

Im Busverkehr in Deutschland gibt es mehrere Pilotprojekte, öffentlichen Personenverkehr auf der Straße zu automatisieren, beispielsweise in Bad Birnbach und Berlin. Die Deutsche Bahn AG betreibt in Bad Birnbach seit Oktober 2017 eine autonome Buslinie über 1,4 km Länge, davon 950 m im öffentlichen Straßenraum, der Rest in einer Fußgängerzone. Eine Verlängerung um zwei Kilometer von der Ortsmitte entfernten Bahnhof ist bis Ende 2019 vorgesehen.¹⁴ In Berlin laufen drei Pilotprojekte mit autonomen Bussen, hier allerdings auf nicht-öffentlichem Gelände, bei zwei Krankenhäusern und einem Hochschulcampus.¹⁵

In verschiedenen Orten fanden zeitlich begrenzte Verkehre mit automatisierten Fahrzeugen statt, etwa in Frankfurt,¹⁶ Mainz,¹⁷ Flughafen Weeze¹⁸ und Drolshagen.¹⁹ Neben diesen Pilotprojekten und Testfeldern mit wenig verkehrlichem Mehrwert sind bereits praxisnahe Anwendungen vorgesehen. Die Stadt Monheim plant die Anbindung der abseits gelegenen Altstadt an den Busbahnhof mittels autonomer Busse über einen Rundkurs von 3 km.²⁰ Im Landkreis Ostprignitz-Ruppin ist das Verbundprojekt AutoNV_OPR angelaufen, in dem die kreiseigene Busverkehrsgesellschaft ORP GmbH, die TU Berlin und die TU Dresden bis 2020 ein Modellvorhaben des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zur Erprobung autonomer Kleinbusse im ländli-

12 www.youtube.com/watch?v=WxZDc2BTQh4, abgerufen am 10.09.2019.

13 www.heise.de/-4242366, abgerufen am 10.09.2019.

14 www.deutschebahn.com/pr-muenchen-de/aktuell/presseinformationen/Wie-kommt-der-autonome-Kleinbus-in-Bad-Birnbach-an-Forschungsnetzwerk-stellt-Ergebnisse-vor-4210652, abgerufen am 10.09.2019.

15 www.heise.de/ct/ausgabe/2018-10-Wo-und-wie-autonome-Busse-jetzt-schon-fahren-4031063.html?download=frei, abgerufen am 10.09.2019.

16 www.fr.de/frankfurt/frankfurt-autonome-busse-fahren-main-13024828.html, abgerufen am 10.09.2019

17 www.golem.de/news/navya-mainz-testet-autonomen-bus-am-rheinufer-1808-135897.html, abgerufen am 10.09.2019.

18 www.rp-online.de/nrw/staedte/goch/autonomes-fahren-als-test-am-airport-weeze-erster-bus-ohne-fahrer_aid-36931149, abgerufen am 10.09.2019.

19 www1.wdr.de/nachrichten/westfalen-lippe/sam-autonomer-bus-drolshagen-startet-100.html, abgerufen am 18.03.2020.

20 www.rp-online.de/nrw/staedte/langenfeld/monheim-testet-mini-busse-ohne-fahrer_aid-20653741, abgerufen am 10.09.2019.

chen Raum umsetzen.²¹ Erste Erfahrungen mit diesem Projekt wurden im Vertiefungsworkshop vorgestellt und diskutiert. Sie sind in das vorliegende Working Paper mit eingeflossen.

In allen bisherigen Pilotprojekten haben die Fahrzeuge einen rein elektrischen Antrieb, Verbrennungsmotoren spielen keine Rolle mehr. Genutzt werden neu konstruierte Kleinbusse, die nicht aus vorhandenen Modellen abgeleitet sind. In den oben genannten Projekten ist dies entweder das Modell EZ10 von Easymile oder das „Autonom Shuttle“ von Navya, beides französische Hersteller. Die in Deutschland durch Ausnahmegenehmigungen regulativ zugelassene Höchstgeschwindigkeit beträgt max. 15 km/h, und es können 6 bis 15 Passagiere befördert werden. Die technisch mögliche Höchstgeschwindigkeit der beiden Busmodelle beträgt im Sommer 2019 45 km/h. Diese Geschwindigkeit wird nicht nur vom Antrieb selbst erreicht, sondern auch durch die Umgebungsbeobachtung und Fahrtregulierung ermöglicht.²² Für autonome Kleinbusse der ZF Friedrichshafen AG, wie sie derzeit entwickelt werden, sind Höchstgeschwindigkeiten von 50 km/h innerstädtisch und ansonsten bis zu 80 km/h geplant, 100 km/h gelten als Fernziel.²³ Eine tatsächliche Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h wird für das Jahr 2021 mit einem autonomen Kleinbus in Hamburg angestrebt.²⁴

Die etwa 15 km/h Höchstgeschwindigkeit in der Anfangsphase sind angesichts der zu überwindenden Strecken im ländlichen Raum recht langsam, zumal dadurch die Benutzung von Landstraßen ausgeschlossen wird. Es handelt sich daher um „Schaufenster-Projekte“, mit denen die Nutzerakzeptanz und auch die Verkehrsbedarfe getestet werden.

Alle Fahrzeuge sind derzeit noch nicht autonom, sondern „bedingt automatisiert“ bzw. „hochautomatisiert“ in Stufe 3 unterwegs. Dabei gilt die Besonderheit, dass zwar sowohl Längs- als auch Querführung automatisiert sind, allerdings auf einer Art „virtuellen Schiene“ ein fest vorgegebener Linienweg abgefahren wird. Die Kleinbusse sind wie automatisierte Pkw mit vollständiger Sensorik wie Kameras und einem LIDAR-System, der laserbasierten Variante des RADAR, ausgestattet. Sie werden vom Hersteller auf dem konkreten Linienweg eingelernt und speichern dabei ein vollständiges, dreidimensionales Abbild ihrer Umgebung einschließlich Bäumen und Gebäuden und sind daher technisch in der

21 www.mil.brandenburg.de/media_fast/4055/Richter_TU%20Berlin.pdf, abgerufen am 10.09.2019.

22 www.heise.de/ct/ausgabe/2018-10-Wo-und-wie-autonome-Busse-jetzt-schon-fahren-4031063.html?download=frei, abgerufen am 10.09.2019.

23 www.automobil-elektronik.de/wp-content/uploads/sites/7/2019/01/AEL_2019_01-02_Internet.pdf, S. 52–55, abgerufen am 10.09.2019.

24 www.golem.de/news/autonomes-fahren-mit-heat-durch-hamburg-1907-142903.html, abgerufen am 10.09.2019.

Lage, Hindernissen auszuweichen und Fahrspuren zu wechseln. Aus regulativen Gründen hält ein Kleinbus jedoch vor einem Hindernis – parkender Pkw, Fußgänger, kleineren Objekten – an und dieses wird vom zwingend anwesenden Fahrtbegleiter per Handsteuerung umfahren. Auch den Abfahrtsauftrag nach jedem Stopp gibt der Fahrtbegleiter händisch ein.²⁵

Neben den genannten, französischen Herstellern Navya und Easymile engagiert sich das Gemeinschaftsunternehmen e.GO Moove GmbH des Automobilzulieferers ZF Friedrichshafen AG und der e.GO Mobile AG (Schwesterunternehmen des Herstellers des elektrischen Streetscooter Work für DHL) im Markt und plant, ab 2019 in Aachen den elektrisch-autonomen Kleinbus e.Go Mover zu bauen.²⁶ Erster bekannter Kunde ist der französische Mobilitätsanbieter Transdev, der mit diesem Modell ab 2020 sein Mobility-as-a-Service-Geschäft ausbauen möchte.²⁷

Die Continental AG arbeitet an Komponenten ihres Versuchsfahrzeugs CUbE (Continental Urban mobility Experience), das auf der Technik von Easymile beruht, an der Continental eine Minderheitsbeteiligung hält.²⁸ Wie bei den Pkw spielen bei der komplexen Sensorik teure LIDAR-Systeme eine große Rolle.

Im Oktober 2018 wurde das Joint Venture Schaeffler-Paravan Technologie GmbH & Co.KG gegründet, in dem ca. 50 Mitarbeitende autonom fahrende Kleinbusse entwickeln. Involviert sind auch die beiden norddeutschen Unternehmen Ibeo Automotive Systems GmbH und die Hanseatische Fahrzeug Manufaktur (HFM).²⁹ Am Unternehmen Ibeo ist die ZF mit 40 Prozent beteiligt.³⁰ Ein konkretes Fahrzeugmodell wurde noch nicht vorgestellt und noch kein Markteintrittstermin genannt.

Ein autonomes Kleinbus-Konzept namens „BusBee“ stellten der IT-Dienstleister Modis und die Hanseatische Fahrzeug Manufaktur GmbH

25 www.heise.de/ct/ausgabe/2018-10-Wo-und-wie-autonome-Busse-jetzt-schon-fahren-4031063.html?download=frei, abgerufen am 10.09.2019.

26 www.zeit.de/mobilitaet/2018-07/elektromobilitaet-e-busse-zf-hybrid-fahrzeug

27 www.automobil-industrie.vogel.de/transdev-und-ego-moove-arbeiten-an-shared-mobility-a-788686/, abgerufen am 10.09.2019.

28 www.continental-corporation.com/de/presse/pressemitteilungen/cube-trial-128142, abgerufen am 10.09.2019.

29 www.paravan-industry.com/service/news/details/paravan-race-car-auf-der-motorshow-essen/, abgerufen am 10.09.2019.

30 www.automobil-produktion.de/zulieferer/zf-steigt-bei-lidar-spezialist-ibeo-ein-219.html, abgerufen am 10.09.2019.

(HFM) im Jahr 2018 vor.³¹ Außer einer Visualisierung liegen noch keine technischen Daten und Zeitangaben vor.³²

Neben dem Kleinbussegment werden auch automatisierte Kraftomnibusse für den Linienverkehr entwickelt. Volvo hat Anfang 2019 den ersten von zwei Prototypen des Modells 7900 für bis zu 80 Fahrgäste vorgestellt, die zusammen mit der singapurischen Nanyang Technological University (NTU) entwickelt wurden. Sie werden zuerst auf dem Universitätsgelände und anschließend im Stadtverkehr erprobt.³³ Bereits 2016 stellte Daimler den „Future Bus mit CityPilot“ vor, einen hochautomatisierten, zwölf Meter langen Stadtlinienbus.³⁴ Konzipiert ist er vor allem für den Betrieb auf eigenen Trassen, wie sie bei Bus Rapid Transit (BRT)-Systemen üblich sind.³⁵ Sein öffentlicher Ersteinsatz fand im Juli 2016³⁶ auf der 20 km langen BRT-Linie in Amsterdam statt, wo das Fahrzeug mit bis zu 70 km/h fuhr.³⁷ Weitere öffentliche Einsätze sind nicht bekannt.

