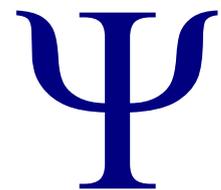


Mainz Experimental Psychology Reports (MEPR)



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

Nutzungsakzeptanz 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). Nutzungsakzeptanz eines autonomen Kleinbusses in
5 Mainz. *Mainzer Experimental Psychology Reports*, 5.1.

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 Danksagung

39 Wir danken den Projektmitgliedern der Mainzer Mobilität, Kristina Reiß, Jochen Erlhof,
40 Eva Kreienkamp, Johannes Köck, Fabio Marrello, Anne Wincheringer, Doris Wiesenthal,
41 Kristina Jung, Dominik Schall, Eric Rodig und Christian Schultze, für die Unterstützung bei
42 der Fragebogenerstellung und während den Befragungen. Zudem danken wir der R+V
43 Versicherung, die ihren autonomen Kleinbus für Vorführung und Testzwecke zur Verfügung
44 stellte, und im Speziellen Verena Reuber und Stefan Häfner als Projektleiter seitens der R+V.
45 Bei der Technischen Hochschule Bingen und Prof. Dr. Oliver Türk bedanken wir uns für den
46 fachlichen Austausch im Laufe des Projektes. Zuletzt bedanken wir uns bei Sinah Neuardt,
47 Lisa Gölz und Lukas Kretzschmar für die Durchführung der Erhebung und die Unterstützung
48 bei der Datenanalyse sowie bei allen Freiwilligen, die sich zur Bearbeitung der Fragebögen
49 bereit erklärt haben.

50 Abstract

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

68	Inhaltsverzeichnis	
69	1. Einführung	6
70	1.1 Nutzungsakzeptanz von automatisierten Systemen.....	7
71	1.2 Akzeptanz im Kontext des ÖPNV	9
72	2. Methode.....	12
73	2.1 Fragebogen	12
74	2.2 Teststrecke und Kleinbus.....	14
75	2.3 Ablauf und Rekrutierung	16
76	2.4 Datenanalyse.....	17
77	3. Ergebnisse	19
78	3.1 Akzeptanz des autonomen Fahrens im ÖPNV	19
79	3.2 Akzeptanz des autonomen Kleinbusses EMMA	21
80	3.3 Vorhersage der Nutzungsintention und Nutzungsbereitschaft	24
81	3.4 Kommentare der Nutzenden	29
82	4. Diskussion.....	31
83	4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	31
84	4.2 Grenzen der Untersuchung	34
85	4.3 Fazit	35
86	5. Literatur	38
87	6. Appendix	44
88	6.1 Appendix A: Verwendete Fragebögen	44
89		
90		
91		

92 1. Einführung

93 Autonomes Fahren ist ohne Zweifel ein Forschungsthema, das in den letzten Jahren
94 stark an Aufmerksamkeit gewonnen hat. Spricht man von autonomem Fahren, sind
95 verschiedene Formen zu unterscheiden. Nach der etablierten Klassifikation der Society of
96 Automotive Engineers (SAE) kann man dabei zwischen teilautomatisiertem (Stufen 1, 2 und 3),
97 hochautomatisiertem (Stufe 4) und vollautomatisiertem Fahren (Stufe 5) unterscheiden (SAE,
98 2014). Unter Teilautomation versteht man in diesem Kontext ein System, das den Fahrer nur in
99 einzelnen, klar umschriebenen Situationen unterstützt. Hoch- und vollautomatisierte Systeme
100 übernehmen alle Fahraufgaben selbstständig, wobei der Fahrer bei der vollautomatisierten
101 Fahrt nicht physisch präsent sein muss.

102 Da vollautomatisierte Fahrzeuge noch nicht in Serie vertrieben werden, auch aufgrund
103 fehlender gesetzlicher Regelungen, lassen sich die potentiellen Vorteile solcher
104 Mobilitätskonzepte nur schwer beziffern. Allerdings gibt es bereits Arbeitsgruppen und
105 Simulationen, welche die potentiellen Chancen von vollautomatisierten Fahrzeugen
106 hervorheben, vor allem im Bereich der On-Demand-Mobilität und des Ride-Sharing (z.B. Chan,
107 2017; Fragant & Kockelman, 2015; Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Allen voran steht
108 hierbei die Verringerung des Unfallrisikos. So zeigt zum Beispiel ein Report der
109 amerikanischen National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), dass kritische
110 Situationen zum Großteil durch den menschlichen Fahrer verursacht werden, wobei Ablenkung
111 und falsche Entscheidungen am häufigsten mit Unfällen assoziiert sind (NHTSA, 2008). Für
112 den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) stehen neben einer potentiellen Verringerung
113 von Unfallzahlen aber auch andere Gesichtspunkte im Vordergrund. Heute leben bereits über
114 50% der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten, Tendenz steigend (Chan, 2017). Durch einen
115 vollautomatisierten ÖPNV könnte der steigende Bedarf durch flexiblere Mobilitätsangebote
116 besser gedeckt werden. Dies könnte zu einer verringerten Nutzung eigener PKWs führen, was

