

# Mainz Experimental Psychology Reports (MEPR)



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ



Psychologisches Institut  
Allgemeine Experimentelle Psychologie  
Wallstraße 3  
55122 Mainz  
Telefon +49 6131 39-39266  
Fax +49 6131 39-39268

<https://experimental.psychologie.uni-mainz.de/>

Christoph Bernhard  
Daniel Oberfeld-Twistel  
Dirk Weismüller  
Christian Hoffmann  
Heiko Hecht

## Nutzerakzeptanz eines autonomen Kleinbusses in Mainz

1 **Diesen Artikel zitieren als:**

2  
3 Bernhard, C., Oberfeld-Twistel, D., Weismüller, D., Hoffmann, C., &  
4 Hecht, H. (2019). Nutzerakzeptanz eines autonomen Kleinbusses in  
5 Mainz. *Mainzer Experimental Psychology Reports*, 5.

6 <https://experimental.psychologie.uni-mainz.de/forschungsberichte/>

7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37

## 38 Abstract

39           Autonomes Fahren erhält nicht nur in der Automobilindustrie, sondern auch im  
40 öffentlichen Nahverkehr immer größere Aufmerksamkeit. Fraglich ist jedoch, ob Nutzerinnen  
41 und Nutzer überhaupt bereit sind, autonome Nahverkehrsmittel zu nutzen. Um diese und  
42 weitere Fragen zu beantworten, testete die Mainzer Mobilität, die Verkehrsgesellschaft der  
43 Stadt Mainz, vom 07. bis 31. August 2018 auf einer 600 Meter langen Teststrecke den  
44 autonomen Kleinbus EMMA. Die hier vorgestellte Studie wurde durch die Allgemeine  
45 Experimentelle Psychologie der Johannes Gutenberg - Universität Mainz im Rahmen dieses  
46 Projektes durchgeführt, mit dem Ziel, entscheidende Determinanten für die Nutzung eines  
47 autonomen Kleinbusses zu explorieren. Auf Basis etablierter Akzeptanzmodelle wurde ein  
48 Fragebogen entwickelt, den in einer Feldbefragung insgesamt 942 Personen vor oder nach der  
49 Fahrt mit dem Kleinbus ausfüllten. Autonomes Fahren im ÖPNV sowie der Kleinbus selbst  
50 wurde von der Mehrheit der Befragten positiv bewertet. Vor allem Sicherheit und  
51 Umweltfreundlichkeit des Kleinbusses wurden als wichtig eingestuft. Dabei schien bereits eine  
52 Fahrt mit dem Kleinbus die Akzeptanz autonomer Verkehrsmittel zu verbessern. Gerade die  
53 Bewertung der Fahrt im Sinne von angenehm vs. unangenehm scheint zudem einen Einfluss  
54 auf die Akzeptanz der Nutzenden zu haben. Die Rolle solcher Valenzbewertungen auf die  
55 Nutzungsbereitschaft wurde in bisherigen Theorien und Untersuchungen kaum beachtet.

56	Inhaltsverzeichnis	
57	1. Einführung .....	5
58	1.1 Nutzungsakzeptanz von automatisierten Systemen.....	6
59	1.2 Akzeptanz im Kontext des ÖPNV .....	8
60	2. Methode.....	11
61	2.1 Fragebogen .....	11
62	2.2 Teststrecke und Kleinbus.....	13
63	2.3 Ablauf und Rekrutierung .....	15
64	2.4 Datenanalyse.....	16
65	3. Ergebnisse .....	18
66	3.1 Akzeptanz des autonomen Fahrens im ÖPNV .....	18
67	3.2 Akzeptanz des autonomen Kleinbusses EMMA .....	20
68	3.3 Vorhersage der Nutzungsintention und Nutzungsbereitschaft .....	23
69	3.4 Kommentare der Nutzenden .....	28
70	4. Diskussion.....	30
71	4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	30
72	4.2 Grenzen der Untersuchung .....	33
73	4.3 Fazit .....	34
74	5. Literatur .....	37
75	6. Appendix .....	43
76	6.1 Appendix A: Verwendete Fragebögen .....	43

77

78

79

## 80 1. Einführung

81           Autonomes Fahren ist ohne Zweifel ein Forschungsthema, das in den letzten Jahren  
82 stark an Aufmerksamkeit gewonnen hat. Spricht man von autonomem Fahren, sind  
83 verschiedene Formen zu unterscheiden. Nach der etablierten Klassifikation der Society of  
84 Automotive Engineers (SAE) kann man dabei zwischen teilautomatisiertem (Stufen 1, 2 und 3),  
85 hochautomatisiertem (Stufe 4) und vollautomatisiertem Fahren (Stufe 5) unterscheiden (SAE,  
86 2014). Unter Teilautomation versteht man in diesem Kontext ein System, das den Fahrer nur in  
87 einzelnen, klar umschriebenen Situationen unterstützt. Hoch- und vollautomatisierte Systeme  
88 übernehmen alle Fahraufgaben selbstständig, wobei der Fahrer bei der vollautomatisierten  
89 Fahrt nicht physisch präsent sein muss.

90           Da vollautomatisierte Fahrzeuge noch nicht in Serie vertrieben werden, auch aufgrund  
91 fehlender gesetzlicher Regelungen, lassen sich die potentiellen Vorteile solcher  
92 Mobilitätskonzepte nur schwer beziffern. Allerdings gibt es bereits Arbeitsgruppen und  
93 Simulationen, welche die potentiellen Chancen von vollautomatisierten Fahrzeugen  
94 hervorheben, vor allem im Bereich der On-Demand-Mobilität und des Ride-Sharing (z.B. Chan,  
95 2017; Fragant & Kockelman, 2015, Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Allen voran steht  
96 hierbei die Verringerung des Unfallrisikos. So zeigt zum Beispiel ein Report der  
97 amerikanischen National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), dass kritische  
98 Situationen zum Großteil durch den menschlichen Fahrer verursacht werden, wobei Ablenkung  
99 und falsche Entscheidungen am häufigsten mit Unfällen assoziiert sind (NHTSA, 2008). Für  
100 den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) stehen neben einer potentiellen Verringerung  
101 von Unfallzahlen aber auch andere Gesichtspunkte im Vordergrund. Heute leben bereits über  
102 50% der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten, Tendenz steigend (Chan, 2017). Durch einen  
103 vollautomatisierten ÖPNV könnte der steigende Bedarf durch flexiblere Mobilitätsangebote  
104 besser gedeckt werden. Dies könnte zu einer verringerten Nutzung eigener PKWs führen, was

105 ebenfalls eine Verringerung in den weltweiten CO2 Emissionen zur Folge hätte (Merlin, 2017;  
106 Milakis et al., 2017). Zudem könnte die größere Effizienz des Verkehrsflusses durch autonomes  
107 Fahren diesen Effekt verstärken, was wiederum positive Auswirkungen auf Verbrauch,  
108 Reisezeit und Kosten hätte (Fragant & Kockelman, 2015; Hoogendoorn, van Arem &  
109 Hoogendoorn, 2014). Konkret demonstrierten Spieser und Kollegen (2014) in einer simulierten  
110 Fallstudie mit Taxidaten aus Singapur, dass durch automatisierte Ride-Sharing-Angebote der  
111 Mobilitätsbedarf mit einem Drittel aller betriebenen Fahrzeuge gedeckt werden könnte.

112         Trotz der vielen Chancen, die das vollautomatisierte Fahren mit sich bringt, wurde die  
113 Untersuchung der Akzeptanz solcher Mobilitätskonzepte im Rahmen des ÖPNV erst in den  
114 letzten Jahren aufgenommen (z.B. Nordhoff, et al., 2018). Gerade die Akzeptanz könnte aber  
115 ein entscheidender Faktor für den Erfolg autonomer Systeme sein (Saffarian, de Winter &  
116 Happee, 2012). Im Folgenden soll daher zunächst ein allgemeiner Überblick zur  
117 Konzeptualisierung der Nutzungsakzeptanz gegeben und im Anschluss die bisherigen  
118 Erkenntnisse bzgl. der Akzeptanz von vollautonomen Kleinbussen (VAK) im ÖPNV näher  
119 dargestellt werden.

## 120 **1.1 Nutzungsakzeptanz von automatisierten Systemen**

121         Die Nutzungsakzeptanz von neuen Technologien wird in Abhängigkeit des  
122 Anwendungsfalls und des Forschungsfelds unterschiedlich konzeptualisiert. Dillon und Morris  
123 (1989) definieren Nutzungsakzeptanz als „*the demonstrable willingness within a user group to*  
124 *employ information technology for the tasks it is designed to support.*“ (S. 7). Entsprechend  
125 dieser Definition wird Akzeptanz zumeist als die retrospektive Intention konzeptualisiert, ein  
126 neues System zu nutzen. Ein anerkanntes Modell in diesem Kontext ist das Technology  
127 Acceptance Model (TAM; Davis, 1989; Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989). In diesem Modell  
128 wird Akzeptanz retrospektiv durch die Nutzungshäufigkeit einer neuen Technologie  
129 konzeptualisiert, wobei diese Nutzungshäufigkeit direkt vorhergesagt werden kann durch die

130 Verhaltensintention des Nutzenden. Die Intention ist nach TAM wiederum abhängig von zwei  
131 Faktoren, der wahrgenommenen Nützlichkeit und der wahrgenommenen Einfachheit der  
132 Nutzung. Wenngleich das Modell seit seiner Entstehung fortlaufend weiterentwickelt und um  
133 eine Vielzahl von Faktoren ergänzt wurde (z.B. Venkatesh, 2000; Venkatesh & Bala, 2008), so  
134 zeigten sich dennoch der wahrgenommene Nutzen und die Einfachheit der Nutzung als die  
135 beiden stärksten Prädiktoren der Nutzungsintention (Schepers & Wetzels, 2007).

136 Wenngleich TAM ursprünglich im Bereich der Informationstechnologie  
137 konzeptualisiert wurde, so wurde es dennoch bereits im Bereich der Automatisierung genutzt  
138 (Ghazizadeh, Lee & Boyle, 2012). Ein weiteres Modell, das eng mit TAM verwandt ist und in  
139 verschiedenen Bereich als Modell für Nutzungsakzeptanz genutzt wird, ist die Unified Theory  
140 of Acceptance and Use of Technology (UTAUT; Venkatesh, Morris, Davis & Davis, 2003).  
141 UTAUT integriert bestehende Akzeptanzmodelle, um zu einer einheitlichen und anerkannten  
142 Theorie der Nutzungsakzeptanz zu kommen. Das Modell enthält drei zentrale Prädiktoren für  
143 die Nutzungsintention: Leistungserwartung, Aufwandserwartung und sozialen Einfluss. Der  
144 Zusammenhang zwischen diesen drei Prädiktoren und der Nutzungsintention wird durch  
145 Geschlecht, Alter und Erfahrung der Nutzenden moderiert. Die Leistungserwartung bezeichnet  
146 dabei die Erwartung des Nutzenden dass die Nutzung des Systems die Leistung des Nutzenden  
147 verbessert. Die Aufwandserwartung dagegen bezeichnet die Einfachheit im Umgang mit einem  
148 System. Diese Konstrukte sind also direkt vergleichbar mit den beiden zentralen Prädiktoren  
149 von TAM. Ein Vorteil von UTAUT gegenüber TAM ist, dass es bereits in vorangegangenen  
150 Untersuchungen zur Konzeptualisierung der Nutzungsakzeptanz automatisierter Shuttle-Busse  
151 angewendet wurde (Madigan et al., 2016; Madigan, Louw, Wilbrink, Schieben und Merat,  
152 2017; Nordhoff et al., 2018).