31 www.hanser-automotive.de/storage/asset/6885248/storage/master/file/40227966/download/OEM_2018_Mit-Disruptive-Engineering-zum-autonomen-Shuttle-Bus.pdf, abgerufen am 10.09.2019.

32 www.motionboard.de/concepts, abgerufen am 10.09.2019.

33 www.heise.de/-4326568, abgerufen am 10.09.2019.

34 www.elektronikpraxis.vogel.de/autonomer-und-intelligenter-stadtbus-fuer-brt-linien-a-603442/, abgerufen am 10.09.2019.

35 www.de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bus_Rapid_Transit&oldid=184701764, abgerufen am 10.09.2019.

36 www.blog.daimler.com/2016/07/20/weltpremiere-future-bus-unser-baby-faehrt-alleine/, abgerufen am 10.09.2019.

37 www.daimler.com/innovation/autonomes-fahren/future-bus.html, abgerufen am 10.09.2019.

Wechselwirkungen mit Mobility-as-a-Service-Konzepten

Begriffsdefinitionen

Im Zusammenhang mit dem Begriff „Mobility-as-a-Service“ werden in der Regel drei unterschiedliche Bedienungskonzepte genannt.³⁸ Das älteste ist das *Ride-Hailing*,³⁹ wobei das „to hail“ für „herbeiwinken oder -rufen“ steht. Hierbei winkt, schnipst oder ruft ein Fahrgast am Straßenrand ein Taxi herbei. Ins Digitale übertragen wurde dies in Deutschland durch die App myTaxi, die 2019 im Dienst „Free Now“ aufging. Ein potenzieller Fahrgast bestellt ein Fahrzeug zu seinem Standort und nutzt es anschließend allein zur „Einzelpersonenmitnahme“. Neuere, internationale Unternehmen sind Uber, Lyft und in Asien Didi. Da hier in der Regel Fahrgäste an private Fahrer anstelle lizenzierter Taxi-Fahrer vermittelt werden, ist Ride-Hailing in Deutschland nicht mit dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG) vereinbar und unzulässig.

Vom Begriff bekannter ist das *Ride-Sharing*,⁴⁰ die klassische Fahrgemeinschaft oder Mitfahrgelegenheit. Dabei stellen private Fahrer ihre freien Sitze Dritten an, würden die Fahrt aber auch ohne Mitfahrer aus Interesse an der eigenen Beförderung dennoch durchführen. Die Mitfahrer zahlen daher insgesamt weniger, als die Gesamtkosten der Fahrt betragen. Alle Rahmenbedingungen werden privat geregelt.

Erst in den letzten Jahren wurde das *Ride-Pooling*⁴¹ durch Smartphones und die dahinter stehende Informationstechnik technisch möglich. Wie beim Ride-Sharing werden mehrere Fahrgäste in einem Fahrzeug gebündelt („to pool“), die jeweils einzeln Start- und Endpunkt ihrer Reise im Smartphone angegeben haben und vor der Reise nichts voneinander wissen. Ein Algorithmus bestimmt für die verschiedenen Ride-Pooling-Fahrzeuge mit Berufsfahrern deren optimale Fahrtroute, um Fahrgäste aufzunehmen und an ihren ähnlichen Zielen abzusetzen. Im Gegensatz zum Ride-Sharing handelt es sich hier um kommerzielle Dienste.

Mobility-on-Demand, Mobilität auf Abruf bzw. nach Bedarf, ist für die Nutzer bedarfsorientiert. Damit grenzt es sich vom klassischen Linienverkehr mit festgelegten Linienwegen und Abfahrtszeiten nach Fahrplan

38 André Koesling: Abgrenzung und Bestimmung neuer Mobilitätsbegriffe und -konzepte. Bachelorarbeit, Juli 2018, Ostfalia für angewandte Wissenschaften in Salzgitter, www.elib.dlr.de/121078/1/Bachelorarbeit_Koesling_2018.pdf, abgerufen am 10.09.2019.

39 www.clevershuttle.de/blog/was-ist-eigentlich-ride-hailing, abgerufen am 10.09.2019.

40 www.clevershuttle.de/blog/was-ist-eigentlich-ridesharing, abgerufen am 10.09.2019.

41 www.clevershuttle.de/blog/was-ist-eigentlich-ridepooling, abgerufen am 10.09.2019.

ab. Zu Mobility-on-Demand gehören neben den drei genannten Varianten Ride-Sharing, Ride-Hailing und Ride-Pooling auch klassische Anrufbussysteme und das Carsharing, sei es mit festen oder flexiblen Stationen. Da bei diesen Mobilitätsangeboten der „körperlich agierende Beförderungsdienstleister“ in den Hintergrund tritt und es eher um die Informationsbereitstellung der möglichen Reisevarianten geht, wird verallgemeinernd von „Mobility-as-a-Service“ gesprochen.⁴²

Automatisierte und zukünftig autonome Busse sind zwar vorrangig eine technische Fahrzeugentwicklung, ihre Anwendung wird jedoch perspektivisch in Ridepooling-Diensten geschehen. Solche Ridepooling-Dienste sind bereits heute verfügbar, sie beruhen darauf, dass ein Fahrgast Start- und Zielpunkt seiner Fahrt im Mobiltelefon per App angibt – in der Regel ohne feste Haltestellen, sondern an beliebigen Adressen im Bedienungsgebiet. Ein Algorithmus zur Fahrtenplanung koordiniert die Fahrtrouten und Fahrzeuge, wobei sich mehrere Fahrgäste ein Fahrzeug auf der optimierten Route teilen. Abgerechnet wird die gewünschte Route des Fahrgastes, Umwege zur Aufnahme weiterer Fahrgäste erhöhen den Zeitbedarf, vermindern jedoch in der Regel die Kosten. Solche vernetzten Systeme, derzeit noch von Berufskraftfahrern gelenkt, sind praktische Beispiele der Digitalisierung und von „Mobility-as-a-Service“. Sie werden prototypisch in verschiedenen Orten getestet, genannt seien Duisburg (myBUS),⁴³ Berlin (BerlKönig),⁴⁴ Hamburg und Hannover (Moia),⁴⁵ Leipzig, München, Stuttgart, Dresden, Frankfurt (Main) und ebenfalls Berlin und Hamburg (CleverShuttle)⁴⁶ sowie im ländlichen Raum in Freyung/Bayern (freYfahrt)⁴⁷ und im Landkreis Vorpommern-Greifswald in Mecklenburg-Vorpommern (ILSE-Bus).⁴⁸ Der Anbieter CleverShuttle nutzt anstelle von Kleinbussen ausschließlich Pkw mit Elektroantrieb, teilweise das Brennstoffzellenfahrzeug Toyota Mirai sowie Plug-in-Hybride.⁴⁹ Während Moia vom Volkswagen-Konzern betrieben wird, sind in Berlin, Duisburg und Freyung die kommunalen Verkehrsunternehmen engagiert. Die technische Infrastruktur, also

42 André Koesling: Abgrenzung und Bestimmung neuer Mobilitätsbegriffe und -konzepte. Bachelorarbeit, Juli 2018, Ostfalia für angewandte Wissenschaften in Salzgitter, www.elib.dlr.de/121078/1/Bachelorarbeit_Koesling_2018.pdf, S. 15f, abgerufen am 10.09.2019.

43 www.dvg-duisburg.de/mybus/, abgerufen am 10.09.2019.

44 www.berlkoenig.de/, abgerufen am 10.09.2019.

45 www.moia.io/de-DE, abgerufen am 10.09.2019.

46 www.clevershuttle.de/, abgerufen am 10.09.2019.

47 www.freyfahrt-freyung.de/, abgerufen am 10.09.2019.

48 www.modellvorhaben-versorgung-mobilitaet.de/neuigkeiten/newsartikel/news/ilse-bus-in-der-modellregion-vorpommern-greifswald-gestartet/, abgerufen am 10.09.2019.

49 www.land-der-ideen.de/erfolgsgeschichten/erfolgsgeschichte-gruenes-ridesharing-von-clevershuttle, abgerufen am 10.09.2019.

Apps für Fahrgäste und Fahrpersonal als auch die automatisierte Routenplanung, liegt jedoch bei jungen IT-Unternehmen wie door2door in Berlin (myBUS Duisburg, freYfahrt Freyung) oder ViaVan (Berlkönig Berlin). Letzteres ist ein Joint-Venture von Mercedes-Benz Vans und dem US-amerikanischen Unternehmen Via, das seine „On-Demand-Transit-Technologie“ lizenziert.⁵⁰ In den Hamburger Stadtteilen Lurup und Osdorf fahren seit 2018 vollelektrische Pkw der Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH (VHH), deren IT-Infrastruktur – die Kunden-App die und interne Verkehrssteuerung – von ioki, einer DB-Tochtergesellschaft, betrieben wird.⁵¹

Die beschriebenen On-demand-Mobilitätsdienste sind für die Nutzenden bedarfsorientiert und richten sich individuell nach dessen Anforderungen bezüglich Abfahrtsort, -zeit und Zielort. Konzeptionell scheinen sie geeignet, in Zukunft durch öffentliche, autonome Verkehrsmittel betrieben zu werden. Die oben beschriebenen Pilotprojekte mit Kleinbussen wie in Bad Birnbach werden allerdings noch in einer Art „Linienverkehr“ entlang fester Routen betrieben, wenn auch nicht immer mit festen Fahrzeiten. On-demand-Verkehre mit großem Bedienungsgebiet können mit Fahrpersonal in absehbarer Zeit besser bedient werden, da dieses flexibler auf alle örtlichen Gegebenheiten reagieren kann als autonome Systeme, die derzeit auf ihren konkreten Streckenverlauf eingelernt werden müssen.

