

## Automatisierte Kleinbusse im Öffentlichen Personennahverkehr – Akzeptanz und Nutzungsintentionen in Deutschland

Nadine Kostorz\*, Tim Hilgert, Martin Kagerbauer

*Institut für Verkehrswesen, Karlsruher Institut für Technologie, Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe, Deutschland*

### Abstract

Der Einsatz automatisierter Kleinbusse im öffentlichen Personennahverkehr gewinnt für die Zukunft zunehmend an Relevanz. Nutzerakzeptanz und ihre Einflussfaktoren sind jedoch bisher weitestgehend unerforscht. Zur Analyse der Wahrnehmung der Kleinbusse wurde eine explorative Studie in Form einer deutschlandweiten Onlinebefragung durchgeführt. Die deskriptive Auswertung der Ergebnisse zeigt eine Offenheit gegenüber der neuen Technologie. Als wichtigste Einstellung wurde mit der Hauptkomponentenanalyse die „Positive Einstellung zu automatisierten Kleinbussen“ identifiziert.

Schlagwörter/Keywords:

Automatisierung im ÖPNV, automatisierte Kleinbusse, Nutzerakzeptanz

### Einleitung

Aufgrund des technischen Fortschritts rücken autonome Fahrzeuge immer stärker in den Fokus der Mobilitätsbranche. Eine erfolgreiche Einführung könnte sowohl die Pkw-Besitzverhältnisse als auch das Mobilitätsverhalten sowie Geschäftsmodelle im gesamten Automobil- und Mobilitätssektor verändern (Röhrleef et al. 2015). Eine vielversprechende Form automatisierter Fahrzeuge sind Kleinbusse, die im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) eingesetzt werden können, da man hofft, durch das zusätzliche Angebot den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren. Grundsätzlich sind verschiedene Anwendungen möglich: sowohl als Ersatz in Gebieten mit geringer Nachfrage, als auch zusätzlich zum bestehenden Angebot, beispielsweise als Zubringer oder als On-Demand-Dienst (Röhrleef et al. 2015; Lenz und Fraedrich 2015). Häufig wird die Nutzerakzeptanz von Experten als eine für den Erfolg dieser Fahrzeuge bedeutende Größe genannt. Dabei ist noch nicht ausreichend erforscht, welche Faktoren die Akzeptanz beeinflussen oder welche Gruppen zukünftige Nutzer dieser Fahrzeuge sein können. Im Rahmen dieser Studie wird die Akzeptanz der Fahrzeuge als Bereitschaft zur Nutzung verstanden, da eine Akzeptanz im Sinne der Toleranz den Erfolg nicht vorantreiben würde. Die tatsächliche Nutzung ist aufgrund der bisher kaum bzw. nur sehr

eingeschränkter Verfügbarkeit der Kleinbusse schwierig zu erfassen. Deshalb beschränkt sich die vorliegende Studie auf die Untersuchung der Akzeptanz im Sinne der Nutzungsabsicht. Bisherige Studien lassen vermuten, dass etablierte Akzeptanzmodelle wie die „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ nicht alle, für die Automatisierung relevanten, Prädiktoren beinhalten und somit neue Einflussfaktoren in die Modelle einbezogen werden müssen. Zudem sind die Studien meist im Rahmen von Testbetrieben erhoben worden (z.B. Nordhoff et al. 2017; Madigan et al. 2017, 2016; Eden et al. 2017a, 2017b) und berücksichtigen somit nur die Meinung einer bestimmten Gruppe, der der Zugang gewährt wurde, oder interessierter Personen, die aktiv am Testbetrieb teilgenommen haben. Eine Studie mit vielfältiger, repräsentativerer Stichprobe fehlt bislang. Um Teile dieser Forschungslücke zu schließen, wurde im Mai 2018 eine deutschlandweite Onlinebefragung zur Wahrnehmung und Nutzungsintention automatisierter Kleinbusse durchgeführt. Neben einstellungsbasierten Items enthielt die Befragung soziodemographische und mobilitätsbezogene Aspekte sowie Fragen zur Technikaffinität und zur Anbindung des Wohnorts, um durch einen explorativen Ansatz den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Akzeptanz zu untersuchen. Im Rahmen dieses Artikels werden erste Ergebnisse durch die Beantwortung folgender Fragen vorgestellt: Was denken Personen in Deutsch-

\* Korrespondierende Autorin.

E-Mail: [nadine.kostorz@kit.edu](mailto:nadine.kostorz@kit.edu) (N. Kostorz)

land über automatisierte Kleinbusse? Wann und wie würden diese genutzt werden? Welche Chancen und Risiken werden mit dem Einsatz automatisierter Kleinbusse verbunden? Die Ergebnisse werden zunächst deskriptiv analysiert. Im Anschluss wird eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, um die Datenkomplexität zu verringern und zentrale Einstellungen im Kontext automatisierter Kleinbusse zu identifizieren.

## Literaturrecherche

Die Wissenschaft beschäftigt sich bereits seit einigen Jahren mit dem automatisierten Fahren. Häufig stehen bei bisherigen Studien die Akzeptanz verschiedener Automatisierungsstufen, die Zahlungsbereitschaft und der Value of Time im Vordergrund (siehe z.B. Stegmüller 2018; Zmud et al. 2016; Kyriakidis et al. 2015; Schoettle und Sivak 2014). Die meisten Studien beziehen sich jedoch auf den automatisierten Individualverkehr; einen Überblick geben Becker und Axhausen (2017). Studien, die sich mit automatisierten Fahrzeugen im ÖPNV beschäftigen, sind deutlich seltener. So variiert auch die Bezeichnung der Fahrzeuge in der Literatur noch. Man findet beispielsweise die Begriffe Shuttle, Robocab, Pod oder Automated Road Transport System. Letztendlich wird in den Studien jedoch dieselbe Fahrzeugart untersucht, die durch folgende Eigenschaften charakterisiert wird:

- Das Fahrzeug erreicht mindestens Automatisierungsstufe 4 nach SAE J3016.
- Das Fahrzeug hat eine Kapazität für ca. 6-12 Personen.
- Das Fahrzeug befindet sich nicht in Privatbesitz eines Haushalts.
- Das Fahrzeug hat einen elektrischen Antrieb.