## 153 1.2 Akzeptanz im Kontext des ÖPNV

154 Obwohl das Potential von automatisierten Mobilitätskonzepten im Personenverkehr  
155 bereits seit vielen Jahren bekannt ist, scheint die Umsetzung solcher Konzepte im ÖPNV erst  
156 in den letzten Jahren richtig angelaufen zu sein. Als Vorreiter kann man das Projekt CityMobil  
157 sehen, das durch die EU initiiert wurde (EU, 2011). In diesem Projekt wurde erstmals die  
158 Akzeptanz eines VAK untersucht. Es folgte ein weiteres Projekt, CityMobil2 (Alessandrini,  
159 Cattivera, Holgiun & Stam, 2014). Erst kürzlich wurden zahlreiche weitere Projekte gestartet;  
160 so zum Beispiel das Projekt CAST (Christie, Koymans, Chanard, Lasgouttes & Kaufmann,  
161 2016), WEpods (Van der Weil, 2017), Drive Sweden (Drive Sweden, 2018), oder auch das  
162 EUREF Projekt in Berlin (Nordhoff et al., 2018). Im Folgenden sollen die Befunde dieser und  
163 weiterer Arbeiten in Bezug auf die Nutzungsakzeptanz von VAK weiter untersucht werden.

164 Bereits Christie und Kollegen (2016) zeigen, dass die Mehrheit der Nutzenden VAK als  
165 überwiegend positiv beurteilen. Auch während einer Testung auf einer öffentlichen Straße in  
166 der Schweiz beurteilten Anwohner und Passanten einen VAK insgesamt als positiv (Eden,  
167 Nanchen, Ramseyer & Evéquoz, 2017). Kritisiert wurde in dieser Studie jedoch das langsame  
168 Tempo des Kleinbusses (20 km/h). Auch äußerten Passanten größere Unsicherheit bezüglich  
169 der Vorhersagbarkeit des Fahrverhaltens des Kleinbusses. Im Rahmen des CityMobil2-  
170 Projektes der EU untersuchten Madigan und Kollegen (2016, 2017) den Zusammenhang  
171 zwischen den in UTAUT postulierten Zusammenhängen zwischen Erwartungen und  
172 Nutzungsintention im Kontext eines VAK. Insgesamt äußerten die Probanden eine hohe  
173 Nutzungsintention, wobei diese Intention in beiden Studien durch die Leistungserwartung und  
174 den sozialen Einfluss vorhergesagt wurden. Die Aufwandserwartung konnte die Intention nur  
175 in der ersten Studie vorherzusagen, korrelierte dahingegen in Madigan et al. (2017) nach  
176 Hinzunahme weiterer Prädiktoren nicht mehr signifikant mit der Intention. Zuletzt untersuchten  
177 auch Nordhoff und Kollegen (2018) in Berlin einen VAK. Auch hier äußerten die Probanden

178 eine hohe Akzeptanz für den Kleinbus, bewerteten ihn als nützlich und die Fahrt als angenehm.  
179 Interessant ist, dass neben den beiden Prädiktoren Leistungs- und Aufwandserwartung auch  
180 Charakteristika des Kleinbusses, wie Design oder Geräumigkeit, mit erhoben wurden. Diese  
181 Charakteristika korrelierten hoch mit der Nutzungsintention (Nordhoff et al., 2018). Die  
182 Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von Krüger, Rashidi & Rose (2016), die bei einer  
183 Befragung im Kontext automatisierter Ride-Sharing-Dienste feststellten, dass vor allem  
184 Service-Charakteristika wie Kosten, Reisezeit und Wartezeit entscheidende Determinanten für  
185 die Nutzungsintention waren.

186 Insgesamt zeigt sich also, dass Probanden autonome Kleinbusse mehrheitlich positiv  
187 bewerten. Hier ist zu bedenken, dass es sich bei den vorgestellten Studien um Demonstrationen  
188 handelte, die nicht mit der Nutzung im realen Straßenverkehr vergleichbar sind. Betrachtet man  
189 neben Feldstudien größer angelegte Befragungen und Web-Analysen zum vollautomatisierten  
190 Fahren im Allgemeinen, relativieren diese den übermäßig positiven Eindruck. Zwar fanden  
191 auch diese Studien eine generelle Bereitschaft zur Nutzung vollautomatisierter Fahrzeuge  
192 (Payre, Cestac & Delhomme, 2014), dennoch scheint manuelles Fahren die präferierte Option  
193 zu sein (Kyriakidis, Happee & de Winter, 2015). Zudem äußerte ein großer Teil der Befragten  
194 negative Einstellungen, vor allem bezüglich des Vertrauens in die Zuverlässigkeit des  
195 automatisierten Systems, der Datensicherheit, sowie der politischen und rechtlichen  
196 Regelungen (Bazilinsky, Kyriakidis & de Winter, 2015, Kyriakidis et al., 2015).

### 197 **Ziel der Studie**

198 Die im Folgenden vorgestellte Studie hat zum Ziel, die in den vorherigen Absätzen  
199 skizzierten Befunde zur Beurteilung autonomer Mobilitätskonzepte weiter zu explorieren und  
200 entscheidende Determinanten für die Nutzungsintention solcher Konzepte zu identifizieren. Die  
201 Untersuchung fand im Kontext einer mehrwöchigen Demonstration eines VAK entlang einer  
202 Teststrecke am Mainzer Rheinufer statt. Diese Arbeit unterscheidet sich jedoch von anderen in

203 mehreren Punkten. So wurden zur Konzeptualisierung der Nutzungsakzeptanz nur die beiden  
204 Prädiktoren Leistungs- und Aufwandserwartung von UTAUT erhoben, zusammen mit den  
205 Moderatorvariablen Alter, Geschlecht und Erfahrung. Damit entschieden wir uns gegen neuere  
206 theoretische Weiterentwicklungen wie UTAUT2 (Venkatesh, Thong & Xu, 2012) und  
207 stattdessen für eine ökonomischere Erhebung mit weniger Items. Hier sei nochmal erwähnt,  
208 dass sich Konstrukte wie die wahrgenommene Nützlichkeit und Einfachheit der Nutzung,  
209 zentrale Prädiktoren von TAM und vergleichbar mit der Leistungs- und Aufwandserwartung,  
210 in der Vergangenheit als die stärksten Determinanten der Nutzungsintention gezeigt haben (vgl.  
211 Kin & He, 2006; Schepers & Wetzels, 2007, Turner, Kitchenham, Brereton, Charters &  
212 Budgen, 2010), vor allem in der Betrachtung autonomer Fahrzeuge (Buckley, Kaye & Pradhan,  
213 2018).

214 Des Weiteren wurde, in Anlehnung an Nordhoff et al. (2018), neben den klassischen  
215 Konstrukten zur Erfassung der Akzeptanz, auch die wahrgenommene Sicherheit sowie  
216 Fahrzeugeigenschaften des Kleinbusses, wie Platzangebot oder Fahrdynamik, in die  
217 Betrachtung mit eingebunden. Gerade die wahrgenommene Sicherheit ist ein entscheidender  
218 Faktor für die Akzeptanz neuer Fahrzeugtechnologien (Osswald, Wurhofer, Trösterer, Beck &  
219 Tscheligi, 2012) und könnte damit, zusammen mit den Fahrzeugeigenschaften, die Vorhersage  
220 der Nutzungsintention verbessern. Zuletzt grenzt sich unsere Studie von anderen Studien  
221 dahingehend ab, dass wir zwei vergleichbare Personengruppen einmal vor und einmal  
222 unmittelbar nach der ersten Fahrt mit dem VAK befragten. Dadurch lassen sich Unterschiede  
223 in prädiktiver und retrospektiver Beurteilung eines Systems untersuchen sowie prädiktive und  
224 retrospektive Akzeptanz klarer trennen.

## 225 2. Methode

### 226 2.1 Fragebogen

227 In der Studie wurden zwei verschiedene Fragebögen verwendet. Der erste Fragebogen  
228 (Prä-Fragebogen) beschäftigte sich mit der Akzeptanz von autonomem Nahverkehr allgemein  
229 und bestand zum großen Teil aus Items zur Erfassung der UTAUT-Variablen  
230 Nutzungsintention, Leistungserwartung und Aufwandserwartung (Venkatesh et al., 2003). Der  
231 zweite Fragebogen (Post-Fragebogen), der nur nach der Fahrt mit dem Kleinbus EMMA  
232 ausgehändigt wurde, enthielt dieselben Items wie der Prä-Fragebogen sowie weitere Items zur  
233 wahrgenommenen Sicherheit und zur Beurteilung der Fahrt mit dem Kleinbus.

#### 234 *Fragebogen I: Prä-Befragung*

235 Der Prä-Fragebogen startete mit demographischen Fragen. Hier wurde nach einer  
236 Zustimmung zur anonymen Verarbeitung der Daten das Alter (in Jahren) und Geschlecht der  
237 Probanden abgefragt. Zudem enthielt er eine Kontrollfrage um zu überprüfen, ob die Befragten  
238 zuvor bereits mit dem Kleinbus gefahren waren. Als nächstes folgten drei Items zur Erfassung  
239 von Leistungserwartung und je eins zur Erfassung der Aufwandserwartung und  
240 Nutzungsintention (siehe Tabelle 1). Alle Akzeptanz-Ratings wurden auf einer 7-stufigen  
241 Likert-Skala erhoben mit den Ankern „1 / Starke Ablehnung“ bis „7 / Starke Zustimmung“,  
242 entsprechend der Empfehlung in Davis et al. (1989). Zuletzt folgten zwei Kontrollfragen, die  
243 überprüfen sollten, ob der Fragebogen ernsthaft und aufrichtig sowie bereits zuvor schon einmal  
244 ausgefüllt wurde. Beide Items wurden im dichotomen Antwortformat mit Ja / Nein beantwortet.

245

246

247

248

249

250 Tabelle 1  
251 *Items zur Erfassung der Akzeptanz*

Konstrukt	Verwendetes Item
	Das autonome Fahren wird ein wichtiges Element des öffentlichen Nahverkehrs werden. (I1)
Leitungs- erwartung	Durch das autonome Fahren werde ich meine Fahrtziele besser erreichen als mit den konventionellen Formen des öffentlichen Nahverkehrs. (I2)
	Autonomes Fahren ist sicherer als andere Formen des öffentlichen Nahverkehrs. (I3)
Aufwands- erwartung	Es ist einfach zu verstehen, wie man einen autonom fahrenden Bus benutzt. (I4)
Nutzungs- intention	Ich würde autonome Fahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr nutzen, wenn sie verfügbar sind. (I5)

252

253 *Fragebogen II: Post-Befragung*

254 Der zweite Teil enthielt am Anfang zusätzlich eine Frage zur Erfassung der  
255 Nutzungshäufigkeit des ÖPNVs, erhoben auf einer 5-stufigen Rating-Skala mit den Stufen  
256 „Nie“, „Selten (einmal im Monat oder weniger)“, „Mehrals im Monat“, „Mehrals die  
257 Woche“ und „Täglich“. Danach folgten dieselben Items wie im Prä-Fragebogen und dann ein  
258 Item zur Nutzungsbereitschaft des Kleinbusses (I6). Die nächsten beiden Items bezogen sich  
259 auf die subjektiv wahrgenommene Sicherheit des Kleinbusses. Das erste Item lautete: „*Ich fühle*  
260 *mich in dem autonomen Kleinbus genauso sicher wie in einem normalen Fahrzeug.*“ (I7). Das  
261 zweite lautete: „*Ich vertraue dem autonomen Kleinbus, dass er mich sicher ans Ziel bringt*“  
262 (I8). Item 9 fragte schließlich nach der Notwendigkeit, einen Operator mit an Bord zu haben.  
263 Die verwendete Skala war identisch mit der Skala der Akzeptanz-Items aus dem Prä-  
264 Fragebogen.