Das Themenfeld der On-demand-Mobilitätsdienste wurde im Vertiefungsworkshop von den Fachleuten kontrovers diskutiert. Ridepooling zusammen mit autonomen Fahrzeugen erscheint gegenwärtig als eine technikgetriebene Vision. Es wurde von einigen Fachleuten eingebracht, dass der direkte Zusammenhang zwischen automatisierten Bussen und On-demand- sowie Ridepoolingdiensten nicht gegeben sei. Ridepooling funktioniere unabhängig von automatisiertem Verkehr. Zudem wurde eingebracht, dass auch im ländlichen Raum kein Nutzen zu erwarten sei, weil hier bereits der gewöhnliche Omnibus das „Pooling-Instrument“ sei und ein „eingesparter“ Fahrer keinen Fortschritt bringe. Die langen Wegstrecken und Fahrzeiten in einer ländlichen Siedlungsstruktur wären angesichts der derzeit noch geringen Geschwindigkeit autonomer Kleinbusse für die Fahrgäste zudem unattraktiv.

50 www.media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Berliner-Verkehrsbetriebe-BVG-und-ViaVan-ein-Joint-Venture-von-Mercedes-Benz-Vans-und-Via-Das-kommt-wie-gerufen---BVG-Mercedes-Benz-Vans-und-Via-bringen-On-Demand-Ridesharing-nach-Berlin.xhtml?oid=32393717, abgerufen am 10.09.2019.

51 www.vhhbus.de/ioki-hamburg/, abgerufen am 10.09.2019.

Fördernde und hemmende Einflussfaktoren

Fördernde Faktoren

Erschließung neuer Einsatzgebiete

Bei den automatisierten Bussen sind derzeit allein Kleinbusse im Einsatz. Gerade diese Modelle erlauben neue Einsatzgebiete, etwa zur Quartierserschließung. Auch verkehrsberuhigte Bereiche wie etwa Universitätsgelände oder Großfriedhöfe sind denkbar. Im Ortsteil Keitum der Gemeinde Sylt ist seit Mai 2019 ein automatisierter Kleinbus unterwegs, dessen Bedienungsgebiet aufgrund der schmalen Straßen dort nicht mit einem Stadtlinienbus bedient werden kann. Der Kleinbus erschließt damit den Ortsteil selbst, der bisher nur am Rand durch eine Bushaltestelle im Westen und einen Bahnhof im Süden an den ÖPNV angeschlossen war.⁵²

Komfort und Zeitersparnis für Fahrgäste

Die digitalen Mobilitätsplattformen, Mobility-as-a-Service-Konzepte und perspektivisch der autonome, öffentliche Straßenverkehr können für die Fahrgäste Komfort und Zeitersparnis bedeuten. Die Reiseplanung kann aus einer Hand erfolgen. Kunden müssen sich nicht mehr an einzelnen Haltestellen orientieren, sondern bewegen sich von Tür zu Tür. Die Mobilitätsbedürfnisse können lückenlos gedeckt werden und wären an individuelle Anforderungen angepasst, etwa durch On-demand-Shuttle für die einfache Fahrt in die Innenstadt, ein größeres Carsharing-Fahrzeug für den Großeinkauf im Supermarkt oder Bus und Bahn für den täglichen Arbeits- oder Schulweg. Unergiebige Zeiten als Fahrzeugführer in einem privaten Pkw können vermindert werden.⁵³

Die Bedienung in dünn besiedelten Gebieten des ländlichen Raums durch autonome öffentliche Verkehrsmittel kann sich positiv auswirken, da hierdurch eine Angebotsverbesserung geschehen würde, die die Lebensqualität von Bewohnern ohne Pkw – ob generell oder nur temporär mangels Zweitwagen – steigert. In städtischen Gebieten könnte die Bedienung in den Schwachlastzeiten durch die kleinere Gefäßgröße autonomer Kleinbusse verdichtet werden. Dadurch könnten die Fahrzeuge

52 www.heise.de/newsticker/meldung/Sylt-Autonom-fahrender-Bus-wird-gut-angenommen-4436895.html, abgerufen am 10.09.2019.

53 Deutschland mobil 2030 – Verkehrs- und Mobilitätsszenarien im Kontext des Projektes „Deutschland mobil 2030“. VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.), 25.05.2018, S. 21

eines bestehenden ÖPNV-Netzes mit gebündelten Verkehren besser ausgelastet sein.

Klimaschutz

Öffentliche Verkehrsmittel stehen bereits heute für eine Form der Mobilität, durch die europäische und internationale Klimaschutzziele erreicht werden können. Jegliche weitere Vereinfachung der Zugänglichkeit öffentlicher Verkehrsmittel durch Mobilitätsplattformen und ein integriertes, unkompliziertes Ticketing aus einer Hand kann den sogenannten Modal Split (Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel) zugunsten des öffentlichen Verkehrs verschieben. Automatisierte Kleinbusse sind elektrisch und damit lokal emissionsfrei unterwegs, das gilt auch für Ridepooling-Dienste wie Clevershuttle. Anbieter wie Moia werden mittelfristig eine rein elektrisch angetriebene Flotte nutzen.⁵⁴ Für verlässliche Aussagen zur Klimabilanz sollten in Zukunft Untersuchungen aus der Praxis und Simulationen durchgeführt werden, um den Einfluss von Leerfahrten, der tatsächlich erreichten Poolingquoten und der Substitution privaten Autoverkehrs zu ermitteln.

Große und wirkungsvolle Transportkapazitäten können allerdings nicht mit elektrischen, automatisierten Kleinbussen erbracht werden, sondern nur mit zwei- und dreiachsigen Stadtlinienbussen mit Dieselmotoren, bei denen neue Technologien bereits heute Emissionen senken. Zudem ersetzt selbst ein mit 15 Fahrgästen mäßig besetzter Linienbus zehn Pkw.⁵⁵

Hemmende Faktoren

Rechtliche Situation

Die gegenwärtigen automatisierten Fahrzeuge fahren mit Sondergenehmigungen der Straßenverkehrsbehörden, die nur nach einem Sachverständigengutachten von TÜV oder Dekra erteilt wird, inklusive individuell festgelegter Höchstgeschwindigkeit. Anders als bei konventionellen Autos wird bei den automatisierten Bussen nicht nur das Fahrzeug selbst geprüft, sondern auch die Fahrtstrecke. Die Genehmigung gilt dann nur für die geprüfte Strecke⁵⁶ und setzt derzeit eine geschulte Be-

54 www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/volkswagen-mobilitaetsmarke-moia-startet-elektrobus-shuttledienst-in-hamburg-a-1247270.html, abgerufen am 10.09.2019.

55 www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport_DS.pdf, S. 7, abgerufen am 10.09.2019.

56 www.heise.de/select/ct/2018/10/1526008148939708, abgerufen am 10.09.2019.

gleitperson im Fahrzeug voraus.⁵⁷ Autonome Systeme halten sich akribisch an die Verkehrsregeln, was beim zukünftigen Wegfall der Begleitperson zu Problemen führen kann, die noch gelöst werden müssen. Blockiert etwa ein Fahrzeug eine einspurige Fahrbahn mit Fahrstreifenbegrenzung („durchgezogene Mittellinie“), begehen Menschen eine bewusste und pragmatische Regelübertretung und überholen – der Situation angepasst – durch Überfahren der durchgezogenen Mittellinie. Ein autonomer Bus würde solange warten, bis das stehende Fahrzeug den Weg frei macht.

Die Anbieter von Ridepooling-Diensten verstoßen formal gegen das Personenbeförderungsgesetz (PBefG), das lediglich zwei Arten von Nahverkehr zulässt: den Linienverkehr mit einem festen Fahrplan wie bei Bus und Bahn und das individuell bestellte Taxi mit Fahrer.⁵⁸ Dementsprechend agieren die Anbieter neuer Verkehrsangebote im Rahmen einer Experimentierklausel des PBefG.⁵⁹ Da die Zuständigkeiten nicht eindeutig geklärt sind, wird die Anwendung der Experimentierklausel teilweise als „rechtlicher Graubereich“ bezeichnet.⁶⁰ Der Arbeitskreis Öffentlicher Personenverkehr der Länder vertritt diese Auffassung gegenwärtig nicht.⁶¹ Im Rahmen des Haftungsrechts wird darauf hingewiesen, dass für autonome Fahrzeuge statt des Einsatzes auf öffentlichen Straßen erst einmal der Einsatz auf Privatgelände angestrebt werden könnte, etwa durch autonomes Fahren nur auf dem Gelände von Logistikunternehmen oder Betriebshöfen.⁶²

Soziale Kontrolle

Bei hoch- und vollautomatisierten Verkehrsmitteln fehlen am Ende der Entwicklung das Fahrpersonal oder die Fahrtbegleiter als sogenannte soziale Instanz, die z. B. Auskünfte geben oder Streitigkeiten im Fahrzeug verhindern bzw. Hilfe holen können. Auch Genderaspekte spielen eine Rolle – wie fühlen sich Frauen und Mädchen, für die der ÖPNV schon heute nicht immer attraktiv ist, in fahrerlosen Bussen? Allerdings sind in den existierenden, vollautomatisierten Verkehrsmitteln, wie z. B.

57 www.mil.brandenburg.de/media_fast/4055/Richter_TU%20Berlin.pdf, S. 15, abgerufen am 10.09.2019.

58 Stefan Hajek: Ein Bus wird kommen, in: WirtschaftsWoche Nr. 12 (16.03.2018), S. 56–59

59 www.media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Berliner-Verkehrsbetriebe-BVG-und-ViaVan-ein-Joint-Venture-von-Mercedes-Benz-Vans-und-Via-Das-kommt-wie-gerufen---BVG-Mercedes-Benz-Vans-und-Via-bringen-On-Demand-Ridesharing-nach-Berlin.xhtml?oid=32393717, abgerufen am 10.09.2019.

60 Stefan Hajek: Ein Bus wird kommen, in: WirtschaftsWoche Nr. 12 (16.03.2018), S. 56–59

61 Nach einer Auskunft eines Mitgliedes des Arbeitskreises.

62 www.springerprofessional.de/nutzfahrzeuge/automatisiertes-fahren/autonom-und-fehlerfrei-ueber-den-betriebshof/15944492, abgerufen am 10.09.2019.

den zwei Nürnberger U-Bahnlinien und den Hängebahnen an der Universität Dortmund und am Flughafen Düsseldorf, bisher keine derartigen Probleme bekannt geworden. Sie werden vom Personal der jeweiligen Leitstelle videoüberwacht.