Seit 2014 hat die Anzahl an Test- und Demonstrationsbetrieben von Kleinbussen stetig zugenommen. Leider haben nur wenige dieser Testbetriebe Untersuchungen zur Nutzerakzeptanz durchgeführt oder bisher veröffentlicht. Zudem ist unklar, welcher Selektivität diese Studien – durch speziell ausgewählte oder interessierte Teilnehmer bei Testbetrieben – unterliegen. Prinzipiell lassen sich bisherige Forschungsvorhaben in zwei Gruppen kategorisieren: deskriptive Analysen und vollständige Akzeptanzmodelle. Bei ersteren werden Befragungen zur Akzeptanz durchgeführt und deskriptive Ergebnisse wie Mittelwerte oder Verteilungen veröffentlicht, aus denen Tendenzen zur Akzeptanz abgeleitet werden können. Letztere nutzen Befragungen, um Einflussfaktoren zu bestimmen und Modelle aufzustellen, mit denen die Akzeptanz anhand bestimmter Faktoren prognostiziert werden kann. Im Folgenden werden nun zunächst Ergebnisse deskriptiver Studien und anschließend bisherige Modellansätze vorgestellt.

Studien aus Lausanne (Christie et al. 2016) und Sion (Eden et al. 2017a, 2017b) belegen, dass Passagiere in Testbetrie-

ben die Kleinbusse insgesamt positiv bewerten. Das Fahrzeug wird als hilfreich, einfach zu nutzen und als zukünftig wichtiger Teil des ÖPNV bewertet. Auch der innovative Aspekt dieser Fahrzeuge wird positiv wahrgenommen. Trotzdem wird der Kleinbus im Vergleich zu heute genutzten Verkehrsmitteln in vielen Fällen nicht besser beurteilt. Einige Probanden kritisieren den Komfort und die niedrige Geschwindigkeit (< 15 km/h). Andere finden die Interaktion mit dem Fahrzeug problematisch, da das Fahrzeugverhalten als unvorhersehbar eingestuft wird. Nordhoff et al. ermitteln bei Untersuchungen im Rahmen des Testbetriebs auf dem EUREF Campus in Berlin eine positive Korrelation zwischen den Fahrzeugeigenschaften sowie der Fahrzeugeffektivität und der Nutzungsintention. In Neuhausen am Rheinfall stellen Wicki und Bernauer (2018) kleine Unterschiede bei der Evaluation verschiedener Risiken und Chancen zwischen verschiedenen Altersgruppen sowie Männern und Frauen fest. Frauen sorgen sich beispielsweise eher bezüglich Arbeitsplatzverlusten und dem Kontrollverlust beim Fahren. Im Allgemeinen wird die Automatisierung von Männern häufiger skeptisch betrachtet. Personen unter 40 befürchten tendenziell weniger Spaß beim Fahren und ebenfalls Arbeitsplatzverluste.

Madigan et al. (2016) untersuchen basierend auf Venkatesh et al.'s (2003) „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT) den Einfluss von erwarteter Performance, erwartetem Aufwand und sozialem Einfluss auf die Nutzungsintention. Bei allen drei Faktoren wird ein signifikanter Einfluss nachgewiesen, jedoch können nur 22% der Varianz erklärt werden. Aufgrund dessen wird das Modell nach Venkatesh et al. (2012) modifiziert. In der Folgestudie ergibt sich, dass hedonistische Motivation, erwarteter Aufwand, sozialer Einfluss und Rahmenbedingungen bessere Prädiktoren für die Nutzungsintention sind. Ein alternatives Modell zur Prognose der Nutzungsintention stellen Nordhoff et al. (2016) auf: Das „4P Acceptance Model“ vereint diverse Einflussfaktoren der Akzeptanz von automatisierten Kleinbussen. Neben Prädiktoren aus der UTAUT und dem „Pleasure-Arousal-Dominance-Framework“ nach Mehrabian und Russell beinhaltet es auch psychologische, soziodemografische und kontextuelle Variablen sowie Fahrzeug- und Mobilitätseigenschaften. Eine validierende Studie dieses Modells ist allerdings bisher nicht veröffentlicht. Salonen und Haavisto (2019) prüfen im Rahmen des Testbetriebs in Espoo die Eignung der „Theory of Interpersonal Behaviour“ von Harri Triandis zur Erklärung der Akzeptanz. Diese besagt, dass Verhalten von Einstellungen, der sozialen Norm, Emotionen, Gewohnheiten und Rahmenbedingungen beeinflusst wird. Bei qualitativen Interviews stellt sich heraus, dass Einstellungen, die soziale Norm und Emotionen zur Änderungsabsicht des Verhaltens führen. Die tatsächliche Nutzung der Kleinbusse korreliert jedoch stark mit den Rahmenbedingungen, wie der Route und dem flexiblen Einsatz der Fahrzeuge. Sie schlussfolgern, dass es nur zu einer Verhaltensänderung kommen wird, wenn die Kleinbusse

besser die Nutzerbedürfnisse erfüllen als bisherige Angebote.

Bisher beschränken sich die meisten Akzeptanzstudien bezüglich automatisierter Kleinbusse im ÖPNV auf den europäischen Raum. Nordhoff et al. (2018) führen eine weltweite Onlinebefragung durch, um den geographischen und kulturellen Einfluss auf die Akzeptanz von automatisierten Kleinbussen als Zubringer zu untersuchen. Es wird ein Einfluss des Entwicklungsstatus als auch des BIP eines Landes festgestellt: Je höher diese Kennzahlen sind, desto niedriger ist die Akzeptanz für autonome (Klein-)Busse. Bedenken wie mangelnder Datenschutz können eher in westlichen Ländern festgestellt werden. Eine Hauptkomponentenanalyse resultiert in einer Komponente, der allgemeinen Einstellung zu automatisierten Kleinbussen. Diese beinhaltet unter anderem die Nutzungsintention, Benutzerfreundlichkeit sowie Spaß und Vertrauen. Nordhoff et al. (2018) geben jedoch auch für diese Studie an, dass die Stichprobe nicht repräsentativ sei.