265 Als nächstes folgten vier Items zur Bewertung der Fahrt selbst (I10-I13). Dabei erfasste  
266 das erste Item, ob die Fahrt eher als angenehm oder unangenehm empfunden wurde  
267 (Valenzbewertung, I10). Die weiteren Items erfassten spezifische Beurteilungen der  
268 Geschwindigkeit, des Abbremsens und des Platzangebotes im Kleinbus. Die Items wurden

269 wieder auf einer 7-stufigen Rating-Skala beurteilt, wobei die mittlere Kategorie den Anker  
270 „*Neutral*“ bzw. „*Genau richtig*“ erhielt und die beiden Pole jeweils an das zu beurteilende  
271 Charakteristikum des Kleinbusses angepasst waren. Danach folgte ein weiteres Item zur  
272 Nutzungsbereitschaft des VAK im ÖPNV im dichotomen Antwortformat (Ja / Nein) sowie eine  
273 offene Frage zur näheren Begründung der Antwort. Das nächste Item erfragte, wie wichtig den  
274 Probanden die Umweltfreundlichkeit des Busses ist (I14), erfasst auf derselben Skala wie die  
275 Fahrdynamiken, mit den Polen „*Überhaupt nicht wichtig*“ und „*Sehr wichtig*“ und der  
276 Mittelkategorie „*Neutral*“. Zuletzt konnten die Probanden noch drei offene Fragen dazu  
277 beantworten, was ihnen an dem Kleinbus besonders gut gefallen hat, was sie sich noch  
278 gewünscht hätten und was sie bei der Fahrt überrascht hatte. Beide Fragebögen finden sich im  
279 Appendix A.

## 280 **2.2 Teststrecke und Kleinbus**

281 Die Felderprobung des VKA fand vom 07. bis 25. August 2018 am Mainzer Rheinufer  
282 statt. Die Teststrecke verlief dabei über eine 600 Meter lange Strecke, zwischen der Mainzer  
283 Malakoff-Terrasse und dem Mainzer Ruder-Verein (siehe Abb. 1). Die Strecke verlief  
284 größtenteils gerade und durchquerte zudem zu Beginn eine Fußgängerzone. Interessierte  
285 konnten eine Fahrt von einer Haltestelle zur nächsten absolvieren, wobei bei starker Nachfrage  
286 die Rückfahrt zur Starthaltestelle nicht erlaubt wurde.



287

288 *Abbildung 1. Teststrecke des VKA in Mainz.*

289 Für die gesamte Erprobungszeit wurde ein autonomes Shuttle der Firma Navya  
290 verwendet (Navya, 2019, Abb. 2). Der vollständig elektrisch angetriebene Bus konnte für eine  
291 Dauer von neun Stunden mit einer Maximalgeschwindigkeit von 15 km/h fahren. Der  
292 Innenraum bot insgesamt elf Personen Platz. Während der gesamten Betriebszeit war ein  
293 Operator an Bord, der die Fahrt des VAK überwachte und im Notfall per Video-Controller  
294 eingreifen konnte. Der Operator saß wie ein Passagier im Fahrzeug und war in seiner Funktion  
295 nicht ohne Weiteres erkenntlich. Der Kleinbus konnte anhand von GPS, Radar- und LIDAR-  
296 (Light Detection and Ranging) Daten seine eigene Position in einer zuvor eingespeicherten  
297 Umgebung erfassen und so vollautonom auf „virtuellen Schienen“ fahren. Zudem war er mit  
298 Kamerasystemen ausgestattet, um so andere Verkehrsteilnehmer zu erkennen. Im Falle einer  
299 imminents Kollision initiierte der Kleinbus automatisch eine Bremsung und kommunizierte  
300 mit den anderen Verkehrsteilnehmern per Warnton und Warnlichtern. Sobald das Hindernis  
301 verschwand, konnte der Kleinbus seine Fahrt autonom fortsetzen. Der Operator wurde nur  
302 benötigt, um an der Haltestelle Bootshaus ein Wendemanöver zu initiieren, sowie um Türen zu  
303 öffnen und zu schließen. Sonstige Notfalleingriffe durch den Operator wurden während des  
304 Befragungszeitraums nicht beobachtet.



305

306 *Abbildung 2. Autonomes Shuttle der Firma Navya.*307 **2.3 Ablauf und Rekrutierung**

308 Die Befragung fand von montags bis samstags statt, immer zwischen 10:00 bis 13:00  
309 bzw. 14:00 bis 17:00 Uhr. Probanden wurden direkt auf der Teststrecke durch verbale  
310 Ansprache rekrutiert. Im Falle einer Einwilligung an der Befragung teilzunehmen, erhielten sie  
311 den Fragebogen. Dabei erhielten alle Probanden, die noch nicht mit dem Kleinbus gefahren  
312 waren, den Prä-Fragebogen und alle anderen den Post-Fragebogen. Passagiere des Kleinbusses  
313 wurden nach Möglichkeit direkt nach Verlassen des Busses rekrutiert. Jede Person konnte nur  
314 einmal an der Befragung teilnehmen. Das Ausfüllen der Fragebögen dauerte ca. 5 Minuten für  
315 den Prä-Fragebogen sowie ca. 10 Minuten für den Post-Fragebogen. Neben den Print-  
316 Fragebögen hatten alle Schaulustigen zudem die Möglichkeit, die Fragebögen über einen QR-  
317 Code aufzurufen und online zu bearbeiten. Dazu wurden QR-Codes sowohl im Bus als auch an  
318 den Haltestellen angebracht. Die Online-Befragung wurde über LimeSurvey angeboten. Diese  
319 Möglichkeit nutzen jedoch nur vier Probanden.

320 Insgesamt nahmen  $N = 942$  Personen an der Befragung teil. Dabei waren  $n = 371$   
321 Personen weiblich und  $n = 522$  Personen männlich,  $n = 46$  machten keine Angaben zum  
322 Geschlecht. Das Durchschnittsalter der Befragten lag bei 45,2 Jahren ( $SD = 19,3$  Jahre). Von

323 der Gesamtstichprobe füllten  $n = 578$  Personen den Prä-Fragebogen und  $n = 364$  den Post-  
324 Fragebogen aus. Die Verteilungen von Geschlecht und Alter waren in beiden Gruppen  
325 vergleichbar. Bei dem Post-Fragebogen nutzten zudem 54.7% den ÖPNV nie oder selten,  
326 26,9% mehrmals im Monat oder in der Woche und nur 16.8% täglich. Sechs Personen machten  
327 dazu keine Angabe.

## 328 **2.4 Datenanalyse**

329 Die Analyse erfolgte in drei Schritten. Zunächst wurden die Fragen zur Akzeptanz  
330 autonomer Nahverkehrsmittel analysiert, die im Prä- und Post-Fragebogen identisch waren. Im  
331 Anschluss daran wurden die Bewertungen der Items zur Sicherheit und Fahrdynamik aus dem  
332 Post-Fragebogen näher untersucht. Für beide Teile werden relevante deskriptive Statistiken  
333 berichtet. Zudem wurde untersucht, ob sich die Bewertungen der Items zum autonomen Fahren  
334 zwischen dem Prä- und Postfragebögen unterschieden. In diese Betrachtung wurden ebenfalls  
335 Unterschiede bezüglich des Alters und Geschlechts der Teilnehmer aufgenommen, wobei die  
336 Probanden dazu in vier Altersgruppen von ein bis 20, 21 bis 40, 41 bis 60 und 61 bis 90 Jahren  
337 eingeteilt wurden. Die Unterschiede der einzelnen Items in Abhängigkeit von den drei  
338 unabhängigen Variablen Fragebogen, Geschlecht und Alter wurden mittels einer multivariaten  
339 Varianzanalyse (MANOVA) untersucht und auf einem Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  bewertet.  
340 Aufgrund der ungleich großen Gruppen wurde Pillai's Spur ( $V$ ) als multivariate Teststatistik  
341 verwendet (Field, 2013). Auch die Items des Post-Fragebogen wurden mit derselben Methodik  
342 auf Unterschiedlichkeit geprüft.

343 Im letzten Schritt wurden zwei multiple lineare Regressionen berechnet. Die erste  
344 Regression testete, ob die Nutzungsintention durch die beiden UTAUT-Variablen Leistungs-  
345 und Aufwandserwartung vorhergesagt werden konnten und ob, im Übereinstimmung mit  
346 Venkatesh et al. (2003), Alter, Geschlecht und Erfahrung diesen Zusammenhang moderierten.  
347 Die zweite Regression testete, ob die Ratings zur Sicherheit und Fahrdynamik des Kleinbusses

348 zusammen mit den UTAUT-Variablen die Nutzungsbereitschaft gegenüber dem Kleinbus  
349 vorhersagte. Alle Variablen der beiden Regressionen wurden z-standardisiert, die  $\beta$ -Werte  
350 entsprechen demnach den standardisierten Regressionskoeffizienten. In beiden Regression  
351 zeigten die Q-Q Plots der Residuen keine systematische Abweichung von der  
352 Normalverteilung. Alle Berechnungen wurden mit der Software SPSS Statistics 23  
353 durchgeführt.

## 354 3. Ergebnisse

## 355 3.1 Akzeptanz des autonomen Fahrens im ÖPNV

356 Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Items  
 357 zum autonomen Fahren, die sowohl im Prä-, als auch Post-Fragebogen erhoben wurden. Die  
 358 Teilnehmer bewerteten den Kleinbus insgesamt positiv, mit Ratings zwischen 4.40 und 5.86  
 359 auf der 7-stufigen Rating-Skala. Die Probanden, die erst nach der Fahrt erhoben wurden, gaben  
 360 leicht höhere Werte ab als diejenigen, die vor der Fahrt mit dem Kleinbus befragt wurden.  
 361 Bezüglich des Geschlechts gaben Männer leicht höhere Ratings ab als Frauen. Außerdem waren  
 362 die Mittelwerte der jüngeren Probanden höher als die Mittelwerte der älteren Probanden.

363 Tabelle 2

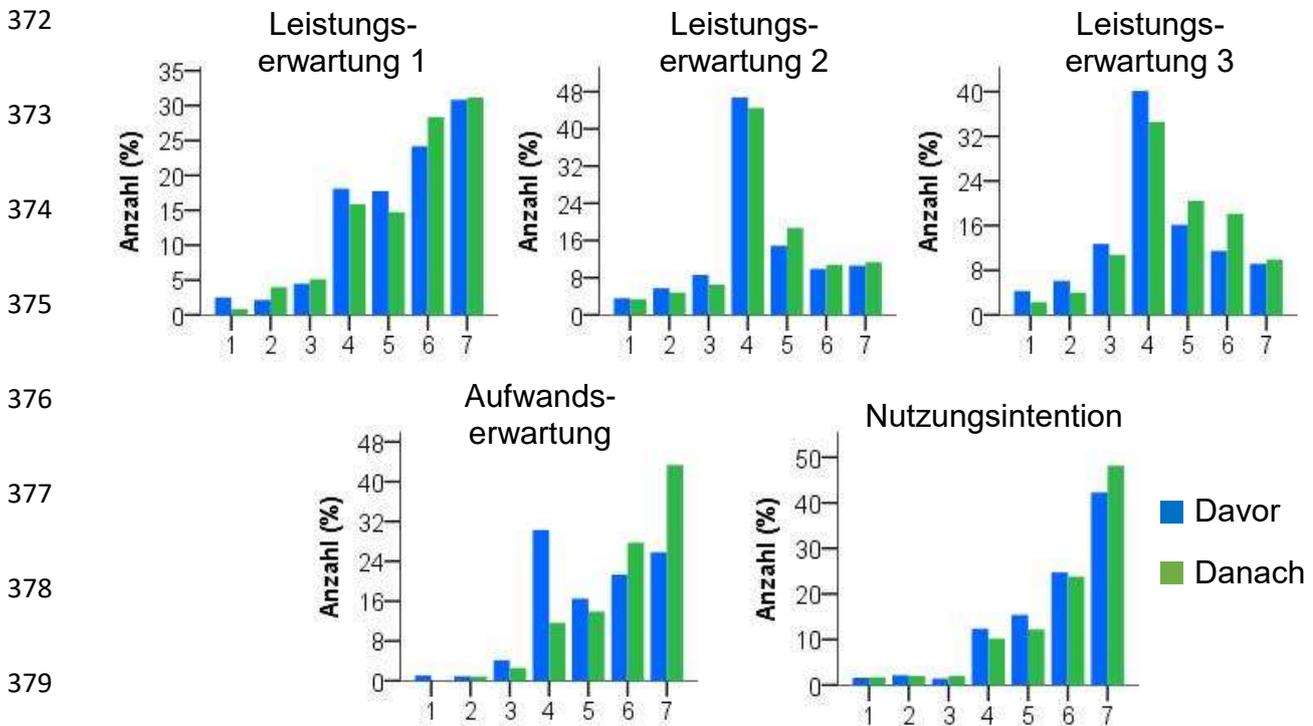
364 *Mittelwerte und Standardabweichungen der Items zum autonomen Fahren*