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

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

132 **1.1 Nutzungsakzeptanz von automatisierten Systemen**

133 Die Nutzungsakzeptanz von neuen Technologien wird in Abhängigkeit des
134 Anwendungsfalls und des Forschungsfelds unterschiedlich konzeptualisiert. Dillon und Morris
135 (1989) definieren Nutzungsakzeptanz als „*the demonstrable willingness within a user group to*
136 *employ information technology for the tasks it is designed to support.*“ (S. 7). Entsprechend
137 dieser Definition wird Akzeptanz zumeist als die retrospektive Intention konzeptualisiert, ein
138 neues System zu nutzen. Ein anerkanntes Modell in diesem Kontext ist das Technology
139 Acceptance Model (TAM; Davis, 1989; Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989). In diesem Modell
140 wird Akzeptanz retrospektiv durch die Nutzungshäufigkeit einer neuen Technologie
141 konzeptualisiert, wobei diese Nutzungshäufigkeit direkt vorhergesagt werden kann durch die

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

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

165 1.2 Akzeptanz im Kontext des ÖPNV

166 Obwohl das Potential von automatisierten Mobilitätskonzepten im Personenverkehr
167 bereits seit vielen Jahren bekannt ist, scheint die Umsetzung solcher Konzepte im ÖPNV erst
168 in den letzten Jahren richtig angelaufen zu sein. Als Vorreiter kann man das Projekt CityMobil
169 sehen, das durch die EU initiiert wurde (EU, 2011). In diesem Projekt wurde erstmals die
170 Akzeptanz eines VAK untersucht. Es folgte ein weiteres Projekt, CityMobil2 (Alessandrini,
171 Cattivera, Holgiun & Stam, 2014). Erst kürzlich wurden zahlreiche weitere Projekte gestartet;
172 so zum Beispiel das Projekt CAST (Christie, Koymans, Chanard, Lasgouttes & Kaufmann,
173 2016), Drive Sweden (Drive Sweden, 2018), oder auch das EUREF Projekt in Berlin (Nordhoff
174 et al., 2018). Im Folgenden sollen die Befunde dieser und weiterer Arbeiten in Bezug auf die
175 Nutzungsakzeptanz von VAK weiter untersucht werden.

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

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

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

209 **Ziel der Studie**

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

215 mehreren Punkten. So wurden zur Konzeptualisierung der Nutzungsakzeptanz nur die beiden
216 Prädiktoren Leistungs- und Aufwandserwartung von UTAUT erhoben, zusammen mit den
217 Moderatorvariablen Alter, Geschlecht und Erfahrung. Damit entschieden wir uns gegen neuere
218 theoretische Weiterentwicklungen wie UTAUT2 (Venkatesh, Thong & Xu, 2012) und
219 stattdessen für eine ökonomischere Erhebung mit weniger Items. Hier sei nochmal erwähnt,
220 dass sich Konstrukte wie die wahrgenommene Nützlichkeit und Einfachheit der Nutzung,
221 zentrale Prädiktoren von TAM und vergleichbar mit der Leistungs- und Aufwandserwartung,
222 in der Vergangenheit als die stärksten Determinanten der Nutzungsintention gezeigt haben (vgl.
223 Kin & He, 2006; Schepers & Wetzels, 2007; Turner, Kitchenham, Brereton, Charters &
224 Budgen, 2010), vor allem in der Betrachtung autonomer Fahrzeuge (Buckley, Kaye & Pradhan,
225 2018).

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

237 2. Methode

238 2.1 Fragebogen

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

246 *Fragebogen I: Prä-Befragung*

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

257

258

259

260

261

262 Tabelle 1
 263 *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)

264

265 *Fragebogen II: Post-Befragung*

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

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

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

292 **2.2 Teststrecke und Kleinbus**

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



299

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

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



317

318 *Abbildung 2. Autonomes Shuttle der Firma Navya.*319 **2.3 Ablauf und Rekrutierung**

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

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

335 der Gesamtstichprobe füllten $n = 578$ Personen den Prä-Fragebogen und $n = 364$ den Post-
336 Fragebogen aus. Die Verteilungen von Geschlecht und Alter waren in beiden Gruppen
337 vergleichbar. Bei dem Post-Fragebogen nutzten zudem 54.7% den ÖPNV nie oder selten,
338 26,9% mehrmals im Monat oder in der Woche und nur 16.8% täglich. Sechs Personen machten
339 dazu keine Angabe.