Zur Analyse der Nutzerakzeptanz und ihrer Einflussfaktoren gibt es also empirische Untersuchungen und Modelle aus Testbetrieben sowie wenige weiter gefasste Ansätze. Insgesamt sind die Einflussfaktoren jedoch noch nicht ausreichend erforscht. Des Weiteren stammen die meisten Erkenntnisse aus Testbetrieben, die gegebenenfalls einer selektiven Stichprobe unterliegen. Aufgrund der steigenden Anzahl an Testbetrieben und der zunehmenden Medienpräsenz der Kleinbusse in der letzten Zeit erreichen diese mittlerweile einen Bekanntheitsgrad, der über Fachkreise hinausgeht. Somit ist der richtige Zeitpunkt für die Durchführung einer explorativen Studie mit größerer und repräsentativerer Stichprobe, auch wenn die Probanden die Fahrzeuge noch nicht in der Realität genutzt haben.

## Onlinebefragung

Zur Untersuchung der Nutzerakzeptanz von automatisierten Kleinbussen wurde im Mai 2018 im Rahmen des Forschungsprojektes „Einsatzmöglichkeiten von autonom und elektrisch fahrenden (Klein-)Bussen im ÖPNV“ eine deutschlandweite Onlinebefragung durchgeführt. Ziel des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur geförderten Projektes ist die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten der Kleinbusse sowie hierfür benötigter Voraussetzungen. An dem zweijährigen Projekt sind die Unternehmen PTV Planung Transport Verkehr AG, PTV Transport Consult GmbH, Rödl & Partner sowie das Institut für Fahrzeugsystemtechnik und das Institut für Verkehrsweisen des Karlsruher Instituts für Technologie beteiligt. Nach einer Analyse aller bisherigen Testbetriebe und bestehender Forschungsvorhaben wurde ein Fragebogen zur Analyse der Nutzerakzeptanz und relevanter Einflussfaktoren entwickelt. Der Fragebogen setzt sich aus den folgenden Elementen zusammen:

1. Fragen zur Soziodemographie (Person und Haushalt)
2. Fragen zu aktuellem Mobilitätsverhalten
  - 2.1. Nutzungshäufigkeit verschiedener Verkehrsmittel und zweckgebundene Nutzung
  - 2.2. Einstellung zu aktuellen Verkehrsmitteln
  - 2.3. Anbindung an ÖPNV und Mobilitätstools (Führerschein, Zeitkarte, Pkw-Verfügbarkeit etc.)
3. Einführung automatisierter Kleinbusse
4. Fragen zu automatisierten Kleinbussen
  - 4.1. Kenntnis der Technologie vor der Befragung
  - 4.2. Einstellung zu automatisierten Kleinbussen
  - 4.3. Mögliche Vor- und Nachteile
  - 4.4. Nutzungsintention in verschiedenen Situationen
5. Fragen zu Technik
  - 5.1. Besitz von technischen Geräten (Smartphone, Smartwatch, Tablet)
  - 5.2. Nutzungshäufigkeit verschiedener Funktionen
  - 5.3. Einstellung zu Technik und technischen Innovationen
  - 5.4. Nutzung von Fahrassistenzsystemen

Die Teilnehmer der Befragung wurden via Mail rekrutiert. Potentiell eigneten sich alle volljährigen, in Deutschland lebenden Personen. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig. Um Selbstselektionseffekte zu minimieren, wurde in der Einladung bewusst darauf verzichtet, das konkrete Thema der Studie zu nennen. Insgesamt nahmen 1.078 Personen teil. Die Stichprobe wurde nach Geschlecht, Alter und Raumtyp quotiert; Zielquoten und realisierte Quoten können Tabelle 1 entnommen werden. Nach der Datenplausibilisierung verblieben 900 Personen in der Stichprobe zur weiteren Analyse. Durchschnittlich benötigten die Teilnehmer ca. 14 Minuten, um den Fragebogen auszufüllen.

**Tabelle 1:** Stichprobenquoten

Quoten	Ziel	erreicht
<b>Alter</b>		
18 bis 24 Jahre	9,7%	9,2%
25 und 34 Jahre	13,9%	15,3%
35 und 44 Jahre	14,6%	14,3%
45 und 54 Jahre	19,9%	19,2%
55 und 64 Jahre	17,6%	16,7%
65 Jahre und älter	24,4%	25,4%
<b>Geschlecht</b>		
Weiblich	50,3%	51,1%
Männlich	49,7%	48,9%
<b>Raumtyp</b>		
Gemeinde mit < 20.000 Einwohnern	37,7%	40,9%
Stadt mit 20.000 - 100.000 Einwohnern	22,7%	27,5%
Stadt mit 100.000 - 500.000 Einwohnern	17,9%	14,8%
Stadt mit > 500.000 Einwohnern	21,8%	16,7%

Der im Fokus der Befragung stehende Kleinbus wird in Teil 3 der Befragung durch folgende Fotos und Eigenschaften charakterisiert:

**Abbildung 1:** Einführung automatisierter Kleinbusse, Bildrechte KIT IfV, PTV, KVV



**Deskriptive Analyse**

Aus verschiedenen Bereichen der Akzeptanzforschung ist bekannt, dass Einstellungen das Verhalten der Menschen stark beeinflussen (vgl. Fishbein und Ajzen 1975).