	Gesamt	Befragungszeit		Geschlecht		Altersgruppen (in Jahren)			
		Prä (Vorher)	Post (Nachher)	M	W	1-20	21-40	41-60	61-90
N	942	578	364	522	371	102	295	289	242
I1	5.45 (1.49)	5.42 (1.50)	5.49 (1.47)	5.62 (1.47)	5.26 (1.46)	5.67 (1.43)	5.51 (1.41)	5.41 (1.53)	5.34 (1.55)
I2	4.40 (1.41)	4.36 (1.42)	4.48 (1.41)	4.54 (1.46)	4.24 (1.31)	4.59 (1.39)	4.39 (1.42)	4.36 (1.45)	4.39 (1.39)
I3	4.41 (1.44)	4.29 (1.46)	4.61 (1.39)	4.50 (1.46)	4.29 (1.40)	4.40 (1.63)	4.43 (1.43)	4.35 (1.44)	4.47 (1.37)
I4	5.54 (1.35)	5.27 (1.38)	5.95 (1.19)	5.70 (1.28)	5.34 (1.38)	5.53 (1.37)	5.65 (1.38)	5.55 (1.35)	5.39 (1.28)
I5	5.86 (1.39)	5.81 (1.38)	5.93 (1.39)	5.97 (1.36)	5.74 (1.39)	6.00 (1.42)	6.08 (1.26)	5.73 (1.39)	5.69 (1.48)

365 *Anmerkungen.* N= Anzahl, übrige Werte zeigen Mittelwerte (Standardabweichungen)

366 Ergänzend zu den Mittelwerten und Standardabweichungen zeigt Abbildung 3 die  
 367 Häufigkeitsverteilungen der Ratings auf den Items. Vor allem bei den Items zum Vergleich mit  
 368 konventionellen Verkehrsmitteln (Leistungsintention 2) und zur Sicherheit des Kleinbusses  
 369 (Leistungsintention 3) wurden eher mittlere Ratings abgeben. Außerdem gaben die Probanden

370 vor der Fahrt gemischtere Urteile bzgl. des Nutzungsverständnisses des Kleinbusses ab als nach  
 371 der Fahrt (Aufwandserwartung).



380 *Abbildung 3.* Ratings der Items zum autonomen Fahren, aufgeteilt nach Fragebogen-Typ.

381 Um zu überprüfen, ob die oben angesprochenen Unterschiede der Mittelwerte zwischen  
 382 den einzelnen Bedingungen signifikant sind, wurde eine MANOVA berechnet mit den  
 383 unabhängigen Variablen Fragebogen-Typ, Alter und Geschlecht sowie den Items I1-I5 als  
 384 abhängige Variablen. Die MANOVA ergab einen signifikanten multivariaten Effekt des  
 385 Fragebogen-Typs ( $V = .07$ ,  $F(5, 850) = 13.19$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .07$ ) und des Geschlechts ( $V =$   
 386  $.03$ ,  $F(5, 850) = 5.17$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .03$ ). Der Effekt der Altersgruppe sowie die  
 387 Interaktionsterme waren nicht signifikant. Die Betrachtung der univariaten Effekte zeigte, dass  
 388 sich die Bewertungen signifikant zwischen Prä- und Post-Fragebogen bezüglich der  
 389 wahrgenommenen Sicherheit (I3) und des Nutzungsverständnisses (I4) unterschieden. Dabei  
 390 gaben in beiden Fällen die Teilnehmer der Post-Befragung höhere Werte an als die der Prä-  
 391 Befragung (vgl. Tabelle 2). Die univariaten Tests für das Geschlecht der Probanden resultierten  
 392 in signifikanten Unterschieden auf allen fünf Variablen, wobei Männer stets höhere Ratings

393 abgaben als Frauen. Zuletzt zeigte sich ein signifikanter univariater Effekt der Altersgruppe  
 394 bezüglich der Nutzungsintention, die jüngeren Altersgruppen kreuzten höhere Werte an als die  
 395 älteste Gruppe. Alle signifikanten univariaten Effekte sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die  
 396 Effektstärken der Unterschiede in den einzelnen Gruppierungsvariablen waren jedoch sehr  
 397 klein, die Nutzergruppen scheinen sich in ihren Urteilen demnach nicht substantiell zu  
 398 unterscheiden.

399 Tabelle 3  
 400 *Effekte der univariaten F-Tests*

		<i>F</i>	<i>df</i> <sub>Faktor</sub>	<i>df</i> <sub>Fehler</sub>	<i>p</i>
Geschlecht	I1	17.13	1	854	<.001
	I2	13.09	1	854	<.001
	I3	5.19	1	854	.023
	I4	14.87	1	854	<.001
	I5	8.22	1	854	.004
Fragebogen-Typ	I3	9.22	1	854	.002
	I4	51.42	1	854	<.001
Altersgruppe	I5	3.07	3	854	.027

401 *Anmerkungen.* *N* = 870. *df* = Freiheitsgrade.  $\eta_p^2$  = partielles Eta<sup>2</sup> als Maß der Effektstärke.  
 402

### 403 **3.2 Akzeptanz des autonomen Kleinbusses EMMA**

404 Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Items im Post-  
 405 Fragebogen. Die Ratings für die einzelnen Items lagen auch hier über dem mittleren Wert 4,  
 406 mit Ausnahme des Items zur Geschwindigkeit des Kleinbusses (I11). Diese wurde im Schnitt  
 407 eher als zu langsam beurteilt. Die höchsten Ratings erhielten die Valenz der Fahrt (I6) sowie  
 408 die Umweltfreundlichkeit (I14). Auch diesmal zeigten sich Unterschiede im Geschlecht, wobei  
 409 Frauen teilweise höhere Bewertungen vornahmen als Männer (I9, I13, I14). Zuletzt schätzten  
 410 ältere Probanden die Geschwindigkeit des Kleinbusses eher als angemessen ein als jüngere  
 411 Probanden (I11). Außerdem schätzte die jüngste Altersgruppe das Platzangebot im Kleinbus

412 als am komfortabelsten ein (I13). Abbildung 4 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Ratings auf  
 413 den Items zur Fahrt mit dem Kleinbus. Hier zeigt sich, dass die Probanden sowohl die  
 414 Anwesenheitspflicht eines Operators, als auch die Geschwindigkeit des Kleinbusses  
 415 unterschiedlich bewerteten.

416 Tabelle 4  
 417 *Mittelwerte und Standardabweichungen der Items zum Kleinbus EMMA*

	Gesamt	Geschlecht		Altersgruppen (in Jahren)			
		M	W	1-20	21-40	41-60	61-90
N	364	200	151	44	113	115	88
I6	6.06 (1.31)	5.98 (1.40)	6.13 (1.20)	6.05 (1.35)	6.10 (1.36)	6.02 (1.33)	6.06 (1.23)
I7	5.71 (1.47)	5.82 (1.46)	5.52 (1.48)	5.76 (1.66)	5.86 (1.38)	5.55 (1.57)	5.72 (1.34)
I8	5.82 (1.29)	5.90 (1.28)	5.67 (1.31)	5.97 (1.38)	5.88 (1.22)	5.64 (1.44)	5.90 (1.09)
I9	4.65 (1.78)	4.44 (1.86)	4.92 (1.62)	4.84 (1.82)	4.40 (1.87)	4.72 (1.78)	4.80 (1.63)
I10	6.32 (1.56)	6.19 (1.25)	6.49 (1.02)	6.24 (1.32)	6.17 (1.18)	6.36 (1.17)	6.51 (1.03)
I11	2.82 (1.56)	2.69 (1.14)	2.99 (1.15)	2.49 (1.19)	2.48 (1.05)	3.04 (1.19)	3.12 (1.09)
I12	4.58 (1.00)	4.60 (0.98)	4.55 (1.04)	4.46 (0.77)	4.77 (1.05)	4.62 (1.06)	4.35 (0.91)
I13	4.37 (1.53)	4.17 (1.51)	4.69 (1.51)	4.73 (1.48)	4.09 (1.56)	4.38 (1.57)	4.55 (1.41)
I14	6.22 (1.28)	6.01 (1.46)	6.49 (0.92)	5.97 (1.34)	6.15 (1.31)	6.31 (1.26)	6.28 (1.23)

418 *Anmerkungen.* N= Anzahl, übrige Werte zeigen Mittelwerte (Standardabweichungen)