Ein automatisierter Ansatz zur Innenraumüberwachung wurde im abgeschlossenen Forschungsprojekt „Integrierte Hilfe-Reaktionsketten zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV“ (InREAKT) erarbeitet. Ein Assistenzsystem kann anhand optischer, akustischer und mechanischer Sensoren sowohl Gefahrensituationen wie Schlägereien erkennen. Es registriert auch, ob eine Person bewusstlos am Boden liegt, im Fahrzeug ein verdächtiges Objekt zurückgelassen wird oder ob Personen an einer Haltestelle das Mobiliar zerstören. In allen Fällen wird ein Alarm automatisch an die Leitstelle übertragen. Ein Demonstrator wurde nach Abschluss des Forschungsprojektes bei den Verkehrsbetrieben Karlsruhe installiert.⁶³

Auch „von außen“ können hoch- und vollautomatisierte Verkehrsmittel attackiert werden, wie die Erfahrung von Waymo in Phoenix (Arizona) zeigt: andere Fahrer machen sich mitunter „eine Art Sport daraus“, die Roboterautos auszubremsen, sie mit Steinen zu bewerfen oder den Lack abzukratzen.⁶⁴ In einem hochautomatisierten Bus ohne Personal werden Vandalismus und Graffiti höchstwahrscheinlich zu einem größeren Problem als bisher schon werden.

Technische Einschränkungen

Wie bei den Pkw funktionieren automatisierte, öffentliche Verkehrsmittel häufig bei schlechten Umgebungsbedingungen wie starkem Regen, Schnee oder Glätte nicht zuverlässig – somit gerade dann, wenn manuell steuernde Fahrzeugführer im Individualverkehr sich eine Entlastung durch ein technisches System wünschen und auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen würden.⁶⁵

Anbieterinteresse vor Kundeninteresse, Neutralität

Für Kunden können die Mobilitäts-Plattformen durchaus ein undurchschaubares „schwarzes Loch“ sein, deren Neutralität sie in Frage stellen, was einen Vertrauensverlust bedeuten kann. Die Plattformen können die Gewichtung von Präferenzen entweder rein nach den Kundenwünschen ausrichten oder „verborgene Parameter“ festsetzen, die den Kunden nicht bekannt sind. Sucht ein Kunde nach einer Verbindung von

63 www.sifo.de/de/inreakt-integrierte-hilfe-reaktionsketten-zur-erhoehung-der-sicherheit-des-oepnv-2130.html, abgerufen am 10.09.2019.

64 Matthias Hohensee, Stefan Hajek, Martin Seiwert: Wie eine Mission zum Mars, in: WirtschaftsWoche Nr. 11 (08.03.2019), S. 50–53

65 www.heise.de/select/ct/2018/10/1526008148939708, abgerufen am 10.09.2019.

A nach B, wird die Verkehrsmittelauswahl und -zusammenstellung vom Anbieter beeinflusst werden: die App der Deutschen Bahn wird vermutlich eher den Fernverkehr und den hauseigenen Carsharing-Anbieter Flinkster bevorzugen und private Fernzugesanbieter unterdrücken, die App von Daimler eher die Autos aus dem eigenen Carsharing-Pool anbieten, oder ein Taxi, das mit mytaxi (firmiert seit 2019 als „Free Now“) kooperiert, statt ÖPNV-Verbindungen mit mehr als einmaligem Umsteigen. Auch für die kooperierenden Verkehrsunternehmen könnte die Gewichtung unklar sein und wäre durch ein transparentes Qualitätsmanagementsystem in aller Interessen zu sichern.

Die Bereitstellung von Fahrplan- und Echtzeitdaten der öffentlichen Verkehrsunternehmen wird durch die EU durch die „Richtlinie über offene Daten und Informationen des öffentlichen Sektors“ forciert.⁶⁶ Diese Daten stehen dann auch Dritten zur Verfügung, etwa zur Schaffung von intermodalen Routing-Apps und Mobilitätsplattformen. Im Gegensatz dazu werden privatwirtschaftliche Unternehmen nicht verpflichtet, ihre Daten zur Verkehrssteuerung der Allgemeinheit bereitzustellen, hier gilt weiterhin das Motto „Daten sind das neue Öl“. Die Bereitstellung der Verkehrsdaten kostet die öffentlichen Verkehrsunternehmen Geld – im Sinne der Neutralität wäre daher zu erwarten, dass auch private Mobilitätsanbieter Schnittstellen zu ihren Verkehrsdaten bereitstellen.

Öffentlicher Raum ist begrenzt

Transport und Verkehr finden im öffentlichen Raum statt, dieser Raum ist begrenzt und kann kaum ausgeweitet werden. In der politischen Diskussion wird das in den letzten Jahren meist beim Ausbau von Fahrradwegen offensichtlich, die vermehrt und verbreitert werden sollen. Das ist zwar prinzipiell erwünscht, geht aber zu Lasten des Platzes für Pkw und sonstigen Straßenverkehrs, was zu kontroversen Diskussionen führt. Selbst im ruhenden Verkehr ist die Umwandlung von Pkw-Parkplätzen in Fahrrad-Abstellplätze in Großstädten kaum möglich.⁶⁷ Auch die Schaffung eigener Trassen für Straßenbahnen ist mitunter schwierig. Insofern sind in Zukunft vermehrt „Verteilungskämpfe“ um den Straßenverkehrsraum in den Städten zu erwarten, sollten hier eine zunehmende Zahl automatisierter und/oder Ridepooling-Fahrzeuge unterwegs sein. Rechnerisch ersetzen Klein- und Omnibusse zwar mehrere Pkw, ein noch unbekannter Anteil von Fahrgästen wird jedoch nicht vom Pkw umsteigen, sondern aus dem Fuß- und Fahrradverkehr kommen und somit einen

66 www.ec.europa.eu/germany/news/20190123-offene-daten_de; abgerufen am 30.09.2019.

67 www.rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/aerger-ueber-neue-fahrradstaender-in-duesseldorf_aid-33287805, abgerufen am 30.09.2019.

erhöhten Platzbedarf haben, weil Mehrverkehre induziert werden.⁶⁸ Erschwerend kommt hinzu, dass sich diese Mehrverkehre in der Regel auf verdichtete Stadtviertel und nicht auf Randbezirke konzentrieren. Die Erfahrungen der letzten Jahre aus dem Freefloat-Carsharing von BMW und Daimler zeigen, dass von den Unternehmen nur Großstädte mit über 500.000 Einwohnern adressiert werden und Bedienungsgebiete der besseren Wirtschaftlichkeit wegen verkleinert wurden. Damit existieren in den städtischen Randgebieten keine Carsharing-Angebote mehr, wohl aber dort, wo bereits ein dichtes ÖPNV-Angebot besteht.⁶⁹ Dasselbe gilt für On-Demand-Angebote, die nicht von den kommunalen Unternehmen und den Kommunen initiiert sind (Beispiel MOIA in Hamburg und Hannover) Die Konzentration der Bedienung auf verdichtete Gebiete zeichnet sich auch bei denjenigen On-demand-Angeboten ab, die nicht von den kommunalen Unternehmen oder Kommunen initiiert sind, wie Moia in Hamburg und Hannover.

68 www.abendblatt.de/wirtschaft/article225896473/Warum-Moia-und-Co-doch-nicht-die-Loesung-sind.html, abgerufen am 30.09.2019.

69 www.wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/NHS_NRW_AP10_Analyse_Alternative_Oekonomie.pdf, S. 71, abgerufen am 30.09.2019.

Sozio-ökonomische Aspekte in Gegenwart und Zukunft

Der besonders offensichtliche Aspekt bei autonomen öffentlichen Verkehrsmitteln ist der Wegfall der qualifizierten Tätigkeit von Berufskraftfahrern. In den genannten Pilotprojekten werden sie durch sog. „Begleitfahrer“, „Fahrtbegleiter“ oder „Operatoren“ mit geringerer Qualifikation ersetzt, die als Rückfallebene dienen. Im gegenwärtigen Sprachgebrauch erscheint auch zunehmend häufig der Begriff „Steward“.⁷⁰ Angesichts des sehr geringen Zuwachses an autonomen Verkehrsmitteln, die zudem keinen bestehenden Linienverkehr ersetzen, und des Personalmangels bei Berufskraftfahrern scheint für die Beschäftigten im Omnibuslinienverkehr kurzfristig kein erhöhtes Rationalisierungsrisiko zu bestehen.

Generell wird es neue Anforderungen an Fachkräfte in Unternehmen des öffentlichen Verkehrs geben.⁷¹ Mit dem multimodalen Mobilitätsmarkt wandelt sich der öffentliche Verkehr vom klassischen Beförderer zum umfassenden integrierten Mobilitätsdienstleister. Die Digitalisierung und die Gestaltung neuer Produkte erfordern umfassende Aus- und Weiterbildung.⁷²

Die autonomen Kleinbusmodelle fahren rein elektrisch. Für die Arbeit an Hochvolt-Systemen ist eine Zusatzqualifikation des Werkstattpersonals nötig, um als Elektrofachkräfte für Arbeiten an Bussen mit Hochvolt-Systemen qualifiziert zu sein. Auch das Fahr- und Reinigungspersonal und Beschäftigte, die nicht am Hochvolt-System arbeiten, jedoch Servicearbeiten und mechanische Instandsetzungsarbeiten durchführen, müssen durch Unterweisung z. B. zu „elektrotechnisch unterwiesenen Personen“ qualifiziert werden.⁷³ Die völlig neuartige Sensortechnik und

70 www.wz.de/nrw/flughafen-weeze-so-faehrt-es-sich-mit-dem-ersten-autonomen-bus-in-nrw_aid-37082757, abgerufen am 30.09.2019. www.edison.handelsblatt.com/erleben/karlsruhe-mit-dem-autonomen-minibus-bis-vor-die-haustuere/23740422.html, abgerufen am 30.09.2019.

71 „Gemeinsam mit Sozialpartnern, Betriebsräten, Management, Beschäftigten sowie Arbeitsforschern erarbeitete (erste) praktische Ergebnisse sind: ein Praxisleitfaden mit sechs Umsetzungsbeispielen der Digitalisierung von Arbeit und Handlungsempfehlungen in Bezug auf nachhaltige Arbeits- und Technikgestaltung und Kompetenzentwicklung und ein Kriterienkatalog zu Anforderungen an ‚Gute Arbeit‘ im digitalen Wandel“, www.isf-muenchen.de/projekt/oepnv-40-den-digitalen-wandel-der-arbeit-sozialpartnerschaftlich-gestalten/, abgerufen am 30.09.2019.