Dies gilt insbesondere für neue oder unbekannte Technologien (Venkatesh et al. 2003). Aufgrund dessen beinhaltet der Fragebogen Items zu Einstellungen bezüglich verschiedener Verkehrsmittel und neuer Technologien. Tabelle 2 zeigt die verschiedenen, einstellungsbasierten Items sowie

**Tabelle 2:** Deskriptive Analyse der einstellungsbasierten Items

A. Einstellungen bezüglich aktueller Verkehrsmittel					
Item		Mean	SD	N	
<i>ÖV</i>					
ÖV1	Für mich ist es schwierig alltägliche Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückzulegen.	2.92	1.50	890	
ÖV2	Ich fahre gerne mit Bus und Bahn, weil ich mich dabei nicht auf den Verkehr konzentrieren muss.	2.94	1.38	884	
ÖV3	Ich kann die Fahrzeit in Bus und Bahn gut für andere Dinge nutzen.	2.76	1.27	870	
ÖV4	In öffentlichen Verkehrsmitteln kommen mir Personen manchmal auf unangenehme Weise zu nahe.	2.73	1.23	871	
ÖV5	Bei einer besseren Anbindung würde ich mehr öffentliche Verkehrsmittel nutzen.	2.67	1.26	870	
ÖV6	Umstiege und Wartezeiten hindern mich an der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln.	2.76	1.29	874	
ÖV7	Ich bin mit der ÖV-Anbindung an meinem Wohnort zufrieden.	2.38	1.32	900	
<i>Sozialer Einfluss</i>					
SozE1	Menschen, die mir wichtig sind, denken, dass ich öffentliche Verkehrsmittel nutzen sollte.	3.50	1.20	800	
<i>Ridesharing</i>					
Sharing1	Ich finde es interessant mich mit (unbekannten) Mitfahrern während der Fahrt auszutauschen.	3.69	1.21	861	
<i>Pkw</i>					
Pkw1	Wenn ich in einem Auto sitze, fühle ich mich sicher und geschützt.	2.18	0.97	892	
Pkw2	Autofahren bedeutet für mich Spaß und Leidenschaft.	2.63	1.23	889	
Pkw3	Autofahren bedeutet für mich Freiheit.	2.29	1.18	882	
Pkw4	Ich kann meinen Alltag sehr gut ohne Auto gestalten.	3.08	1.42	891	
<i>Umweltschutz</i>					
Umwelt1	Ich fühle mich verpflichtet, durch die Wahl meiner Verkehrsmittel einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.	2.95	1.20	875	

---

**B. Einstellungen bezüglich automatisierter Kleinbusse**

Item		Mean	SD	N
<i>Umweltschutz</i>				
Umwelt2	Um die Umwelt zu schonen, würde ich zukünftig automatisierte (Klein-)Busse nutzen.	2.62	1.14	846
<i>Sozialer Einfluss</i>				
SozE2	Ich würde automatisierte Kleinbusse eher nutzen, wenn mir nahestehende Personen dies empfehlen würden.	3.96	1.18	834
SozE3	Personen, die mir wichtig sind, würden denken, dass ich automatisierte Kleinbusse nutzen soll.	3.07	1.10	764
SozE4	Ich wäre stolz darauf, mir nahestehenden Personen von der Nutzung automatisierter Kleinbusse zu berichten.	2.96	1.21	838
<i>Sicherheit</i>				
Sicherheit1	Ohne präsenten Fahrer könnten sich andere Fahrgäste mir gegenüber unangemessen verhalten.	2.80	1.12	822
<i>Erwarteter Aufwand</i>				
Aufwand1	Ich würde nicht lange brauchen, um zu lernen, wie man einen automatisierten Kleinbus nutzt.	1.94	0.94	850
Aufwand2	Die Nutzung eines automatisierten Kleinbusses wäre für mich schwierig zu verstehen.	3.95	1.09	834
<i>Allgemeine Einstellung zu automatisierten Kleinbussen</i>				
Bus1	Die Einführung automatisierter Kleinbusse ist eine gute Idee.	2.26	1.06	843
Bus2	Durch automatisierte Kleinbusse würde der öffentliche Nahverkehr besser/attraktiver werden.	2.42	1.09	835
Bus3	Automatisierte Kleinbusse werden zukünftig ein wichtiger Teil des öffentlichen Nahverkehrs sein.	2.35	1.03	816
Bus4	Automatisierte Kleinbusse würden meinen Alltag erleichtern.	2.88	1.18	819
<i>Hedonistische Motivation</i>				
Spaß1	Mit einem automatisierten Kleinbus zu fahren, würde mir Spaß machen.	2.58	1.20	824
<i>Pkw-Ersatz</i>				
Pkw5	Ich könnte mir vorstellen auf einen eigenen Pkw zu verzichten, falls mich der automatisierte Kleinbus jederzeit dort abholt, wo ich losfahren möchte und mich bis zu meinem Ziel fährt.	2.88	1.39	849
<i>Geschwindigkeit</i>				
Tempo1	Mir ist es wichtig, dass mich ein automatisierter Kleinbus schneller befördert als alternative Verkehrsmittel.	2.54	1.10	849
<i>Kosten</i>				
Kosten1	Mir ist es wichtig, dass die Fahrt mit einem automatisierten Kleinbus günstiger ist als alternative Verkehrsmittel.	2.31	1.08	861
<i>Testbetrieb</i>				
Test1	Ich würde gerne mehr über automatisierte Kleinbusse erfahren und einen Testbetrieb in der Nähe meines Wohnortes nutzen.	2.47	1.16	853

---

**C. Einstellungen bezüglich Technik**

Technik1	Ich kenne die meisten Funktionen meiner technischen Geräte.	1.88	0.91	896
Technik2	Ich interessiere mich für technische Innovationen und Digitalisierung im Haushalt (z.B. Smart Home).	2.69	1.29	896
Technik3	Mich stört es, dass viele technische Geräte kompliziert zu bedienen sind.	2.93	1.24	892

---

deren mittlere Bewertung. Die Teilnehmer der Befragung wurden gebeten, sämtliche Items auf einer Likert-Skala von 1 = „Trifft voll zu“ bis 5 = „Trifft gar nicht zu“ zu bewerten. N variiert, da die Möglichkeit, „Ich weiß nicht“ zu antworten, gegeben war.