419

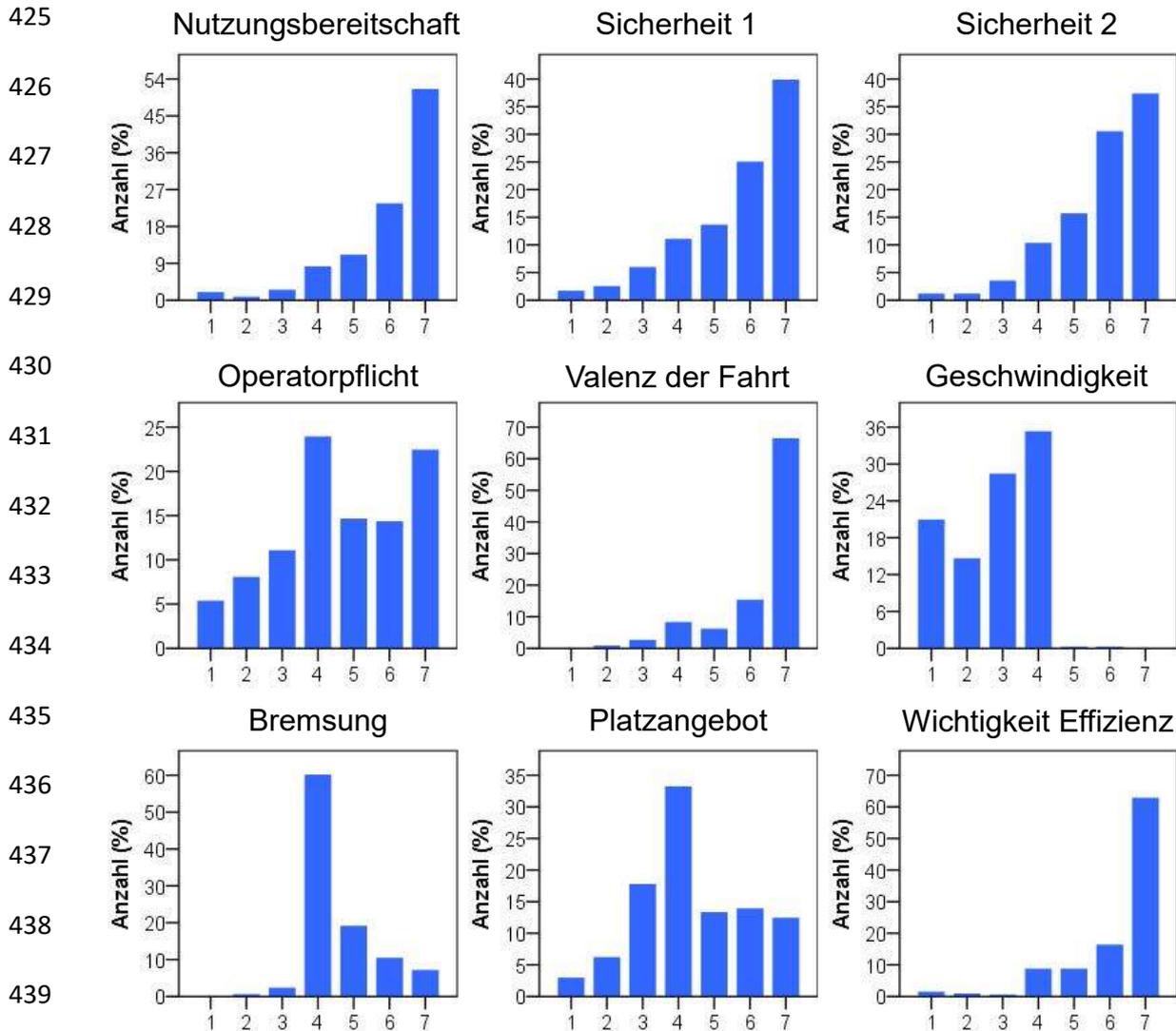
420

421

422

423

424



440 *Abbildung 4.* Ratings der Items zum Kleinbus EMMA

441 In Ergänzung zu der deskriptiven Betrachtung wurde eine MANOVA berechnet, um die  
 442 Items auf Unterschiede im Alter und Geschlecht der Probanden zu testen. Diesmal ergab sich  
 443 ein signifikanter multivariater Effekt sowohl für das Geschlecht ( $V = .11$ ,  $F(9, 298) = 3.88$ ,  $p <$   
 444  $.001$ ,  $\eta_p^2 = .11$ ), als auch für das Alter ( $V = .17$ ,  $F(27, 900) = 1.99$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .06$ ). Der  
 445 Interaktionseffekt zwischen Geschlecht und Altersgruppen wurde nicht signifikant. Alle  
 446 signifikanten Effekte der univariaten Tests sind in Tabelle 5 aufgeführt. Frauen kreuzten  
 447 signifikant höhere Werte an als Männer bei den Fragen zur Operatorpflicht, zum Platzangebot  
 448 und zur Wichtigkeit der Effizienz, wogegen Männer höhere Werte bei der Sicherheit des  
 449 Kleinbusses angaben. Zudem kreuzten die jüngeren Altersgruppen tendenziell niedrigere Werte

450 in der Geschwindigkeit und höhere Werte in der Bremsung des Kleinbusses an als die älteren  
 451 Gruppen (vgl. Tabelle 4). Auch hier waren die Effektstärken jedoch sehr klein, mit Werten bis  
 452  $\eta_p^2=.07$ . Die Unterschiede zwischen den Urteilen der einzelnen Gruppen waren also scheinbar  
 453 nicht substantiell.

454 Tabelle 5  
 455 *Effekte der univariaten F-Tests*

		<i>F</i>	<i>df</i> <sub>Faktor</sub>	<i>df</i> <sub>Fehler</sub>	<i>p</i>
Geschlecht	I7	4.42**	1	306	.036
	I9	7.00**	1	306	.009
	I13	8.78**	1	306	.003
	I14	7.82**	1	306	.005
Altersgruppe	I11	7.38***	3	306	<.001
	I12	3.03*	3	306	.030

456 *Anmerkungen.* *N* = 306. *df* = Freiheitsgrade.  $\eta_p^2$  = partielles Eta<sup>2</sup> als Maß der Effektstärke.  
 457 \* *p* <.05; \*\* *p* <.01; \*\*\* *p* <.001.

### 458 3.3 Vorhersage der Nutzungsintention und Nutzungsbereitschaft

459 In Anlehnung an vorherangegangene Arbeiten (Madigan et al., 2016, Nordhoff, 2018)  
 460 sollte geprüft werden, ob die Nutzungsintention für autonome Kleinbusse im Allgemeinen  
 461 durch die beiden Determinanten von UTAUT, Leistungs- und Aufwandserwartung, und deren  
 462 Moderatorvariablen vorhergesagt werden kann. Zudem wollten wir testen, ob die Items zum  
 463 Kleinbus EMMA, die nur im Post-Fragebogen erhoben wurden, die Nutzungsbereitschaft für  
 464 den Kleinbus vorhersagen können.

465 Für die erste Regression, in welche die Daten aus beiden Fragebögen mit einfließen,  
 466 wurden zunächst die einzelnen Items entsprechend ihres zugrundeliegenden Konstruktes  
 467 aggregiert. Da die Leistungserwartung der einzige Faktor war, der durch mehrere Items erfasst  
 468 wurde, wurde anders als in vorherigen Arbeiten keine Hauptkomponentenanalyse (PCA)  
 469 berechnet. Da die drei Items jedoch eine ausreichend hohe interne Konsistenz aufwiesen

470 (Cronbachs  $\alpha = .78$ ), wurden sie dennoch zu einem Faktor aggregiert. In das lineare Modell  
 471 wurden dann die Prädiktorvariablen Leistungs- und Aufwandserwartung, die demographischen  
 472 Variablen Alter, Geschlecht sowie eine Variable zur Unterscheidung zwischen Prä- und Post-  
 473 Fragebogen als Indikator der Fahrerfahrung in einem Schritt aufgenommen. Um  
 474 Moderatoreffekte der Variablen Alter, Geschlecht und Erfahrung auf den Zusammenhang des  
 475 Kriteriums Nutzungsintention mit den beiden Prädiktoren Leistungs- und Aufwandserwartung  
 476 zu testen, wurden die Interaktionsterme zwischen den beiden Prädiktoren und den drei  
 477 Moderatorvariablen zusätzlich ins Modell aufgenommen. Tabelle 6 zeigt die  
 478 Korrelationsmatrix der Haupteffekte und des Kriteriums Nutzungsintention.

479 Tabelle 6  
 480 *Korrelationsmatrix der Prädiktoren und Kriterium Nutzungsintention*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1. Nutzungsintention	1					
2. Leistungserwartung	<b>.63</b>	1				
3. Aufwandserwartung	<b>.46</b>	<b>.41</b>	1			
4. Alter	<b>-.11</b>	-.03	<b>-.06</b>	1		
5. Geschlecht	<b>-.08</b>	<b>-.12</b>	<b>-.13</b>	.03	1	
6. Erfahrung	.03	<b>.07</b>	<b>.24</b>	-.02	.02	1

481 *Anmerkungen.*  $N = 870$ . Fettgedruckte Korrelationskoeffizienten zeigen Signifikanz ab  $p < .05$ .

482

483 Die Korrelationsmatrix zeigt, dass die einzelnen Prädiktoren teilweise korreliert sind. In  
 484 diesem Fall kann die Wichtigkeit der einzelnen Prädiktoren nicht anhand der Größe der  
 485 Regressionsgewichte beurteilt werden. Aus diesem Grund wurde in Ergänzung der multiplen  
 486 Regression eine Dominanzanalyse berechnet (Budescu, 1993). Dieser Ansatz hat sich bereits  
 487 in anderen Kontexten als geeignet erwiesen, um Aussagen über die relative Wichtigkeit von  
 488 Prädiktoren in multiplen linearen Regressionen zu treffen (z.B. LeBreton, Ployhart & Ladd,  
 489 2004; Oberfeld & Klöckner-Nowotny, 2016; Thomas, Zumbo, Kwan & Schweitzer, 2011;

490 Tonidandel & LeBreton, 2011). In der Dominanzanalyse wird die Wichtigkeit jedes einzelnen  
 491 Prädiktors beurteilt, in dem zunächst Regressionsmodelle mit allen möglichen Kombinationen  
 492 der Prädiktoren, mit Ausnahme des zu testenden Prädiktors, gebildet werden, inklusive einem  
 493 Modell, das nur das Intercept enthält. Danach wird der inkrementelle Anteil an  
 494 Varianzaufklärung ( $\Delta R^2$ ) betrachtet, den man erhält, wenn man den einzelnen Modellen den  
 495 zu testenden Prädiktor hinzufügt. Der Mittelwert der einzelnen quadrierten  
 496 Semipartialkorrelationen ( $\Delta R^2$ ) entspricht dann dem General Dominance Weight (GDW, Azen  
 497 & Budescu, 2003). Dieser Wert ist ein quantitatives Maß für die relative Wichtigkeit der  
 498 einzelnen Prädiktoren. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Regression, inklusive der GDWs der  
 499 einzelnen Prädiktoren. Da die Interaktionsterme nicht signifikant wurden, werden nur die  
 500 Haupteffekte berichtet.

501 Tabelle 7

502 *Ergebnisse der linearen Regression und Dominanzanalyse für die Nutzungsintention*

Prädiktor	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	GDW
Leistungserwartung	.52	.03	19.03	<.001	.305
Aufwandserwartung	.27	.03	9.45	<.001	.135
Alter	.08	.03	-3.16	.002	.008
Geschlecht	-.02	.03	0.85	.393	.002
Fahrerfahrung	-.07	.03	-2.90	.004	.004

$R^2 = .454, p < .001$

503 *Anmerkungen.*  $N = 870$ .  $\beta$  = standardisierte ordinary least-squares (OLS) Regressionskoeffizienten. *SE*  
 504 = Standardfehler der standardisierten Regressionskoeffizienten.  $R^2$  entspricht dem angepassten Maß des  
 505 Determinationskoeffizienten, wie er in SPSS berechnet wird. GDW = General Dominance Weight.

506

507 Die Regression führte zu einer Varianzaufklärung von  $R^2 = .454$ . Die Dominanzgewichte  
 508 zeigen, dass der stärkste Prädiktor die Leistungserwartung war, gefolgt von der  
 509 Aufwandserwartung. Das Alter und die Erfahrung wurden zwar signifikant, die kleinen  
 510 Dominanzgewichte legen aber nahe, dass sie für die Varianzaufklärung am Kriterium nur eine  
 511 geringe Rolle spielten. Der Haupteffekt des Geschlechts wurde nicht signifikant.

512 Um zu testen, welchen Einfluss die Items zur Sicherheit und Fahrdynamik des  
513 Kleinbusses sowie die UTAUT-Variablen auf die Nutzungsbereitschaft des Kleinbusses  
514 EMMA hatten, wurde eine weitere multiple lineare Regression berechnet. Dazu wurde zunächst  
515 geprüft, ob die Items zur Sicherheit des Kleinbusses ebenfalls auf den Faktor  
516 Leistungserwartung, oder auf einen anderen Faktor zurückgehen. Eine PCA wurde berechnet  
517 mit den Items I1-I3 zur Erfassung der Leistungserwartung und I7 – I9 zur Erfassung der  
518 empfundenen Sicherheit. Es wurde entsprechend dem Scree-Plot ein Faktor mit einem  
519 Eigenwert größer eins extrahiert. Aufgrund der kleinen Faktorladung von  $a = .27$  wurde Item  
520 9 aus der Analyse entfernt und die PCA erneut berechnet. Auch die zweite PCA lieferte einen  
521 Faktor, mit Faktorladungen zwischen  $a = .73$  (I2) und  $a = .82$  (I8). Entsprechend wurden die  
522 Item I1, I2, I3, I7 und I8 in den Faktor Leistungserwartung aggregiert, die interne Konsistenz  
523 der Items betrug Cronbachs  $\alpha = .84$ . Im Folgenden wurde dann eine multiple lineare Regression  
524 berechnet, bei der die für den Kleinbus spezifischen Items (I9 – I14), die Haupteffekte der  
525 UTAUT-Variablen Leistungserwartung, Aufwandserwartung, Alter, Geschlecht und, als  
526 Indikator für Erfahrung, Nutzungshäufigkeit des ÖPNV und die Interaktionsterme zwischen  
527 Leistungserwartung, Aufwandserwartung und den demographischen Variablen im dritten  
528 Schritt als Prädiktoren aufgenommen wurden. Wie bei der vorherigen Regression wurden die  
529 Interaktionsterme ins Modell aufgenommen, um die in UTAUT postulierten Moderatoreffekte  
530 zu testen (Vebkatesh et al., 2003). Tabelle 8 zeigt die Korrelationsmatrix der Haupteffekte und  
531 des Kriteriums.