72 Deutschland mobil 2030 – Verkehrs- und Mobilitätsszenarien im Kontext des Projektes „Deutschland mobil 2030“. VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.), 25.05.2018, S. 21

73 www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/OePNV_und_Bahnen/ProjektElektromobilitaet_Leitfaden_Betriebliches_Konzept.pdf?blob=publicationFile&v=9, abgerufen am 30.09.2019.

Fahrzeugsteuerung der autonomen Busse erfordert ebenfalls eine Weiterqualifikation der Werkstattmitarbeiter.

Eine entsprechende Qualifizierung für das Werkstattpersonal ist allein schon deswegen machbar, weil es deutlich weniger Werkstatt- als Fahrpersonal gibt. Eine höhere Qualifizierung beim Fahrpersonal wird von einem von den Fachleuten, die im April 2019 am Workshop in Berlin teilnahmen, nicht erwartet und wäre zum anderen wegen der Vielzahl der Fahrer auch ein größerer Kostenblock. Die Qualifizierungsansprüche an das Fahrpersonal sinken tendenziell – die „Fachkraft im Fahrbetrieb“, die den Aufstieg etwa in die Disposition oder in das Betriebshofmanagement ermöglicht, wird von den Unternehmen wenig nachgefragt – so die Einschätzung der o. g. Fachleute. Einsteiger in den Fahrdienst müssen nicht einmal mehr eine abgeschlossene Ausbildung als Berufskraftfahrer haben, häufig reicht ein Pkw-Führerschein aus, da die Verkehrsunternehmen den Busführerschein und die Erlaubnis zur Personenbeförderung als Qualifizierung anbieten.

Die Anforderungen an Personale in teilautomatisierten Bussen sind nach Einschätzung der Teilnehmenden des Workshops in Berlin noch nicht eindeutig. Die „Fahrtbegleiter“ müssen das automatische System am Laufen halten, also u. U. Pflege und einfache Wartung der Sensorik durchführen und die Batterie aufladen. Sie vermitteln den Fahrgästen ein Sicherheitsgefühl im gesamten Betriebsablauf. Je nach Art der Betriebsabwicklung müssen Fahrtbegleiter entweder nur bei Bedarf, wie etwa bei Fehlermeldungen bzw. Fahrzeugstillstand, eingreifen und händisch steuern, oder aber das Verkehrsgeschehen jederzeit überwachen, also auch ohne aktive Beteiligung stets „gedanklich mitfahren“, um binnen weniger Sekunden die Steuerung während der Fahrt zu übernehmen. Die erstgenannte Form der Betriebsabwicklung wird derzeit vor allem in den Kleinbussen angewandt, die aus regulativen Gründen mit weniger als 20 km/h fahren. Die ständige Überwachung trifft eher auf automatisierte Pkw zu, wie sie in den USA zu Testzwecken mit den üblichen Geschwindigkeiten unterwegs sind.

Im Verbundprojekt AutoNV_OPR im Landkreis Ostprignitz-Ruppin wurde für das Fahrzeug nach Aussagen eines Projektbeteiligten, der am Workshop im April 2019 in Berlin teilnahm, ein technisches Gutachten erstellt, für dessen Zulassung ein Operator nötig ist. Dieser Operator benötigt einen Führerschein, weil er mit einer manuellen Steuerung eingreifen muss, um etwa Hindernisse zu umfahren. Für die Fahrgastbeförderung ist ein Personenbeförderungsschein Voraussetzung. Der Operator betreut eine abschließbare Unterstell- und Lademöglichkeit und reinigt dort mit Wasser die Sensoren, dies aber nur oberflächlich. Operatoren werden nicht extra ausgebildet, sie bekommen Schulungen, um die

Steuerung per Joystick zu bedienen. Die Operatoren-Schulung wird durch den Fahrzeughersteller Easymile unterstützt, wobei auch technische Inhalte vermittelt werden, über die die Fahrgäste bei Interesse informiert werden. Kleinere Störungen, etwa an der Tür, kann womöglich der Operator beseitigen. Der Fahrzeughersteller bietet eine Servicehotline an, ebenso eine Ferndiagnose-Möglichkeit. Bei größeren Störungen kann ein Servicetechniker aus der Berliner Easymile-Niederlassung angefordert werden. Bei konzeptionellen Problemen wird Personal vom Stammsitz in Frankreich eingeflogen. Den klassischen Reifenwechsel erledigt die Werkstatt des Verkehrsunternehmens.

Die Operatoren der Pilotprojekte sind in der Regel Mitarbeiter des Fahrdienstes. Sie werden auch dann für ihre Arbeitszeit bezahlt, wenn etwa wegen Schneefalls oder Nebel der Bus aus technischen Gründen nicht bewegt werden kann. Im Experten-Workshop gingen die Teilnehmenden davon aus, dass mindestens bis ins Jahr 2025 in allen Pilotprojekten Operatoren in den Bussen anwesend sein werden. Anschließend sei eine Überwachung aus einer Zentrale heraus von mehreren Fahrzeugen gleichzeitig denkbar, nicht aber eine Fernsteuerung.

Durch die generelle Digitalisierung von Mobilitätsangeboten bekommen die Mitarbeiter in der Informations- und Kommunikationstechnik der Verkehrsbetriebe neue Aufgaben.⁷⁴ Derzeit arbeiten hierfür vor allem externe Dienstleister, die den Verkehrsunternehmen die Mobilitätsplattformen und die Angebotssteuerung zur Verfügung stellen.

Die Pkw-Hersteller werden langfristig die Automatisierungsgrade Level 4 und 5 erreichen. Dann könnten sowohl private Pkw als auch Flottenfahrzeuge kostengünstige Fahrdienstleistungen erbringen, was den Nutzen öffentlicher Verkehrsmittel generell in Frage stellen würde – abgesehen davon, dass in Massenverkehrsmitteln eine höhere Fahrgastdichte pro Fläche erzielt wird als in den heute bekannten Pkw der universellen Bauform „Rennreiselimousine“.⁷⁵ Die selbstfahrenden Autos von Google resp. Waymo zeigen aber schon heute auf, dass die klassische Bauform etwa durch platzsparenden Elektroantrieb und den Wegfall der Lenksäule zur Disposition steht. Auch in den heute betriebenen Bussen von Navya und Easymile ist die Fahrgastdichte bezogen auf die Fläche durch stehende Fahrgäste größer als bei klassischen Pkw.

Für die autonomen Busse können zwei plausible Anwendungsszenarien angenommen werden: das eine Szenario ist die Überbrückung der sogenannten letzten Meile in der Stadt. Hier bleiben die etablierten öffentlichen Verkehrsmittel erhalten und werden ergänzt durch autonome

74 www.mags.nrw/arbeit-4-0-oepnv-tagung, abgerufen am 30.09.2019.

75 www.vcd.org/service/presse/pressemitteilungen/zur-elektromobilitaets-offensive-von-rwe/, abgerufen am 30.09.2019.

Fahrzeuge, die die Feinverteilung in der Fläche übernehmen können. Ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unterstütztes Pilotprojekt in Osnabrück⁷⁶ soll zeigen, dass ein autonomer Kleinbus ein Wohngebiet an den Stadtlinienverkehr anschließen kann.⁷⁷ Dieses Vorhaben ist anspruchsvoll, da in der Stadt die „letzte Meile“ von oder zu einem Sammelpunkt wie bei einer Haltestelle sehr komplex ist. Das Ein- und Aussteigen an einer beliebigen Haustür bedeutet wegen Einbahnstraßen, Behinderung durch Lieferverkehre und wegen der Parkplatzsituation mehr oder weniger ausgeprägte Zeitverluste. Neben der räumlich begrenzten Feinverteilung wäre in Schwachverkehrszeiten auch die Übernahme größerer Bedienungsgebiete möglich, wie das seit Sommer 2019 in Duisburg mit myBUS praktiziert wird.⁷⁸

Das andere Szenario orientiert sich am ländlichen Raum, der durch Ridepooling mit automatisierten Fahrzeugen erstmals in dünn besiedelten Gebieten Mobilität für viele Menschen überhaupt erst ermöglicht, für Senioren, Kinder, Jugendliche und für Familien ohne Zweitwagen.⁷⁹ Ein Beispiel ist der „Nachfragegesteuerte Autonom Fahrende Bus“ (NAF). Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fördert das Zukunftskonzept „ÖPNV-On-Demand“ im Rahmen der Förderrichtlinie „Automatisiertes und vernetztes Fahren“ in Dithmarschen (Schleswig-Holstein), u. a. in Keitum auf Sylt.⁸⁰ Ein vergleichbares, BMVI-unterstütztes Vorhaben mit autonom fahrenden Bussen ist das oben bereits diskutierte Verbundprojekt AutoNV_OPR im Landkreis Ostprignitz-Ruppin. Für den ländlichen Raum sind zudem die „Finanzierungsroutinen des öffentlichen Verkehrs“ von Interesse, die bereits exemplarisch wissenschaftlich untersucht werden.⁸¹

Im Rahmen von Forschungs- oder Förderprojekten gilt es, nicht zu übersehen, dass jegliche Verkehre, ob im Liniendienst, mit On-demand- oder autonomen Fahrzeugen letztendlich finanziert werden müssen. Ausschreibungen und Bestellungen durch die Aufgabenträger bestimmen das Angebot, und dort, wo heute keine Verkehre existieren, müssen sie in Zukunft auch bei neuen technischen Möglichkeiten finanziert

76 www.stadtwerke-osnabrueck.de/privatkunden/alle-meldungen-fuer-privatkunden/nachricht/artikel/projekt-hub-chain-nimmt-fahrt-auf.html, abgerufen am 30.09.2019.

77 www.noz.de/lokales/osnabrueck/artikel/801478/busse-in-osnabrueck-kuenftig-fahrerlos-unterwegs-2, abgerufen am 30.09.2019.

78 www.newstix.de/?session=&site=actual&startentry=70&entmsg=true&mid=457892, abgerufen am 30.09.2019.

79 Stefan Hajek: Ein Bus wird kommen, in: WirtschaftsWoche Nr. 12 (16.03.2018), S. 56–59

80 www.naf-bus.de/, abgerufen am 30.09.2019.