Insgesamt fällt die Bewertung der (Klein-)Busse sehr positiv aus. Über 60% der Probanden stimmen der Aussage zu, dass die Einführung dieser eine gute Idee sei (Item Bus1, 1 oder 2 auf der Skala). Über 50% glauben, dass automatisierte Kleinbusse zukünftig ein wichtiger Teil des ÖPNVs sein werden (Item Bus3) und dass dieser durch (Klein-)Busse attraktiver wird (Item Bus2). 40% können sich sogar vorstellen, auf den eigenen Pkw zu verzichten, wenn (Klein-)Busse auf Abruf von Tür zu Tür bedienen (Pkw5). Das soziale Umfeld der Befragten scheint insgesamt wenig Einfluss auf die heutige und zukünftige Verkehrsmittelwahl zu haben (Item SozE1, SozE2, SozE3): Beim Vergleich der (Klein-)Busse mit anderen Verkehrsmitteln scheinen Kosten etwas wichtiger zu sein als die Geschwindigkeit (Item Tempo1, Kosten1).

Um die Hintergründe der Kleinbusbewertung besser zu verstehen, werden die Probanden zudem gebeten, den Eintritt verschiedener Vor- und Nachteile beim Einsatz der Kleinbusse zu bewerten. Mehr Mobilität für mobilitätseingeschränkte oder ältere Personen und eine bessere Anbindung durch Kleinbusse werden als die wahrscheinlichsten Vorteile bewertet (68% und 65%, 1 oder 2 auf der Skala). Am unwahrscheinlichsten erscheint den Probanden eine sinkende Unfallrate (37%). Die wahrscheinlichsten Nachteile sind Arbeitsplatzverluste von Busfahrern (50%) und Interaktionsprobleme mit anderen Verkehrsteilnehmern (52%). Im Freitextfeld zur Benennung des größten Risikos und der größten Chance beim Einsatz autonomer Busse werden am häufigsten das Unfallrisiko (Risiko) und der Umweltschutz (Chance) genannt.

Zudem wird die Nutzungsintention für verschiedene Einsatzformen der Kleinbusse untersucht. Differenziert wird hierbei zwischen folgenden Einsatzformen:

- Traditionellem Linienverkehr mit fester Route und festen Abfahrtszeiten
- Zubringern zu bzw. von Haltestellen des bestehenden ÖVs
- Shuttles in abgegrenzten Bereichen
- On-Demand-Service mit fester Route, der bei Bedarf zur gewünschten Haltestelle kommt
- On-Demand-Service ohne feste Route, der in vorgegebenen Gebieten von Tür zu Tür bedient.

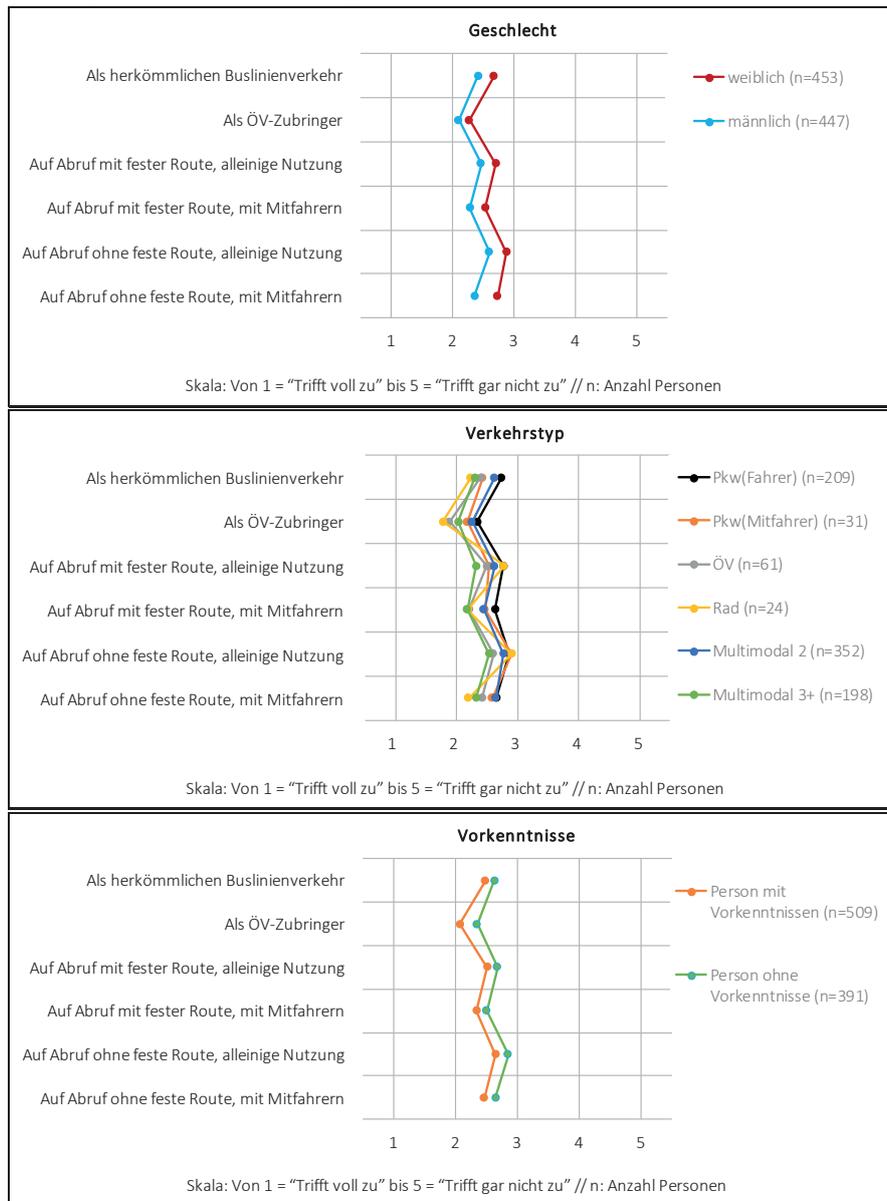
Bei letzteren beiden Einsatzformen wird zudem zwischen privater, Taxi-ähnlicher Nutzung und Nutzung mit Mitfahrern unterschieden. Insgesamt würden die meisten Personen einen Kleinbus als Shuttle nutzen wollen. Der Einsatz im abgegrenzten Bereich birgt das geringste Sicherheitsrisiko für die Befragten und steigert die Nutzungsintention. Die private Nutzung (ohne weitere Mitfahrer) erhält weniger Zuspruch als die Nutzung mit Mitfahrern. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Bezeichnung „Kleinbus“ mit Mitfahrern