532

533

534

535

536 Tabelle 8  
 537 *Korrelationsmatrix der Prädiktoren und Kriterium Nutzungsbereitschaft von EMMA*

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	Nutzungs- bereitschaft	1										
2.	Anwesenheit Operator	<b>.12</b>	1									
3.	Valenz der Fahrt	<b>.43</b>	.07	1								
4.	Geschwindigkeit	.07	<b>-.28</b>	<b>.20</b>	1							
5.	Bremmung	<b>-.16</b>	.03	<b>-.25</b>	<b>-.16</b>	1						
6.	Platzangebot	<b>.33</b>	-.07	<b>.32</b>	<b>.11</b>	<b>-.18</b>	1					
7.	Leistungs- erwartung	<b>-.57</b>	<b>.19</b>	<b>.42</b>	-.01	<b>-.15</b>	<b>.23</b>	1				
8.	Aufwands- erwartung	<b>.34</b>	<b>.13</b>	<b>.26</b>	-.05	.00	<b>.18</b>	<b>.49</b>	1			
9.	Alter	.02	-.05	<b>.10</b>	<b>.23</b>	<b>-.12</b>	.03	-.03	<b>-.10</b>	1		
10.	Geschlecht	.06	<b>-.13</b>	<b>.13</b>	<b>.13</b>	-.03	<b>.17</b>	<b>-.12</b>	-.08	.04	1	
11.	Nutzungs- häufigkeit	.34	.09	.05	-.02	.02	.01	<b>.11</b>	.07	.07	.05	1

538 *Anmerkungen.*  $N = 314$ . Fettgedruckte Korrelationskoeffizienten zeigen Signifikanz ab  $p < .05$ .

539

540 Auch hier zeigen sich teilweise Korrelationen der einzelnen Prädiktoren, weshalb

541 zusätzlich zu der linearen Regression ebenfalls eine Dominanzanalyse gerechnet wurde.

542 Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der multiplen linearen Regression und der Dominanzanalyse.

543 Die Interaktionseffekte wurden nicht signifikant und werden daher nicht aufgeführt. Die

544 Varianzaufklärung des gesamten Modells an der Varianzaufklärung des Prädiktors betrug  $R^2 =$

545  $.378$ . Wie die Dominanzgewichte zeigen, ist der stärkste Prädiktor die Leistungserwartung,

546 gefolgt von der Valenzbewertung und dem Platzangebot. Die Aufwandserwartung wurde

547 diesmal nicht signifikant, obwohl ihr Dominanzgewicht vergleichbar ist mit dem des

548 Platzangebots. Die demographischen Variablen Alter, Geschlecht und Nutzungshäufigkeit des

549 ÖPNV wurden nicht signifikant und schienen nur von geringerer Bedeutung zu sein.

550

551 Tabelle 9  
 552 *Ergebnisse der linearen Regression und Dominanzanalyse für die Nutzungsbereitschaft*

Prädiktor	$\beta$	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	GDW
Anwesenheit Operator	.05	.05	1.07	.285	.007
Valenz der Fahrt	.18	.05	3.26	.001	.081
Geschwindigkeit	.03	.05	0.58	.563	.002
Bremmung	-.03	.05	-0.59	.558	.009
Platzangebot	.15	.05	3.09	.002	.051
Leistungserwartung	.43	.06	7.59	<.001	.195
Aufwandserwartung	.06	.05	1.13	.260	.045
Alter	-.05	.05	-0.98	.327	.001
Geschlecht	.06	.05	1.34	.183	.004
Nutzungshäufigkeit	-.20	.15	-1.29	.198	.003

$R^2 = .378, p < .001$

553 *Anmerkungen.*  $N = 314$ .  $\beta$  = standardisierte ordinary least-squares (OLS) Regressionskoeffizienten. *SE*  
 554 = Standardfehler der standardisierten Regressionskoeffizienten.  $R^2$  entspricht dem angepassten Maß des  
 555 Determinationskoeffizienten, wie er in SPSS berechnet wird. GDW = General Dominance Weight.  
 556

### 557 3.4 Kommentare der Nutzenden

558 Als letzter Teil der Analyse wurden die Kommentare der Probanden aus den offenen  
 559 Fragen kategorisiert. In der ersten Frage wurden die Nutzer gefragt, was ihnen an der Fahrt mit  
 560 dem Kleinbus besonders gut gefallen hat. Dabei wurden von 51 Nutzenden explizit die  
 561 autonome Fahrweise des Kleinbusses erwähnt. Ebenfalls mehrfach wurde die geringe  
 562 Lärmbelastung ( $n = 39$ ) sowie die Umweltfreundlichkeit des Kleinbusses ( $n = 36$ ) gelobt. Die  
 563 Fahrweise wurde zudem von 21 Nutzenden als angenehm und ruhig bezeichnet. In der zweiten  
 564 offenen Frage konnten die Nutzenden Wünsche zur Verbesserung des Kleinbusses äußern. Hier  
 565 wünschten sich 43 Personen mehr Sitzplätze oder auch mehr Platz, z.B. für Gepäck. Außerdem  
 566 empfanden 39 Personen das Fahrttempo des Busses als zu langsam. Schließlich äußerten 19  
 567 Nutzende den Wunsch, den Bus auch auf anderen Strecken nutzen zu können. Zwei Person  
 568 verwiesen dabei explizit auf einen Rufdienstservice. Die letzte offene Frage zielte auf die

569 Punkte ab, welche die Nutzenden bei der Fahrt besonders überrascht hatten. Dabei erwähnten  
570 44 Personen die Sicherheit, mit der Emma gefahren sei und vor allem die autonom  
571 durchgeführte Bremsung bei Hindernissen.

## 572 4. Diskussion

### 573 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

574 Insgesamt wurden autonome Nahverkehrsmittel im Allgemeinen sowie der autonome  
575 Kleinbus EMMA sehr positiv bewertet. Gerade die Items zur Erfassung der UTAUT-Variablen  
576 Leistungserwartung, Aufwandserwartung und Nutzungsintention wurden durchgängig mit  
577 Ratings über der Mittelkategorie der 7-stufigen Skala bewertet, was als positive Akzeptanz des  
578 Konzeptes autonomes Fahren im Nahverkehr gesehen werden kann. Vor allem die  
579 Nutzungsintention wurde mit einem durchschnittlichen Rating von 5.86 hoch bewertet, die  
580 Probanden sind im Schnitt also prinzipiell bereit, autonome Fahrzeuge im ÖPNV zu nutzen.  
581 Was die Überlegenheit von VAK gegenüber dem konventionellen Nahverkehr angeht,  
582 bezüglich der Qualität des Transportes (I2) und der Sicherheit (I3), fiel es den Probanden eher  
583 schwer, eine Prognose abzugeben. Diese Items bewerteten die Probanden im Schnitt neutral.  
584 Der stärkste Unterschied zwischen den Bewertungen vor und nach der Fahrt mit EMMA zeigte  
585 sich bei der Aufwandserwartung (I4). Hier waren die Probanden vor der Fahrt noch unsicher,  
586 was die Verständlichkeit der Nutzung eines autonomen Kleinbusses angeht. Nach der Fahrt  
587 bewerteten die Probanden dieses Item positiver, die Fahrt war anscheinend lehrreich für die  
588 Probanden. Auch im Geschlecht zeigten sich Unterschiede auf allen Items zum autonomen  
589 Fahren im ÖPNV, wobei Männer positivere Bewertungen vornahmen als Frauen.

590 Was den autonomen Kleinbus EMMA angeht, so bewerteten die Nutzenden den  
591 Kleinbus nach der Fahrt sehr positiv. Der Kleinbus wurde im Mittel als sehr sicher bewertet (I7  
592 und I8), wobei die Notwendigkeit eines Operators (I9) gemischt bewertet wurde. Die Mehrheit  
593 antwortete neutral, einige, vor allem weibliche, Probanden wünschten sich jedoch einen  
594 Operator an Bord, der den Kleinbus überwacht. Die Fahrt mit EMMA wurde von der großen  
595 Mehrheit als angenehm bewertet (I10). Auch die Bremsung des Busses wurde überwiegend als  
596 angenehm empfunden, wobei hier auch einige Probanden die Bremsung als zu stark bewerteten

597 (I12). Das Platzangebot im Bus wurde von der Mehrheit als neutral bis komfortabel bewertet  
598 (I13). Hier sollte jedoch angemerkt werden, dass der Kleinbus selten voll besetzt war, was sich  
599 auf die Ratings der Probanden ausgewirkt haben könnte. Einzig die Geschwindigkeit des  
600 Kleinbusses wurde als unzureichend bewertet. Die Mehrheit hätte sich ein höheres Reisetempo  
601 als 15 km/h gewünscht. Interessanterweise zeigten sich hier aber auch die stärksten  
602 Unterschiede im Alter der Probanden, ältere Probanden empfanden das Tempo des Kleinbusses  
603 eher als „genau richtig“. Zuletzt wurde das Item, wie wichtig den Nutzenden die  
604 Umweltfreundlichkeit des Kleinbusses sei, im Schnitt mit 6.22 bewertet. Frauen gaben bei  
605 diesem Item zudem höhere Werte ab als Männer. Die Umweltfreundlichkeit von VKA scheint  
606 Nutzern und vor allem Nutzerinnen also besonders wichtig zu sein.

607 Die Ergebnisse zur Bewertung von EMMA stehen im Einklang mit bisherigen Studien  
608 zur Akzeptanz von VAK (Christie et al., 2016; Eden et al., 2017; Madigan et al., 2016; Madigan  
609 et al., 2017; Nordhoff et al., 2018; Portouli et al., 2017). In all diesen Arbeiten legten die  
610 Probanden eine hohe Akzeptanz von VAK an den Tag. Hier sei angemerkt, dass es sich bei all  
611 diesen Untersuchungen um Demonstrationen neuer Verkehrskonzepte handelte. Entsprechend  
612 ist anzunehmen, dass Probanden autonome Verkehrsmittel in einem solchen Kontext anders  
613 wahrnehmen und bewerten als im realistischen Nutzungskontext. Die eher kritischen  
614 Bewertungen vollautonomer Mobilitätskonzepte, wie man sie aus größer angelegten  
615 Befragungen kennt (Bazilinskyy et al., 2015, Kyriadkidis et al., 2015), konnten in unserer  
616 Studie nicht repliziert werden.

617 Zuletzt wurden zwei Regressionen zur Vorhersage der Nutzungsintention für VAK  
618 sowie zur Nutzungsbereitschaft von EMMA berechnet. Die beiden Determinanten der  
619 Nutzungsintention laut UTAUT, Leistungserwartung und Aufwandserwartung, klärten  
620 zusammen mit den Moderatorvariablen Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung 45,4% der  
621 Varianz auf. Die Leistungserwartung war dabei der stärkste Prädiktor, gefolgt von der

622 Aufwandserwartung. Das Alter und die Fahrerfahrung hatten einen direkten Effekt, dieser ist  
623 entsprechend der Dominanzgewichte jedoch als gering zu bewerten. Das Geschlecht oder die  
624 Interaktionsterme zwischen den Moderatorvariablen und den Prädiktoren hatten keinen Effekt.  
625 Was die Nutzungsbereitschaft von EMMA angeht, so konnten die UTAUT-Variablen  
626 zusammen mit den Items zur Erfassung der Fahrzeugeigenschaften und Fahrdynamiken von  
627 EMMA 38% der Varianz aufklären. Zwar war hier die Leistungserwartung ebenfalls stärkster  
628 Prädiktor, jedoch konnte die Aufwandserwartung keinen signifikanten Anteil an Varianz  
629 aufklären. Das Dominanzgewicht der Aufwandserwartung deutet dennoch darauf hin, dass  
630 dieses Konstrukt für die Vorhersage der Nutzungsbereitschaft von Bedeutung ist. Die  
631 Prädiktoren Alter, Geschlecht, Nutzungshäufigkeit des ÖPNV, Notwendigkeit eines Operators  
632 sowie die Interaktionsterme hatten keinen signifikanten Effekt. Stattdessen wurden sowohl die  
633 Valenzbewertung der Fahrt, als auch das Platzangebot als Prädiktoren signifikant. Dabei zeigte  
634 sich die Valenzbewertung in der Dominanzanalyse als zweitstärkster Prädiktor nach der  
635 Leistungserwartung.