81 www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/autoNV_OPR.html, abgerufen am 30.09.2019.

werden. Aus Fahrgastsicht betrachtet fällt schon heute auf, dass ÖPNV-Sonderformen wie Anruf-Sammel-Taxi oder Anruflinienfahrt nur von Fahrgästen benutzt werden, denen keinerlei verkehrliche Alternativen zur Verfügung stehen. Das gilt besonders, wenn mit diesen Verkehren Tarifaufschläge verbunden sind, so dass ein erhöhte Fahrgastbeitrag für zukünftige automatisiert-autonome On-demand-Dienste eher zu einer Art Zweiklassen-Nutzergruppen führt und offen lässt, wie ein autonomer öffentlicher Verkehr wirtschaftlich aufgestellt werden kann. In den bestehenden Pilotprojekten wird schon aus Gründen der Vereinfachung meist kein Fahrpreis erhoben, was Annahmen über die zukünftige, kostenpflichtige Nutzung schwierig macht.

Das Geschäftsmodell der beiden marktbeherrschenden französischen Hersteller sieht vor, dass die Kleinbusse vom Kunden käuflich erworben werden. Eine Nutzung ist aber nur möglich, wenn eine regelmäßige Nutzungsgebühr gezahlt wird. Auch geschieht die Inbetriebnahme allein durch die Hersteller, die entscheiden, welche Straßen und Wege für ihre Fahrzeuge tauglich sind – Straßen mit Kopfsteinpflaster sind beispielsweise ausgeschlossen – und dann die Einmessung der Fahrzeuge auf die Umgebung selbst vornehmen. Die ÖPNV-Betriebe sind durch diese Herstellermaßgaben in einer eher untergeordneten Rolle und können nicht auf die Daten zurückgreifen, die durch die von ihnen durchgeführten Daten gesammelt werden. Ihnen fehlen Entscheidungsfreiheiten, die bei der herkömmlichen Busflotte wie selbstverständlich vorhanden sind.

Da die Hersteller der autonomen Systeme den Preis einer „herkömmlichen“ Fahrleistung kennen, könnte es langfristig dazu kommen, dass trotz eingesparter Kosten für das Fahrpersonal die Nutzungsgebühren durch die Fahrzeughersteller so kalkuliert werden, dass für Kommunen bzw. ÖPNV-Aufgabenträger keinerlei Einsparungen übrig bleiben.

Disruptive und inkrementelle Veränderungen

Disruptive Veränderungen kommen entweder durch neuartige technische Möglichkeiten auf den Markt oder durch neue Bedarfe. Betrachtet man den Bedarf nach autonomem Busverkehr, darf seine Notwendigkeit – so die Fachleute, die am Workshop in Berlin teilnahmen – gegenwärtig durchaus bezweifelt werden. Selbst die bei autonomen Pkw oftmals genannte Unfallreduzierung und Stauvermeidung ist für autonome, öffentliche Straßenverkehrsmittel nicht relevant. Vielmehr kann das eher disruptive Erscheinen von autonomen Kleinbussen auf neuartige technische Möglichkeiten zurückgeführt werden, die auf einem einfach zu beherrschenden Elektroantrieb sowie die inzwischen auf kleinem Raum ausreichende Rechenleistung für die Auswertung der Sensoren in Echtzeit für die Fahrzeugsteuerung beruhen. Daraus resultiert dann eine politische Rationalisierung von autonomen Bus-Projekten, die von positiven Effekten auf öffentliche Verkehre im ländlichen Raum oder auf der „letzten Meile“ in der Stadt ausgehen, ohne die auch hier entstehenden Kosten zu bedenken. In der technischen Entwicklung ist zu beachten, dass sich alle automatisierten Kleinbusse in Deutschland bisher entlang eines streng vorgegebenen Fahrweges bewegen. Bei den automatisierten Omnibussen fährt der von Daimler vorgestellte „Future Bus“ ebenfalls auf einer eigenen, fest definierten Trasse. Erst mit der technischen und regulativen Realisierung eines fahrerlosen On-demand-Verkehrs in einem definierten Bedienungsgebiet ohne fest vorgegebenen Linienweg wäre eine Anwendungsstufe erreicht, die disruptive Veränderungen zur Folge hätte. Diese Anwendungsstufe wird nach Einschätzung der Experten im Vertiefungsworkshop frühestens im Jahr 2030 erreicht werden.

Für den öffentlichen Verkehr insgesamt ist die Überarbeitung des Personenbeförderungsgesetzes von großer Bedeutung. Geplante Änderungen bei der Regulierung des Markteintritts von Ridepooling-Anbietern und der Durchführung von Taxi- und Mietwagenverkehren würden das bestehende Verkehrssystem neu strukturieren.

Bei der Fahrzeugtechnik selbst kann von einer stetigen Weiterentwicklung und damit eine Erhöhung der Automatisierungsgrade ausgegangen werden. Diese wird schrittweise in den Markt eingeführt, was bei den Pkw zuerst in Modellen der Oberklasse erfolgt. Bei den öffentlichen Verkehrsmitteln werden einzelne Städte oder Regionen Vorreiter in der Anwendung sein. Das kann dazu führen, dass autonome öffentliche Verkehrsmittel einen niedrigschwelligen, vertrauensbildenden Zugang zu autonomen Fahrzeugen bilden, wie dies bereits bei der Pkw-Elektrifizierung durch Elektrofahrzeuge in Carsharing-Flotten versucht wird.

Für Pkw ist der nächste Entwicklungssprung die bedingte Automatisierung in Level 3, die sich für den Fahrer durch eine besondere Schwierigkeit auszeichnet: er muss in einem Zeitraum von einigen Sekunden in der Lage sein, das selbständig agierende Fahrzeug zu übernehmen, wenn dieses mit den Verkehrsumständen nicht mehr zurecht kommt. Dafür liegt zwar ein juristischer Rahmen vor, doch erscheint es in der Praxis schwierig, dass Autofahrer nach ablenkenden Tätigkeiten in kurzer Zeit wieder vollständig am Verkehrsgeschehen teilnehmen. Daher gibt es bereits öffentlich vertretene Stimmen, Stufe 3 zu überspringen und direkt mit Stufe 4 in den Markt einzusteigen.⁸² Der dafür nötige Entwicklungszeitraum wäre für autonome Busse und ihre Betreiber eine gute Möglichkeit, sich als fortschrittlich zu profilieren.

Es gibt eine weitere Möglichkeit, dass automatisierte öffentliche Verkehrsmittel auf der Straße rascher in den Einsatz kommen als automatisierte Pkw. In den USA wird daran gearbeitet, dass Pkw sich autark, ohne Vernetzung mit anderen Fahrzeugen oder der Infrastruktur, automatisiert fortbewegen können. In Deutschland gibt es einen starken perspektivischen Fokus auf Konzepte mit Vehicle-to-Vehicle (V2V)- und Vehicle-to-Infrastructure (V2I)-Kommunikation unter dem Schlagwort „vernetzter Verkehr“.⁸³ Dies erfordert allerdings einen sehr hohen Aufwand zur Schaffung einer geeigneten Infrastruktur. Dass diese Infrastruktur in einem angemessenen Zeit- und Kostenrahmen flächendeckend zur Verfügung gestellt werden kann, erscheint gegenwärtig unwahrscheinlich, betrachtet man allein die Zeitschiene der nächsten Mobilfunkgeneration 5G.⁸⁴ Damit wären autonome und vernetzte Pkw nur im Inselbetrieb einsetzbar, was naturgemäß regional agierenden Verkehrsunternehmen ebenso gelingen und höhere Akzeptanz bescheren wird. Der technische Fortschritt im automatisierten Verkehrswesen wird allerdings nur dann in die reale Welt eingeführt, wenn es die entsprechenden regulativen Rahmenbedingungen dazu gibt. Die Schwierigkeiten von Audi, Level 3 im A8 straßentauglich zu machen, zeigen dies.

Treiber sind nach Einschätzung der Teilnehmenden des Expertenshops jedoch nicht nur Fahrzeughersteller und Verkehrsunternehmen, sondern sogenannte neue Player und Kooperationen mit neuen Playern. Das wird deutlich an den bestehenden Ridepooling-Aktivitäten, bei denen Verkehrsunternehmen wie die BVG und DVG mit IT-Dienst-

82 www.sueddeutsche.de/auto/ces-autonomes-fahren-1.4278071, abgerufen am 30.09.2019.

83 www.duesseldorf.de/suche/suche/news-detail/?L=0&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bnews%5D=22333&cHash=1b7f2f09de72f5e76a490fb8736ca689, abgerufen am 30.09.2019.

84 www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/098-dobrindt-5g-strategie.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 30.09.2019.

leisten wie door2door und ViaVan kooperieren müssen, um diese Mobilitätsprodukte anbieten zu können. Das gilt auch für die in Abschnitt 4 beschriebenen Plattformanbieter, die letztendlich die Dienste Dritter markeln. Als Beispiel sei der finnische Anbieter MaaS Global genannt, dessen Mobilitätsplattform „Whim“ in mehreren europäischen Städten sowohl Routenplanung als auch Bezahlung über ein breites Verkehrsmittelspektrum (öffentlicher Verkehr, Fahrrad, Carsharing, Taxi und Mietwagen) integriert.⁸⁵ Solche Unternehmen forcieren globale, erlös- und datenbasierte Geschäftsmodelle, die öffentliche Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger unter Druck setzen. Auch können dadurch neue Marktsegmente entstehen, die den bestehenden Modal Split zumindest regional disruptiv verschieben. Im schlimmsten Fall entsteht ein Verdrängungswettbewerb („Kannibalisierung“) und der Verlust von Marktanteilen für klassische ÖPNV-Anbieter.⁸⁶ Langfristig betrachtet könnten autonome Pkw in Privatbesitz auch durchaus das Alleinstellungsmerkmal des ÖPNV, ohne eigene Fahrerlaubnis gefahren zu werden, bedrohen.⁸⁷ Wenn der eigene Pkw wirklich vollständig autonom in Level 5 fährt, braucht der „Fahrzeugführer“ als Fahrgast seines eigenen Pkw keine Fahrerlaubnis bzw. keinen Führerschein mehr.

85 www.zeit.de/mobilitaet/2016-10/whim-app-transport-mobilitaet-oepnv-transport-wesen/komplettansicht, abgerufen am 30.09.2019.