assoziiert wird. Zudem werden in der Befragung keine Annahmen bezüglich der Preise für die verschiedenen Einsatzformen getroffen, so dass die Befragten gegebenenfalls von hohen Preisen für die private Nutzung ausgegangen sind. Der Vergleich persönlicher Nutzungsintentionen (siehe Abbildung 2) zeigt, dass Männer eine etwas höhere Nutzungsintention für alle Einsatzformen haben als Frauen. Zur weiteren Analyse wurden zudem Mobilitätstypen bestimmt, definiert durch alle Verkehrsmodi, die mindestens einmal pro Woche von einer Person genutzt werden. Fahrradnutzer, ÖV-Nutzer und hochmultimodale Personen (d.h. drei oder mehr Verkehrsmodi pro Woche) weisen die höchste Intention auf, autonome Kleinbusse zu nutzen, Autofahrer die niedrigste. Zudem weisen Personen mit Vorkenntnissen über autonome Kleinbusse eine leicht erhöhte Nutzungsbereitschaft auf. Die Unterschiede zwischen Altersgruppen, Wohnorten (d.h. ländlichen und städtischen Gebieten) und Einkommen sind bisher vernachlässigbar gering. Auch eine Korrelationsanalyse hat keine signifikanten Ergebnisse zwischen der Nutzungsintention und diesen soziodemografischen Merkmalen ergeben.

Weiterhin bewerten die Befragten die Nutzung des Kleinbusses für verschiedene Zwecke (Einkaufen, Arbeiten usw.) und als Alternative zu ihren derzeitigen Verkehrsmitteln. Hierbei wurde die Stichprobe geteilt. Eine Hälfte beantwortete die Frage unter der Annahme, dass der Kleinbus im Linienverkehr fährt, die andere ging davon aus, dass der Bus auf Abruf und von Tür zu Tür fährt. Die Ergebnisse beider Gruppen weisen jedoch keine signifikanten Unterschiede auf. Der Einsatz von Kleinbussen auf Freizeitwegen ist am beliebtesten (56%, 1 oder 2 auf der Skala), am wenigsten können sich die Probanden die Nutzung auf Geschäftswegen vorstellen (41%). Ferner würde ein Kleinbus auf Fahrten eingesetzt, die derzeit mit dem Taxi (62%) oder öffentlichen Verkehrsmitteln (63%) durchgeführt werden. Weniger Befragte würden Fuß- oder Radwege dadurch ersetzen (34%, 33%, 1 oder 2 auf der Skala). Insgesamt wird der Einsatz von Kleinbussen sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten als sinnvoll eingestuft.

## Hauptkomponentenanalyse

Um Informationen zu verdichten und einstellungs-basierte Einflussfaktoren zu identifizieren, wird eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) mit Varimax-Rotation durchgeführt (vgl. Backhaus et al. 2016). Dabei werden alle Einstellungsitems aus Tabelle 2 berücksichtigt. Vorbereitend hierfür werden die Daten standardisiert. Darüber hinaus werden Items, wenn nötig, recodiert, um die Konsistenz der Skala zu gewährleisten. Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (Wert > 0,9) bestätigt die Eignung der Daten für eine PCA. Bei der Analyse werden nur Befragte berücksichtigt, die alle Fragen ohne „Ich weiß es nicht“ beantwortet haben, da diese Antwort mit „Non-Response“ gleichgesetzt wird (N = 575). Mit

**Abbildung 2:** Vergleich der Nutzungsintention verschiedener Gruppen

dem Kaiser-Kriterium (Eigenwert > 1) werden sieben Komponenten extrahiert. Bei der Interpretation der Komponenten werden alle Items mit einer Ladung > |0.5| berücksichtigt.

- Komponente 1 = Positive Einstellung zu automatisierten Kleinbussen
- Komponente 2 = Positive Einstellung zur Nutzung des ÖVs
- Komponente 3 = Wohlbefinden im Pkw
- Komponente 4 = Leichtigkeit, ÖV im Alltag zu nutzen
- Komponente 5 = Hoher erwarteter Aufwand für die Nutzung der Kleinbusse
- Komponente 6 = Technikaffinität/Interesse an Innovationen
- Komponente 7 = Bedrängnis durch andere Personen im ÖV

Tabelle 3 fasst die Ergebnisse der PCA zusammen (Ladung und Cronbach's Alphas). Insgesamt erklären die sieben extrahierten Komponenten 63% der Varianz in den Einstellungen. Die interne Skalenkonsistenz wird durch Cronbach's Alpha ( $\alpha > 0,7$ ) für Komponente 1, 2, 3 und 5 bestätigt. Für Komponente 6 ist diese fragwürdig ( $\alpha = 0,6$ ) und für Komponente 4 und 7 inakzeptabel ( $\alpha < 0,5$ ). Folglich werden Komponente 4 und 7 nicht weiter beachtet. Bei Komponente 6 ist eine mögliche Erklärung für den niedrigen Wert, dass nur drei Items auf diese Komponente laden und die Itemliste damit eher kurz ist. Die Korrelationsanalyse aller noch verbleibenden Komponenten mit der Nutzungsintention zeigt eine hohe Korrelation ( $r > 0,5$  und  $p < 0,0001$ ) zwischen Komponente 1 (positive Einstellung zu automatisierten Kleinbussen) und der Nutzungsintention für alle Einsatzformen.