636 Die Ergebnisse der Regression stehen zum Teil in Übereinstimmung mit den  
637 theoretischen Annahmen von UTAUT (Venkatesh et al., 2003) sowie vorherigen Studien  
638 (Madigan et al., 2016; Madigan et al., 2017). So zeigte sich vor allem die Leistungserwartung  
639 als stärkster Prädiktor der Nutzungsintention. Auffällig ist jedoch, dass hier, wie auch bei den  
640 Studien von Madigan et al., keine Moderatoreffekte von Alter, Geschlecht und Erfahrung  
641 auftraten. Dies steht im Widerspruch zu UTAUT, was möglicherweise auf die betrachteten  
642 Technologien zurückzuführen ist. UTAUT bezieht sich auf Technologien im Bereich der  
643 Informationstechnik, wogegen in dieser Studie autonomes Fahren untersucht wurde. Dies passt  
644 zu den Modellannahmen von Ghazizadeh und Kollegen (2012), die in ihr Akzeptanzmodell für  
645 autonomes Fahren ebenfalls keine Moderatorvariablen aufnahmen. Ein Unterscheid zur  
646 bisherigen Empirie stellt zudem die Betrachtung von Fahrzeugeigenschaften und der

647 Valenzbewertung dar. Solche Konstrukte wurden bei Madigan et al. (2016) nicht  
648 aufgenommen, was den etwas höheren Anteil an aufgeklärter Varianz in der hier präsentierten  
649 Studie erklären könnte. Vor allem der signifikante Effekt der Valenzbewertung ist hier  
650 interessant, da ein solches Konstrukt in den klassischen Theorien zur Nutzungsakzeptanz fehlt  
651 (Davis, 1989; Venkatesh et al., 2003). Venkatesh und Kollegen (2012) integrierten ein  
652 vergleichbares Konstrukt, hedonische Motivation, in UTAUT2. Die Hinzunahme dieses  
653 Prädiktors führte bei Madigan et al. (2017) zu vergleichbaren Ergebnissen wie in der hier  
654 beschriebenen Studie. Die Bedeutung spezieller Fahrzeugeigenschaften, wie dem Platzangebot,  
655 blieb jedoch in Theorie und Empirie bisher größtenteils unbeachtet. Nur Nordhoff et al. (2018)  
656 nahmen solche Aspekte mit auf und fanden hohe Korrelationen mit der Nutzungsintention. Die  
657 hier berichteten Ergebnisse stützen die Bedeutung von Fahrzeugeigenschaften für die  
658 Vorhersage der Nutzungsbereitschaft.

#### 659 **4.2 Grenzen der Untersuchung**

660 Zum Abschluss sollten noch einige Aspekte erwähnt werden, welche die Interpretation  
661 und Generalisation der hier präsentierten Ergebnisse einschränken könnten. Es wurde bereits  
662 beschrieben, dass die Bewertung von EMMA mehrheitlich positiv war. Hier ist zu bedenken,  
663 dass die Einstellung gegenüber dem Kleinbus sicherlich auch vom Nutzungskontext geprägt  
664 war. Es ist anzunehmen, dass den Probanden zur jeder Zeit bewusst war, dass es sich bei dem  
665 Kleinbus um einen frühen Prototypen handelt, der in dieser Form nicht im ÖPNV verkehren  
666 würde. Zudem wurde das Projekt bereits vor Beginn der Testfahrten positiv beworben, im Sinne  
667 neuer Innovationen im Nahverkehr. Die positive Vermarktung, der Prototyp-Charakter und die  
668 kostenlose Nutzung des Kleinbusses haben die Probanden gegenüber technischen Problem  
669 sicherlich milder gestimmt und so eher die positiven Aspekte einer neuen, für einige zuvor  
670 fremden Technologie in den Vordergrund gestellt. Gerade was die positive Bewertung des

671 Platzangebots angeht, sei nochmal erwähnt, dass der Bus zu keiner Zeit voll ausgelastet war,  
672 was die Bewertung sicherlich beeinflusst hat.

673         Was die Unterschiede der Bewertungen bezüglich des Alters der Probandenangeht, so  
674 sind hier die Unterschiede in den Gruppengrößen hervorzuheben. Solche Unterschiede in der  
675 Gruppengröße machen die Interpretation von  $p$ -Werten unter Umständen schwierig, weshalb  
676 die hier berichteten Effekte bezüglich der Altersklassen mit Vorsicht zu behandeln sind.  
677 Aufgrund der großen Anzahl an notwendigen Einzelvergleichen haben wir uns in diesem Fall  
678 dennoch für die Berechnung einer MANOVA und gegen ein robusteres Verfahren, wie den  
679 Welsch-Test, entschieden.. Zusätzlich ist anzumerken, dass die Effektstärken der einzelnen  
680 Gruppierungsvariablen sehr klein waren, mit Werten von  $\eta_p^2 = .01$  bis  $\eta_p^2 = .07$ . Die  
681 Unterschiede sind also signifikant, scheinen aber nicht substantiell zu sein.

682         Als letztes sollte noch erwähnt werden, dass wir in der Studie zwar die Erfahrung der  
683 Menschen mit dem konventionellen ÖPNV, im Sinne der Nutzungshäufigkeit, erfragt haben,  
684 nicht aber die Erfahrung mit autonomen Systemen im Allgemeinen. Dies könnte eine Erklärung  
685 sein, warum in dieser Studie kein moderierender Einfluss der Erfahrung gefunden wurde.  
686 Madigan et al. (2016) erfassten die Erfahrung mit autonomen Kleinbussen, fanden jedoch  
687 ebenfalls keinen Moderatoreffekt.

### 688 **4.3 Fazit**

689         Die hier beschriebene Arbeit untersuchte die Nutzungsakzeptanz eines autonom  
690 fahrenden Kleinbusses. Es konnte gezeigt werden, dass Nutzerinnen und Nutzer gegenüber  
691 autonomen Nahverkehrsmitteln im Allgemeinen recht aufgeschlossen sind. Auch eine  
692 Testfahrt mit einem autonom fahrenden Bus führte bei den Probanden, unter Berücksichtigung  
693 des Prototypen-Status des Busses, zu einer mehrheitlich positiven Bewertung. Hier zeigt sich  
694 eine Stärke unserer Studie im Vergleich zu vorausgegangenen Untersuchungen: Während diese  
695 Studien nur die Akzeptanz bezüglich eines Kleinbusses erfassten, beleuchtete unsere Studie

696 auch die allgemeine Einstellung der Probanden zu autonom fahrenden öffentlichen  
697 Verkehrsmitteln und somit zwei Arten von Nutzungsakzeptanz: prädiktive und retrospektive  
698 Akzeptanz. Die retrospektive Bewertung des Kleinbusses mag durch den Nutzungskontext  
699 konfundiert sein, dies trifft aber nicht zwangsläufig auf die prädiktive Akzeptanz des  
700 vollautomatisierten ÖPNV zu. So konnten wir betrachten, wie sich bereits eine einzelne Fahrt  
701 mit dem Kleinbus auf die prädiktive Akzeptanz auswirkt. Dies war in vorausgegangenen  
702 Arbeiten nicht möglich.

703 Neben den klassischen UTAUT-Variablen Leistungserwartung und  
704 Aufwandserwartung zeigte sich, dass auch die Valenzbewertung der Fahrt einen Einfluss auf  
705 die Nutzungsbereitschaft des Kleinbusses EMMA hatte. Die Tatsache, dass die Bewertung der  
706 Fahrt mit einem Kleinbus, im Sinne von angenehm vs. unangenehm, einen Einfluss auf die  
707 Nutzungsbereitschaft für diesen Kleinbus hat, klingt zwar plausibel, wurde aber in bisherigen  
708 Studien sowie in klassischen Akzeptanzmodellen oft nicht beachtet. Erst seit UTAUT2  
709 (Venkatesh et al., 2012) fließen solche Aspekte in die Nutzungsakzeptanz ein. Der hier  
710 beschriebene Effekt der Valenzbewertung stellt eine weitere Bestätigung der Bedeutung solcher  
711 Konstrukte für die Akzeptanz dar.

712 Insgesamt scheinen Fahrgäste also sowohl die Erprobung von autonomen Kleinbussen  
713 als auch die Entwicklung hin zum autonom fahrenden Nahverkehrsmitteln positiv zu sehen.  
714 Dies kann aber nur bedingt auf die Akzeptanz und Nutzung vollautomatisierter  
715 Mobilitätskonzepte im realistischen Straßenverkehr übertragen werden. Es ist gut möglich, dass  
716 für die Akzeptanz solcher Konzepte neben der Automatisierung andere Aspekte, wie die  
717 Antriebsart des Fahrzeugs, eine wichtige Rolle spielen. Die Umweltfreundlichkeit war der  
718 großen Mehrheit der Probanden in dieser Studie sehr wichtig. Anbieter des öffentlichen  
719 Nahverkehrs sowie Hersteller autonomer Kleinbusse sollten diesen Aspekt beachten und

720 ökologische Antriebsarten fördern, um so die Nutzungsakzeptanz von Fahrgästen zu  
721 vergrößern.

## 722 5. Literatur

- 723 Alessandrini, A., Cattivera, A., Holguin, C., & Stam, D. (2014). CityMobil2: Challenges and  
724 opportunities of fully automated mobility. In G. Meyer & S. Beiker (Eds.), *Road Vehicle*  
725 *Automation* (pp. 169–184). Switzerland: Springer International Publishing.
- 726 Azen, R., & Budescu, D. V. (2003). The dominance analysis approach for comparing  
727 predictors in multiple regression. *Psychological Methods*, 8(2), 129–148.  
728 <https://doi.org/10.1037/1082-989X.8.2.129>
- 729 Bazilinsky, P., Kyriakidis, M., & Winter, J. de. (2015). An international crowdsourcing  
730 study into people's statements on fully automated driving. *Procedia Manufacturing*, 3,  
731 2534–2542. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.540>
- 732 Buckley, L., & Kaye, Sherrie-Anne; Pradhan, Anuj K. (2018). Psychosocial factors associated  
733 with intended use of automated vehicles: A simulated driving study. *Accident Analysis &*  
734 *Prevention*, 115, 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.021>
- 735 Budescu, D. V. (1993). Dominance analysis: A new approach to the problem of relative  
736 importance of predictors in multiple regression. *Psychological Bulletin*, 114(3), 542–551.  
737 <https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.3.542>
- 738 Chan, C.-Y. (2017). Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems.  
739 *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6(3), 208–216.  
740 <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.07.008>
- 741 Christie, D., Koymans, A., Chanard, T., Lasgouttes, J.-M., & Kaufmann, V. (2016).  
742 Pioneering driverless electric vehicles in Europe: The city automated transport system  
743 (CATS). *Transportation Research Procedia*, 13, 30–39.  
744 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.004>

- 745 Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of  
746 Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>
- 747 Davis, F. D., Bagozzi, R. P., Warshaw, & Paul R. (1989). User acceptance of computer  
748 technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35, 982–1003.  
749 <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- 750 Dillon, A., & Morris, M. G. User acceptance of information technology: Theories and models.  
751 In M. Williams (Ed.), *Annual Review of Information Science and Technology* (31st ed.,  
752 pp. 3–32). Medford NJ: Information Today.
- 753 Eden, G., Nanchen, B., Ramseyer, R., & Evéquoz, F. On the road with an autonomous  
754 passenger shuttle. *CHI'17 Extended Abstracts*, 1569–1576.  
755 <https://doi.org/10.1145/3027063.3053126>
- 756 EU. (2011). *CityMobil: Towards advanced transport for the urban environment*. Retrieved  
757 from <http://www.citymobil-project.eu/site/en/documenten.php>
- 758 Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles:  
759 Opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part a:  
760 Policy and Practice*, 77, 167–181. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>
- 761 Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3rd ed.). London: Sage Publications.
- 762 Ghazizadeh, M., Lee, J. D., & Boyle, L. N. (2012). Extending the technology acceptance  
763 model to assess automation. *Cognition, Technology & Work*, 14(1), 39–49.  
764 <https://doi.org/10.1007/s10111-011-0194-3>
- 765 Hoogendoorn, R., van Arem, B., & Hoogendoorn, S. (2014). Automated driving, traffic flow  
766 efficiency, and human factors: Literature review. *Transportation Research Record:  
767 Journal of the Transportation Research Board*, 2422(1), 113–120.  
768 <https://doi.org/10.3141/2422-13>