86 Deutschland mobil 2030 – Verkehrs- und Mobilitätsszenarien im Kontext des Projektes „Deutschland mobil 2030“. VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.), 25.05.2018

87 www.presseportal.de/pm/110649/3792143, abgerufen am 30.09.2019.

Standort Deutschland

Die Entwicklung automatisierter und autonomer Pkw wird von den deutschen Autoherstellern stark betrieben. Sie scheint inhaltlich und finanziell sehr anspruchsvoll und damit nicht von einem Akteur allein zu bewältigen zu sein. Daimler und BMW haben zu Beginn des Jahres 2019 eine langfristige Allianz vereinbart, um die nächste Technologiegeneration mit Level 4 nach dem Jahr 2022 auf die Straße zu bringen und ein „zuverlässiges Gesamtsystem“ anstelle „individueller Insellösungen“ anzugehen.⁸⁸ Die Kooperation der Wettbewerber deutet darauf hin, dass sie sich aus eigener Kraft den Herausforderungen nicht gewachsen sehen – was bei ihrem Kerngeschäft Fahrzeug- und Motorenbau undenkbar erscheint.⁸⁹ In Deutschland scheint die traditionelle, langwierige Entwicklung eines „perfekten Systems“ in Arbeit zu sein, während die gegenwärtigen Entwicklungen in den USA eher auf „Learning by Doing“ hindeuten.

Ebenfalls Anfang 2019 hatten BMW und Daimler bekannt gegeben, ihre Carsharing-Dienste *Drive Now* und *Car2go* zum gemeinsamen Unternehmen *Share Now* zusammenzuschließen, da offenbar kein größeres Marktwachstum mehr erwartet wird.⁹⁰ Insgesamt treten in den Mobilitätsmarkt und damit auch Automobilmarkt neue, branchenfremde und finanzstarke Akteure ein, wie etwa Google, Apple, Softbank als Investor aus Japan und Didi aus China.⁹¹ Den europäischen Markt für automatisierte Busse dominieren zurzeit die zwei französischen Hersteller Navya und Easymile, wie bereits in Abschnitt 3 erwähnt. Das Versuchsfahrzeug CUbE (Continental Urban mobility Experience) beruht auf der Technik von Easymile, hieran hält das deutsche Unternehmen Continental eine Minderheitsbeteiligung.⁹²

Navya ist ein Fahrzeughersteller, der neben Bussen auch autonome Taxen zu verkaufen plant. Der Gründer des Unternehmens, Christophe Sapet, kommt ursprünglich aus der Videospiele-Branche, Miteigentümer sind u. a. der Automobilzulieferer Valeo und mit Keolis S.A. eine interna-

88 www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/daimler-und-bmw-bilden-allianz-bei-roboterautos-und-autonomen-fahren-a-1255576.html, abgerufen am 30.09.2019.

89 www.finanzen.ch/nachrichten/aktien/bmw-und-daimler-wollen-harte-konkurrenten-bleiben-1028035518, abgerufen am 30.09.2019.

90 www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/car2go-drivenow-fusion-so-planen-daimler-bmw-fuer-carsharing-joint-ventures-a-1254745.html, abgerufen am 30.09.2019.

91 Matthias Hohensee, Stefan Hajek, Martin Seiwert: Wie eine Mission zum Mars, in: WirtschaftsWoche Nr. 11 (08.03.2019), S. 50–53

92 www.continental-corporation.com/de/presse/pressemitteilungen/cube-trial-128142, abgerufen am 30.09.2019.

tional tätige Tochtergesellschaft der französischen Staatseisenbahn SNCF.⁹³

Das Unternehmen Easymile sieht sich eher als Plattformbetreiber, denn das Fahrzeugmodell EZ10 wird vom französischen Unternehmen Ligier gebaut, dem Mutterunternehmen von Easymile. Eine Minderheitsbeteiligung hält der französische Eisenbahnhersteller Alstom S.A.⁹⁴

In Deutschland bildet sich als neuer Player das Gemeinschaftsunternehmen e.GO MOOVE GmbH des Automobilzulieferer ZF Friedrichshafen AG und der e.GO Mobile AG heraus. Die e.GO Mobile AG ist der Hersteller des elektrischen Streetscooter für die Paketauslieferung von DHL und hat Anfang 2019 eine Kooperation mit Volkswagen angekündigt.⁹⁵ Zulieferer wie ZF⁹⁶ und Bosch⁹⁷ arbeiten intensiv an autonomen, elektrischen Fahrzeugen, die explizit für den öffentlichen Verkehr und nicht für Pkw vorgesehen sind.

Bei den deutschen Omnibusherstellern Daimler Buses/EvoBus GmbH und MAN Truck & Bus AG sind für autonome Omnibusse lediglich die bereits oben beschriebenen Aktivitäten von Daimler bekannt, die 2016 mit der Vorstellung des „Future Bus“ öffentlich wurden. Da die französischen Kleinbus-Modelle rein elektrisch angetrieben sind, wäre ein Elektrobus im Portfolio deutscher Hersteller ein erstes Indiz für elektrisch-autonomes Fahren. Seit 2018 hat Mercedes mit dem eCitaro das erste vollelektrische Stadtbus-Modell im Angebot,⁹⁸ bei MAN ist kein elektrisches Modell lieferbar.⁹⁹ In diese Angebotslücke stoßen gegenwärtig Unternehmen wie Solaris aus Polen und Ebusco aus den Niederlanden. Ebusco kauft australische Fahrzeuge, die u. a. mit Teilen deutscher Zulieferer in China hergestellt werden und passt sie an den europäischen Markt an.¹⁰⁰ Da von der Europäischen Union verpflichtende Mindestquoten für die Neuanschaffung emissionsfreier Linienbusse vorgegeben sind, ist die Elektrifizierung der Modellpalette für die deutschen Buser-

93 www.navya.tech/en/about-navya/, abgerufen am 30.09.2019.

94 www.alstom.com/press-releases-news/2017/1/alstom-invests-in-easymile-a-start-up-developing-electric-driverless-shuttles, abgerufen am 30.09.2019.

95 www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig_harz_goettingen/VW-und-EGo-Partnerschaft-bei-Elektroautos,vw4788.html, abgerufen am 30.09.2019.

96 www.automobil-elektronik.de/wp-content/uploads/sites/7/2019/01/AEL_2019_01-02_Internet.pdf, S. 52–55, abgerufen am 30.09.2019.

97 www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-zeigt-die-mobilitaet-der-zukunft-schon-heute-178432.html, abgerufen am 30.09.2019.

98 www.eurotransport.de/artikel/elektrischer-stadtbus-fuer-hamburg-erster-mercedes-citaro-im-einsatz-10492916.html, abgerufen am 30.09.2019.

99 www.ecomento.de/2019/02/18/verband-bemaengelt-lieferbarkeit-und-preise-von-elektrobussen/, abgerufen am 30.09.2019.

100 www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/nutzfahrzeughersteller-daimler-und-man-werden-vom-elektro-boom-in-der-busindustrie-ueberrollt/23972820.html?ticket=ST-2775532-yFEoNXw3lKcjbhPtlykq-ap6, abgerufen am 30.09.2019.

steller perspektivisch von großer Bedeutung. Ab 2021 sollen 45 Prozent, bis 2030 mindestens 65 Prozent der neu angeschafften Omnibusse rein elektrisch angetrieben sein, sei es über Batterien oder Brennstoffzellen.¹⁰¹

Bei den Mobilitäts-Plattformen kommt door2door aus Deutschland, mit einer Niederlassung in Brasilien. ViaVan ist ein Joint-Venture von Mercedes-Benz Vans und dem US-amerikanischen Unternehmen Via. Bei CleverShuttle hat die DB eine Mehrheitsbeteiligung von den drei Gründern übernommen.¹⁰²

Als ein Katalysator für die Anwendung autonomer Verkehrsmittel in Deutschland könnte sich der ITS-Weltkongress mit prognostizierten 10.000 Teilnehmern in Hamburg im Oktober 2021 entwickeln, bei dem es im Fokus um intelligente Verkehrssysteme und Services geht, wozu auch das automatisierte und autonome Fahren gehört.¹⁰³ Um eine entsprechende Außenwirkung zu erzielen, stehen bereits heute mehrere Projekte mit dem Weltkongress als Anschauungsprojekte im Zusammenhang, wie etwa der Kleinbus HEAT – Akronym für *Hamburg Electric Autonomous Transportation* –, der ab 2021 ohne Fahrtbegleiter entsprechend Level 4 in der Hamburger Hafencity unterwegs sein soll.¹⁰⁴ Auch für den auf 23 km hochautomatisierten S-Bahn-Verkehr mit vier Fahrzeugen der S 21 zwischen Berliner Tor und Bergedorf/Aumühle ist als Zielpunkt zur erfolgreichen Demonstration der Weltkongress gesetzt.¹⁰⁵ Gleiches gilt für fünf elektrisch angetriebene VW Golf, die auf einer Teststrecke in Hamburg „vollautomatisiert“ im Oktober 2021 den erzielten Technikstand aufzeigen sollen.¹⁰⁶

101 www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/e-mobilitaet/der-zoegerliche-umstieg-des-oePNV-auf-elektro/, abgerufen am 30.09.2019.

102 www.ngin-mobility.com/artikel/deutsche-bahn-kauft-clevershuttle/, abgerufen am 30.09.2019.

103 www.hamburg.de/bwvi/weltkongress-2021/, abgerufen am 30.09.2019.

104 www.golem.de/news/autonomes-fahren-mit-heat-durch-hamburg-1907-142903.html, abgerufen am 30.09.2019.

105 www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Deutsche-Bahn-und-Siemens-entwickeln-digitalisierten-Betrieb-bei-der-S-Bahn-Hamburg--3183666, abgerufen am 30.09.2019.

106 www.hamburg.de/bwvi/weltkongress-2021/12407868/news-its-1/, abgerufen am 30.09.2019.

Thesen für die weitere Diskussion

Das vorliegende Working Paper hatte zum einen das Ziel, das Thema „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ im Kontext des derzeitigen Entwicklungsstandes, in Bezug auf Wechselwirkungen mit Mobility-as-a-Service-Konzepten und Einflussfaktoren sowie sozio-ökonomischer Bedeutung und disruptiver bzw. inkrementeller Innovationen in Verbindung mit dem Standort Deutschland zu strukturieren und zu diskutieren. Zum anderen war es das Ziel, Denkanstöße für eine breitere öffentliche Diskussion des Themas in einem innovations- und arbeitspolitischen Kontext zu liefern.