**Tabelle 3:** Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse

	Item	Ladung	Item	Ladung	Item	Ladung
<b>Komponente 1</b> ( $\alpha = 0.91$ ) Eigenwert = 7.63	Umwelt2	0.79	Bus2	0.80	Pkw5	0.65
	SozE2	0.67	Bus3	0.74	Tempo1	0.70
	SozE3	0.63	Bus4	0.79	Kosten1	0.62
	SozE4	0.76	Spaß1	0.81	Test1	0.77
	Bus1	0.76				
<b>Komponente 2</b> ( $\alpha = 0.77$ ) Eigenwert = 3.39	ÖV2	0.72	SozE1	0.69	Pkw4	0.73
	ÖV3	0.69	Sharing1	0.63		
<b>Komponente 3</b> ( $\alpha = 0.78$ ) Eigenwert = 2.47	Pkw1	0.76	Pkw3	0.83	Pkw2	0.83
<b>Komponente 4</b> ( $\alpha = 0.21$ ) Eigenwert = 2.01	ÖV1	0.77	ÖV6	0.51	ÖV7	0.72
	(Recodiert)		(Recodiert)			
	ÖV5	-0.53				
<b>Komponente 5</b> ( $\alpha = 0.71$ ) Eigenwert = 1.81	Aufwand1 (Recodiert)	0.63	Aufwand2	0.84		
<b>Komponente 6</b> ( $\alpha = 0.61$ ) Eigenwert = 1.79	Technik1	0.80	Technik2	0.68	Technik3 (Recodiert)	0.70
<b>Komponente 7</b> ( $\alpha = 0.49$ ) Eigenwert = 1.68	ÖV4	0.71	Sicherheit1	0.69		

## Diskussion und Fazit

Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Akzeptanz und der damit einhergehenden Nutzungsintention von automatisierten Kleinbussen in Deutschland anhand einer großen, vielfältigen Stichprobe. Durch die Onlinebefragung konnten Menschen in ganz Deutschland erreicht werden und die Stichprobenselektivität aufgrund von Interesse (z.B. bei Besuch eines Testbetriebs) verringert werden. Da die Busse noch nicht im regulären Betrieb sind, konnten nur hypothetische Nutzungsabsichten erfragt werden. Die spätere tatsächliche Nutzung kann von der geäußerten Absicht abweichen. Bei den Fragen zur Nutzung verschiedener Einsatzformen wurden keine Annahmen bezüglich der Reisegeschwindigkeit oder Kosten gemacht. Dies ist dadurch begründet, dass beide Faktoren aktuell noch große Unsicherheiten mit sich bringen. Testbetriebe sind aktuell auf Geschwindigkeiten von 15 km/h beschränkt und die Nutzung dieser ist meist umsonst. Beides wird sich in Zukunft sehr wahrscheinlich ändern, jedoch ist noch nicht bekannt wann und wie. Da falsche Annahmen die Ergebnisse negativ beeinflussen könnten, wurde auf die Nennung konkreter Zahlenwerte verzichtet.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt eine grundsätzliche Offenheit der Probanden gegenüber automatisier-

ten Kleinbussen. Einige können sich sogar vorstellen, ihr eigenen Pkw zu ersetzen, wenn es einen Tür-zu-Tür-Service gibt, der alle Ziele erreicht. Der Großteil glaubt, dass die Nutzung der Kleinbusse nicht schwierig zu verstehen sein wird. Da die Nutzungsintention zwischen den verschiedenen Einsatzformen variiert, wird deutlich, dass die konkrete Implementierung des Systems die Nutzung beeinflussen wird. Die Untersuchung der Einsatzzwecke zeigt, dass der Kleinbus vermutlich verstärkt auf Freizeitwegen genutzt werden wird. Wahrscheinlich werden insbesondere heutige Taxi- und ÖV-Wege zukünftig durch den Kleinbus substituiert. Als Vorteil der Technologie werden insbesondere mehr Mobilität für ältere und mobilitätseingeschränkte Personen und Umweltschutz gesehen. Die größten Bedenken haben die Probanden bezüglich des Unfallrisikos und den Interaktionsproblemen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Eine Hauptkomponentenanalyse der einstellungsbasierenden Items resultiert in fünf konsistenten Komponenten:

- Positive Einstellung zu automatisierten Kleinbussen
- Positive Einstellung zur Nutzung des ÖV
- Wohlbefinden im Pkw
- Hoher erwarteter Aufwand für die Nutzung der Kleinbusse
- Technikaffinität/Interesse an Innovationen

Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Madigan et al. (2016, 2017) kann nicht zwischen verschiedenen busbezogenen Einstellungen wie hedonistische Motivation oder erwarteter Performance differenziert werden. Stattdessen ergibt sich eine Komponente, die alle busbezogenen Items, außer den erwarteten Nutzungsaufwand vereint. Dies stimmt eher mit den Ergebnissen von Nordhoff et al. (2018) überein, die ebenfalls eine allgemeine Einstellungskomponente für Kleinbusse ermitteln konnten. Die positive Einstellung zu automatisierten Kleinbussen korreliert stark mit der Nutzungsintention dieser in den verschiedenen Einsatzformen.