- 769 King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model.  
770 *Information & Management*, 43(6), 740–755. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.05.003>
- 771 Krueger, R., Rashidi, T. H., & Rose, J. M. (2016). Preferences for shared autonomous  
772 vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 343–355.  
773 <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.06.015>
- 774 Kyriakidis, M., Happee, R., & Winter, J.C.F. de. (2015). Public opinion on automated  
775 driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation*  
776 *Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 127–140.  
777 <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.014>
- 778 Lindholmen Science Park. (2018). Drive Sweden. Retrieved from  
779 <https://www.drivesweden.net/en/organization>
- 780 Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., & Merat,  
781 N. (2016). Acceptance of automated road transport systems (ARTS): An adaptation of the  
782 UTAUT model. *Transportation Research Procedia*, 14, 2217–2226.  
783 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.237>
- 784 Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A., & Merat, N. (2017). What influences the  
785 decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public  
786 acceptance of automated road transport systems. *Transportation Research Part F: Traffic*  
787 *Psychology and Behaviour*, 50, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.07.007>
- 788 Merlin, L. (2017). Comparing automated shared taxis and conventional bus transit for a small  
789 city. *Journal of Public Transportation*, 20(2), 19–39. [https://doi.org/10.5038/2375-](https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.2.2)  
790 [0901.20.2.2](https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.2.2)
- 791 Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of  
792 automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of*

- 793 *Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 324–348.
- 794 <https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>
- 795 National Highway Traffic Safety Administration. (2008). *National Motor Vehicle Crash*
- 796 *Causation Survey*. Springfield, VA.
- 797 Navya. *Providing fluid mobility with autonomous shuttles*. Retrieved from
- 798 [https://navya.tech/wp-content/uploads/documents/Brochure\\_Shuttle\\_EN.pdf](https://navya.tech/wp-content/uploads/documents/Brochure_Shuttle_EN.pdf)
- 799 Nordhoff, S., Winter, J. de, Madigan, R., Merat, N., van Arem, B., & Happee, R. (2018). User
- 800 acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study.
- 801 *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 843–854.
- 802 <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.024>
- 803 Oberfeld, D., & Klöckner-Nowotny, F. (2016). Individual differences in selective attention
- 804 predict speech identification at a cocktail party. *ELife*, 5, e16747.
- 805 <https://doi.org/10.7554/eLife.16747.001>
- 806 Osswald, S., Wurhofer, D., Trösterer, S., Beck, E., & Tscheligi, M. (2012). Predicting
- 807 information technology usage in the car: Towards a car technology acceptance model. In
- 808 *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and*
- 809 *Interactive Vehicular Applications* (pp. 51–58). <https://doi.org/10.1145/2390256.2390264>
- 810 Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014). Intention to use a fully automated car:
- 811 Attitudes and a priori acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology*
- 812 *and Behaviour*, 27, 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.04.009>
- 813 Portouli, E., Karaseitanidis, G., Lytrivis, P., Amditis, A., Raptis, O., & Karaberi, C. (2017).
- 814 Public attitudes towards autonomous mini buses operating in real conditions in a Hellenic
- 815 city. In IEEE (Ed.), *2017 IEEE Intelligent Vehicle Symposium* (pp. 571–576).
- 816 <https://doi.org/10.1109/IVS.2017.7995779>

- 817 SAE International. (2014). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor*  
818 *Vehicle Automated Driving Systems*. Warrendale, PA. Retrieved from  
819 [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201401/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/)
- 820 Saffarian, M., Winter, J. C. F. de, & Happee, R. (2016). Automated Driving: Human-Factors  
821 issues and design solutions. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*  
822 *Annual Meeting*, 56(1), 2296–2300. <https://doi.org/10.1177/1071181312561483>
- 823 Schepers, J., & Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model:  
824 Investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*, 44(1),  
825 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.10.007>
- 826 Spieser, K., Ballantyne, K., Treleaven, R. Z., Frazzoli, E., Morton, D., & Pavone, M. (2014).  
827 Towards a systematic approach to the design and evaluation of automated Mobility-On-  
828 Demand systems: A case study in Singapore. In G. Meyer & S. Beiker (Eds.), *Road*  
829 *Vehicle Automation* (pp. 229–245). Switzerland: Springer International Publishing.
- 830 Thomas, D. R., Zumbo, B. D., Kwan, E., & Schweitzer, L. (2014). On Johnson's (2000)  
831 Relative Weights Method for Assessing Variable Importance: A Reanalysis. *Multivariate*  
832 *Behavioral Research*, 49(4), 329–338. <https://doi.org/10.1080/00273171.2014.905766>
- 833 Tonidandel, S., & LeBreton, J. M. (2011). Relative importance analysis: A useful supplement  
834 to regression analysis. *Journal of Business and Psychology*, 26(1), 1–9.  
835 <https://doi.org/10.1007/s10869-010-9204-3>
- 836 Turner, M., Kitchenham, B., Brereton, P., Charters, S., & Budgen, D. (2010). Does the  
837 technology acceptance model predict actual use? A systematic literature review.  
838 *Information and Software Technology*, 52(5), 463–479.  
839 <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.11.005>

- 840 Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use:: Integrating control, intrinsic  
841 motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems*  
842 *Research, 11*(4), 342–365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>
- 843 Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on  
844 interventions. *Decision Sciences, 39*(2), 273–315. [https://doi.org/10.1111/j.1540-](https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x)  
845 [5915.2008.00192.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x)
- 846 Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of  
847 information technology:: Toward a unified view. *MIS Quarterly, 27*(3), 425–478.  
848 <https://doi.org/10.2307/30036540>
- 849 Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of  
850 information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology.  
851 *MIS Quarterly, 36*(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>

852 6. Appendix

853 6.1 Appendix A: Verwendete Fragebögen

854 Fragebogen zum autonomen Fahren im ÖPNV (Prä-Fragebogen)



Fragebogen Autonomes Fahren



Wir freuen uns, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen, die vom Psychologischen Institut der Uni Mainz in Zusammenarbeit mit der Mainzer Mobilität durchgeführt wird. Die Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig.

Ich willige ein, dass meine Angaben anonym gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls veröffentlicht werden.

Ja  Nein

Alter: \_\_\_\_\_ Jahre

Geschlecht: \_\_\_\_\_

Haben Sie bereits eine Fahrt mit dem autonomen Kleinbus "EMMA" der Mainzer Mobilität absolviert?

Ja  Nein

Nachfolgend werden Ihnen einige Aussagen präsentiert. Bitte bewerten Sie für jede Aussage einzeln, wie sehr Sie diese ablehnen oder ihr zustimmen. Kreuzen Sie dazu die Box an, die für Sie am besten zutrifft.

Das autonome Fahren wird ein wichtiges Element des öffentlichen Nahverkehrs werden.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Durch das autonome Fahren werde ich meine Fahrtziele besser erreichen als mit den konventionellen Formen des öffentlichen Nahverkehrs.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Autonomes Fahren ist sicherer als andere Formen des öffentlichen Nahverkehrs.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Es ist einfach zu verstehen, wie man einen autonom fahrenden Bus benutzt.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Ich würde autonome Fahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr nutzen, wenn sie verfügbar sind.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Haben Sie diesen Fragebogen ernsthaft und aufrichtig ausgefüllt?

Ja  Nein

Haben Sie diesen Fragebogen in der Vergangenheit schon einmal ausgefüllt?

Ja  Nein

856 Fragebogen zur Bewertung des Kleinbusses EMMA



Fragebogen Autonomes Fahren und Kleinbus EMMA



Wir freuen uns, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen, die vom Psychologischen Institut der Uni Mainz in Zusammenarbeit mit der Mainzer Mobilität durchgeführt wird. Die Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig.

Ich willige ein, dass meine Angaben anonym gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls veröffentlicht werden.

Ja  Nein

Alter: \_\_\_\_\_ Jahre

Geschlecht: \_\_\_\_\_

Haben Sie bereits eine Fahrt mit dem autonomen Kleinbus "EMMA" der Mainzer Mobilität absolviert?

Ja  Nein

Wie regelmäßig nutzen Sie den Mainzer ÖPNV (Bus, Straßenbahn)?

Nie  Selten (einmal im Monat oder weniger)  Mehrmals im Monat  Mehrmals die Woche  Täglich

Nachfolgend werden Ihnen einige Aussagen präsentiert. Bitte bewerten Sie für jede Aussage einzeln, wie sehr Sie diese ablehnen oder ihr zustimmen. Kreuzen Sie dazu die Box an, die für Sie am besten zutrifft.

Das autonome Fahren wird ein wichtiges Element des öffentlichen Nahverkehrs werden.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Durch das autonome Fahren werde ich meine Fahrtziele besser erreichen als mit den konventionellen Formen des öffentlichen Nahverkehrs.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Autonomes Fahren ist sicherer als andere Formen des öffentlichen Nahverkehrs.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Es ist einfach zu verstehen, wie man einen autonom fahrenden Bus benutzt.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Ich würde autonome Fahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr nutzen, wenn sie verfügbar sind.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Nachfolgend werden Ihnen einige Aussagen präsentiert. Bitte bewerten Sie für jede Aussage einzeln, wie sehr Sie diese ablehnen oder ihr zustimmen. Kreuzen Sie dazu die Box an, die für Sie am besten zutrifft.

Wäre der autonome Kleinbus EMMA auf einer für mich zweckmäßigen Strecke verfügbar, würde ich ihn nutzen.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Ich fühle mich in dem autonomen Kleinbus genauso sicher wie in einem normalen Fahrzeug.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

**BITTE WENDEN!**



**Fragebogen Autonomes Fahren und Kleinbus EMMA**



Ich vertraue dem autonomen Kleinbus, dass er mich sicher ans Ziel bringt.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Der autonome Kleinbus muss während der Fahrt von einem Operator an Bord überwacht werden, damit er sicher und zuverlässig ist.

1  2  3  4  5  6  7  
 Starke Ablehnung Neutral Starke Zustimmung

Es folgen nun mehrere Aussagen über Ihre Fahrt mit dem autonomen Kleinbus EMMA. Bitte bewerten Sie, wie Sie die einzelnen Aspekte während der Fahrt wahrgenommen haben. Kreuzen Sie dazu die Box an, die Ihre Wahrnehmung am besten widerspiegelt.

Insgesamt empfand ich die Fahrt mit dem autonomen Kleinbus als...

Unangenehm Neutral Angenehm

Die Geschwindigkeit des Kleinbusses war...

Zu langsam Genau richtig Zu schnell

Das Abbremsen des autonomen Kleinbusses war...

Zu schwach Genau richtig Zu stark

Das Platzangebot im autonomen Kleinbus war...

Sehr unkomfortabel Neutral Sehr komfortabel

Ich würde den autonomen Kleinbus auch im Alltag nutzen, wenn er Teil des ÖPNV wäre!

Ja  Nein

Warum?

Wie wichtig ist Ihnen die Umweltfreundlichkeit des Kleinbusses?

Überhaupt nicht wichtig Neutral Sehr wichtig

Was gefällt Ihnen an dem autonomen Kleinbus besonders gut?

Was würden Sie sich von einem autonomen Kleinbus (noch) wünschen?

Was hat Sie überrascht?

Haben Sie diesen Fragebogen ernsthaft und aufrichtig ausgefüllt?

Ja  Nein

Haben Sie diesen Fragebogen in der Vergangenheit schon einmal ausgefüllt?

Ja  Nein

858

859

860