Die Anwendung autonomer öffentlicher Verkehrsmittel ist gegenwärtig – so ein zentrales Ergebnis des vorliegenden Working Papers – stark technikgetrieben – die Umfeldsensorik, schnell rechnende und kompakte IT-Systeme sowie einfach zu beherrschende, elektrische Antriebe und Batterietechnik sind bereits verfügbar. Sie werden seit einigen Jahren z. B. von zwei französischen Unternehmen gebaut und in Einzelfällen bereits eingesetzt. Deutsche Zulieferer wie Bosch und ZF Friedrichshafen sowie Hersteller wie die e.GO MOOVE GmbH zusammen mit Volkswagen und ZF arbeiten an automatisierten und autonomen Kleinbussen am Standort Deutschland.

Die Impulse für eine weitere Diskussion werden hier im Rahmen von 10 Thesen eingebracht. Sie dienen vor allem dazu, relevante Trends frühzeitig zu erkennen und diese für eine prospektive Innovations- und Technikgestaltung im Dreiklang von Mensch, Organisation und Technik nutzbar zu machen.

1. Das automatisierte Fahren ist derzeit ein Anbietermarkt: die öffentlichen Verkehrsunternehmen beobachten, was Fahrzeughersteller technisch ermöglichen und beteiligen sich an Pilotprojekten. Dabei werden die Geschäftsmodelle als Ganzes eher wenig berücksichtigt. Eine hohe Nutzerakzeptanz ist die Basis für sämtliche im vorliegenden Working Paper dargestellten Projekte. Dies gilt ebenso für die Akzeptanz und auch die Qualifikation der Beschäftigten. Ein Gestaltungsdiskurs kann miteinander kombinierte, technologische, organisatorische und soziale Innovationspfade hin zu einem gestärkten und nachhaltigen ÖPNV der Zukunft ermöglichen.
2. Der Mehrwert automatisiert-autonomer Busse wird gegenwärtig in verschiedenen Kontexten diskutiert. Das Zubringer-Verkehrsmittel der sogenannten letzten Meile in der Stadt ermöglicht – so eine Betrachtungsform – eine lückenlose Mobilität von Tür zu Tür ohne eigenen Pkw. Im ländlichen Raum könnte automatisierter Verkehr nicht nur als Zubringer-, sondern auch als exklusives Verkehrsmittel

dienen. Damit wird die Bündelungsfunktion des ÖPNV verstärkt, der in dicht besiedelten Gebieten durch eine Gefäßgröße bzw. Transportkapazität weit oberhalb von Pkw viele Menschen zur selben Zeit auf kleiner Fläche transportieren kann. Auch der rein elektrische Antrieb spielt hier eine Rolle. Weniger geeignet ist die Betrachtungsform des unfallfreien Fahrens, die bei Pkw zwar eine große Rolle spielt, aber nicht im ÖPNV, weil die Unfallrate öffentlicher Verkehrsmittel schon heute denkbar gering ist.

3. Autonome Fahrzeuge sind nur eine Komponente eines komplexen Systems. Ein weiterer wichtiger Teil sind Mobilitäts-Plattformen, die alle Fortbewegungsarten integrieren, planen und abrechnen. Hierbei gibt es einen Spannungsbogen zwischen der Datenhoheit und der Datenanalyse im jeweiligen Unternehmen als Wettbewerbsvorteil und der Notwendigkeit von offenen Schnittstellen und Datenübernahmen, um das Gesamtsystem endkundengerecht zu gestalten. Durch autonomes Fahren und On-demand-Fahrzeuge, die nicht im Linienverkehr sondern nur auf Fahrgastwunsch verkehren, wird eine günstig und attraktiv zu gestaltende Mobilität ermöglicht.
4. Die Akteurslandschaft ist gegenwärtig als uneinheitlich zu beschreiben. Neben bekannten Playern aus der Verkehrsbranche erscheinen völlig neue Akteure, meist aus der IT-Branche, und durchaus auch weltweit agierende Konzerne mit großer Finanzstärke. An den innovativen, französischen Busherstellern ist z. B. mit SNCF und Alstom auch die Eisenbahnbranche beteiligt. Diese Bushersteller üben durch ihr Geschäftsmodell mit Nutzungsgebühren eine neuartige Marktmacht aus.
5. Bei den On-demand-Diensten sind sowohl öffentliche Unternehmen als auch privatwirtschaftliche Unternehmen in einem umkämpften Markt aktiv. Der Ausgang dieses Wettbewerbs ist derzeit völlig offen. Das öffentliche Verkehrswesen in Deutschland ist vor allem durch rechtliche Rahmenbedingungen und eine unterstützende öffentliche Finanzierung geprägt. Wie die Anbieter kommunaler Verkehrsleistungen in diesem Zusammenspiel autonomen Verkehr anbieten wollen und können, wird eine der zentralen Fragen zukünftiger Mobilität sein.
6. Ein simples Abwarten ruft branchenfremde Player auf den Plan, die womöglich eine regulative Lücke finden, etwa durch den Einsatz autonomer Privat-Pkw als quasi-öffentliches Verkehrsmittel. Alternativ bietet es sich an, dass Gewerkschaften, Betriebs- und Personalräte und andere Akteure, wie z. B. der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), für eine Gesetzgebung eintreten, die autonome

- öffentliche Verkehrsmittel und Mobilitäts-Plattformen in ihrem Sinne und im Sinne guter Arbeit gestaltbar macht.
7. Für den Fall, dass die zukünftige Regulierung des Personenbeförderungsgesetzes neue Akteure bei Mobilitätsdienstleistungen zulässt, wird das zu starken Mehrverkehren in den Innenstädten der Ballungsgebiete führen, was den ÖPNV dort eher schwächen würde. Es wird kritisch zu beobachten sein, ob nur die Stadtzentrumnahe Stadtteile von Großstädten bedient werden oder ob auch Mittel- und Kleinstädte oder gar ländliche Räume von automatisierten Bussen bedient werden.
 8. Mit neuen Akteuren gäbe es aber auch die Notwendigkeit, Allianzen zu bilden und Neuausrichtungen zu beschreiben. Schwierig wird die Schaffung eines Gegenpols jedoch, wenn ein neuer Akteur wie Uber langfristig nicht einmal Gewinne plant, sondern lediglich den Markt beherrschen will.
 9. Ob es sich bei diesen (neuen) Akteuren um die bekannten deutschen Pkw- und Nutzfahrzeug-Hersteller handeln wird, kann durchaus bezweifelt werden. Die deutsche Automobilindustrie liegt beim autonomen Fahren gegenüber den USA zurück, wie die Allianz von Daimler und BMW zur Weiterentwicklung des autonomen Fahrens zeigt.
 10. Ob Mitarbeiter bei automatisiert-autonomen öffentlichen Verkehren „gute Arbeit“ leisten können, hängt von Bedingungen ab, die schon heute gelten: Die Laufzeit eines Verkehrsvertrages entscheidet über eine absehbare Weiterbeschäftigung. In Zukunft wird „gute Arbeit“ zu gewährleisten sein, indem im Zuge automatisierter Verkehre notwendige Tätigkeiten weiterhin durch Beschäftigte der ÖPNV-Unternehmen erbracht werden und nicht vorrangig etwa bei externen IT-Dienstleistern. Dazu sind qualifizierte und weiter zu qualifizierende Arbeitnehmer unabdingbar. Ein Gesamtkonzept ist frühzeitig anzugehen bevor es zu disruptiven Veränderungen bei Innovationen und Marktanteilen kommt.

Das Working Paper soll Denkanstöße zum Thema „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ liefern und eine Diskussion ermöglichen, die es erlaubt, heutige und zukünftige Gestaltungsräume frühzeitig zu erkennen und anzugehen.

Autoren

Oliver S. Kaiser, Diplom-Physiker, ist seit dem Jahr 2007 Technologieberater in der VDI Technologiezentrum GmbH. Nach fünf Jahren als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Arbeitsgebiet Mikrostrukturtechnik der Universität Dortmund war er anschließend als Applikations-Ingenieur bei der INTACTON GmbH mit optischer Messtechnik befasst. Er ist Autor von Studien über Elektromobilität, der Zukunft des Autos und der Automobil-Datensicherheit sowie über technische Ressourceneffizienzpotenziale in verschiedenen Branchen. Im gegenwärtig laufenden Projekt „Monitoring Innovations- und Technologiepolitik“ für die Hans-Böckler-Stiftung arbeitet er seit 2017 an den Themenfeldern Smart Data und Künstliche Intelligenz, Quantencomputer und Wasserstoff-Anwendungen.

Dr. Norbert Malanowski ist als Senior-Technologieberater und Projektleiter in der VDI Technologiezentrum GmbH seit 1999 vor allem in den Bereichen Innovations- und Arbeitspolitik, Technikfolgenabschätzung sowie Digitale Transformation von Wirtschaft und Arbeit tätig. Von 2005 bis 2007 hat er für die Europäische Kommission in Sevilla als Senior Scientific Fellow gearbeitet. Ergebnisse seiner Arbeit finden sich u. a. in den Publikationen „Digitalisierung und Industrie 4.0 – Technik allein reicht nicht?“ (2017, IG BCE, Hannover), „Digitalisierung in der chemischen Industrie“ in: „Grand Challenges meistern – der Beitrag der Technikfolgenabschätzung“ (2018, Edition Sigma, Berlin), „Information and Communication Technologies for Active Ageing“ (2009, IOS Press, Amsterdam und „Nanomaterialien. Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit“ (2013, vdf Hochschulverlag, Zürich). Zudem ist Norbert Malanowski seit 2009 als Gastdozent im Bereich Innovations- und Arbeitspolitik an der Universität Witten/Herdecke aktiv. Vor seinem Studium der Politikwissenschaft/Politischen Ökonomie an den Universitäten Duisburg und Toronto hat er als Werkzeugmacher gearbeitet.

Das Working Paper soll Denkanstöße zum Thema „Autonome Klein- und Omnibusse im öffentlichen Verkehr“ liefern und eine Diskussion ermöglichen, die es erlaubt, heutige und zukünftige Gestaltungsräume frühzeitig zu erkennen und anzugehen.