Im Rahmen dieser Studie wurde klar, dass sowohl Einstellungen, als auch das aktuelle Mobilitätsverhalten sowie die Soziodemographie Einfluss auf die Nutzungsintention haben können. Im nächsten Schritt sollten diese Erkenntnisse nun in einem Modell zusammengefasst werden, um so das Zusammenspiel der einzelnen Einflussfaktoren genauer zu untersuchen. Im Forschungsprojekt konnte eine steigende Anzahl an Testbetrieben identifiziert werden. Somit werden die Erfahrungen der Bevölkerung mit automatisierten Kleinbussen in naher Zukunft häufiger und auch vielfältiger werden, da die Busse in verschiedenen Testbetrieben verschiedene Einsatzzwecke haben (z.B. als Zubringer oder Rentnershuttle in Ludwigsburg). Gleichzeitig gibt es in Monheim erste Vorhaben die Kleinbusse im regulären Linienbetrieb einzusetzen. Da sich die Technologie zunehmend weiterentwickelt, wird empfohlen die Akzeptanzforschung fortzusetzen, insbesondere wenn die Rahmenbedingungen des Einsatzes klarer definiert sind. Dann kann einerseits der Einfluss von Rahmenbedingungen (beispielsweise in Form der Preissensitivität von Nutzern oder des Einsatzgebietes) untersucht werden. Andererseits können zukünftige Studien vertiefen, welche Maßnahmen sich eignen um heute vorhandene Sicherheitsbedenken zu reduzieren.

## Literaturverzeichnis

- Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff; Weiber, Rolf (2016): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 14., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-46076-4>.
- Becker, Felix; Axhausen, Kay W. (2017): Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. In: *Transportation* 44 (6), S. 1293-1306. DOI: 10.1007/s11116-017-9808-9.
- Christie, Derek; Koymans, Anne; Chanard, Thierry; Lasgouttes, Jean-Marc; Kaufmann, Vincent (2016): Pioneering Driverless Electric Vehicles in Europe: The City Automated Transport System (CATS). In: *Transportation Research Procedia* 13, S. 30-39. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.004.
- Eden, Grace; Nanchen, Benjamin; Ramseyer, Randolph; Evéquo, Florian (2017a): Expectation and experience: Passenger acceptance of autonomous public transportation vehicles. Online verfügbar unter <http://publications.hevs.ch/index.php/publications/show/2299>.
- Eden, Grace; Nanchen, Benjamin; Ramseyer, Randolph; Evéquo, Florian (2017b): On the Road with an Autonomous Passenger Shuttle. In: Gloria Mark, Susan Fussell, Cliff Lampe, m.c schraefel, Juan Pablo Hourcade, Caroline Appert und Daniel Wigdor (Hg.): *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '17*. the 2017 CHI Conference Extended Abstracts. Denver, Colorado, USA, 06.05.2017 - 11.05.2017. New York, New York, USA: ACM Press, S. 1569-1576.
- Fishbein, Martin; Ajzen, Icek (1975): *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. In: Addison-Wesley, Reading, MA.
- Kyriakidis, M.; Happee, R.; Winter, J.C.F. de (2015): Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 32, S. 127-140. DOI: 10.1016/j.trf.2015.04.014.
- Lenz, Barbara; Fraedrich, Eva (2015): Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In: Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner (Hg.): *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. s.l.: Springer, S. 176-194.
- Madigan, Ruth; Louw, Tyron; Dziennus, Marc; Graindorge, Tatiana; Ortega, Erik; Graindorge, Matthieu; Merat, Natasha (2016): Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): An Adaptation of the UTAUT Model. In: *Transportation Research Procedia*.
- Madigan, Ruth; Louw, Tyron; Wilbrink, Marc; Schieben, Anna; Merat, Natasha (2017): What influences the decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public acceptance of automated road transport systems. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 50, S. 55-64. DOI: 10.1016/j.trf.2017.07.007.
- Nordhoff, Sina; van Arem, Bart; Happee, Riender (2016): A Conceptual Model to Explain, Predict, and Improve User Acceptance of Driverless Vehicles. In: *Transportation Research Board (Hg.): TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers*. Washington, D.C.
- Nordhoff, Sina; van Arem, Bart; Merat, Natasha; Madigan, Ruth; Rurhort, Lisa; Knie, Andreas; Happee, Riender (2017): User Acceptance of Driverless Shuttles Running in an Open

and Mixed Traffic Environment. In: 12th ITS European Congress.

Nordhoff, Sina; Winter, Joost de; Kyriakidis, Miltos; van Arem, Bart; Happee, Riender (2018): Acceptance of Driverless Vehicles: Results from a Large Cross-National Questionnaire Study. In: *Journal of Advanced Transportation* 2018, S. 1-22. DOI: 10.1155/2018/5382192.

Nordhoff, Sina; Winter, Joost de; Madigan, Ruth; Merat, Natasha; van Arem, Bart; Happee, Riender: User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg. A questionnaire study. In: Preprint/ Working Paper.

Röhrleef, Martin; Ackermann, Till; Deutsch, Volker (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge: Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) (Positionspapier). Online verfügbar unter <https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf>.

Salonen, Arto; Haavisto, Noora (2019): Towards Autonomous Transportation. Passengers' Experiences, Perceptions and Feelings in a Driverless Shuttle Bus in Finland. In: *Sustainability* 11 (3), S. 588. DOI: 10.3390/su11030588.

Schoettle, Brandon; Sivak, Michael (2014): Public Opinion about Self-Driving Vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K., and Australia.

Stegmüller, Sebastian (2018): First Insights: Akzeptanzstudie Robocab. Roboter-Taxis aus Sicht der Nutzer. Fraunhofer IAO. Berlin, 22.06.2018.

Venkatesh, Viswanath; Morris, Michael G.; Davis, Gordon B.; Davis, Fred D. (2003): User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. In: *MIS Quarterly* (27), S. 425-478.

Venkatesh, Viswanath; Thong, James; Xu, Xin (2012): Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. In: *MIS Quarterly* (Vol. 36, No.1), S. 157-178.

Wicki, Michael; Bernauer, Thomas (2018): Public Opinion on Route 12. Interim report on the first survey on the pilot experiment of an automated bus service in Neuhausen am Rheinfall. In: *ISTP Paper Series*, 3, Institute of Science, Technology and Policy (ISTP), ETH Zürich.

Zmud, Johanna; Sener, Ipek; Wagner, Jason (2016): Consumer Acceptance and Travel Behavior: Impacts of Automated Vehicles. Final Report.