340 **2.4 Datenanalyse**

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

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

360 zusammen mit den UTAUT-Variablen die Nutzungsbereitschaft gegenüber dem Kleinbus
361 vorhersagte. Alle Variablen der beiden Regressionen wurden z-standardisiert, die β -Werte
362 entsprechen demnach den standardisierten Regressionskoeffizienten. In beiden Regression
363 zeigten die Q-Q Plots der Residuen keine systematische Abweichung von der
364 Normalverteilung. Alle Berechnungen wurden mit der Software SPSS Statistics 23
365 durchgeführt.

366 3. Ergebnisse

367 3.1 Akzeptanz des autonomen Fahrens im ÖPNV

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

375 Tabelle 2

376 *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)

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

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

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

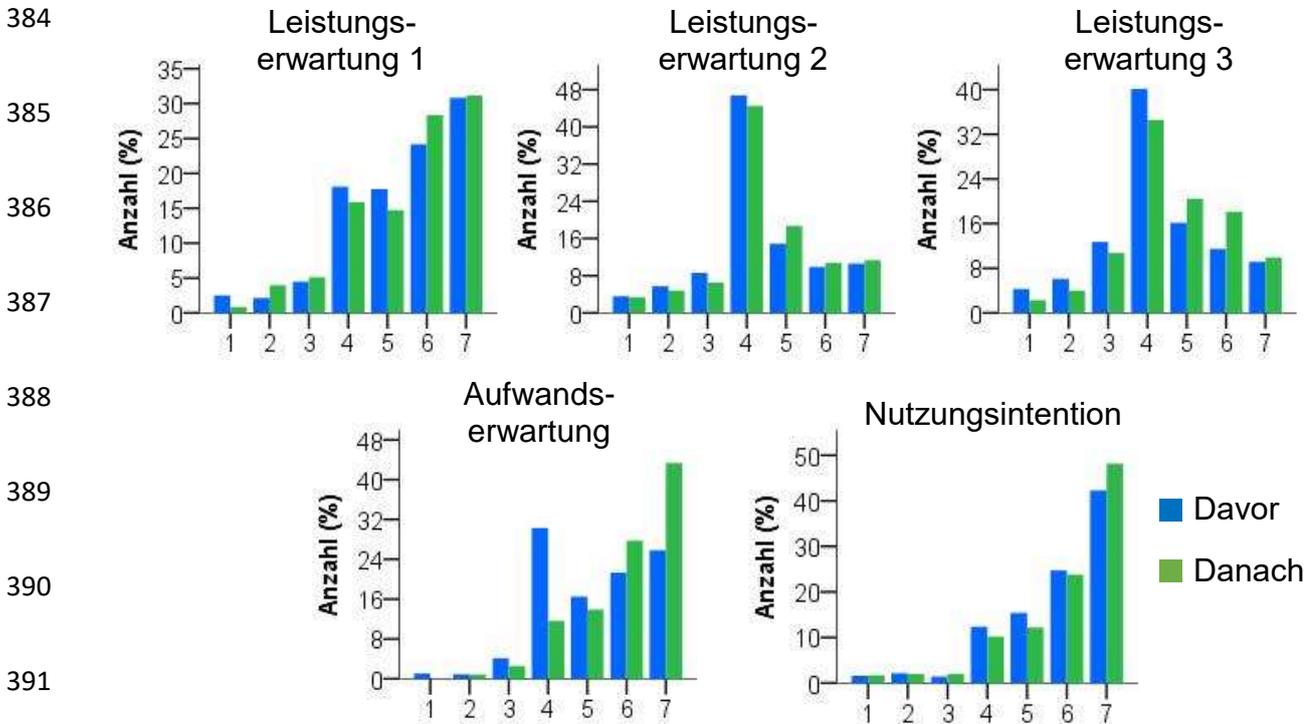


Abbildung 3. Ratings der Items zum autonomen Fahren, aufgeteilt nach Fragebogen-Typ.

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

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

411 Tabelle 3
 412 *Effekte der univariaten F-Tests*

		<i>F</i>	<i>df</i> _{Faktor}	<i>df</i> _{Fehler}	<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

413 *Anmerkungen.* *N* = 870. *df* = Freiheitsgrade. η_p^2 = partielles Eta² als Maß der Effektstärke.

414

415 **3.2 Akzeptanz des autonomen Kleinbusses EMMA**

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

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

428 Tabelle 4
 429 *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)

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

431

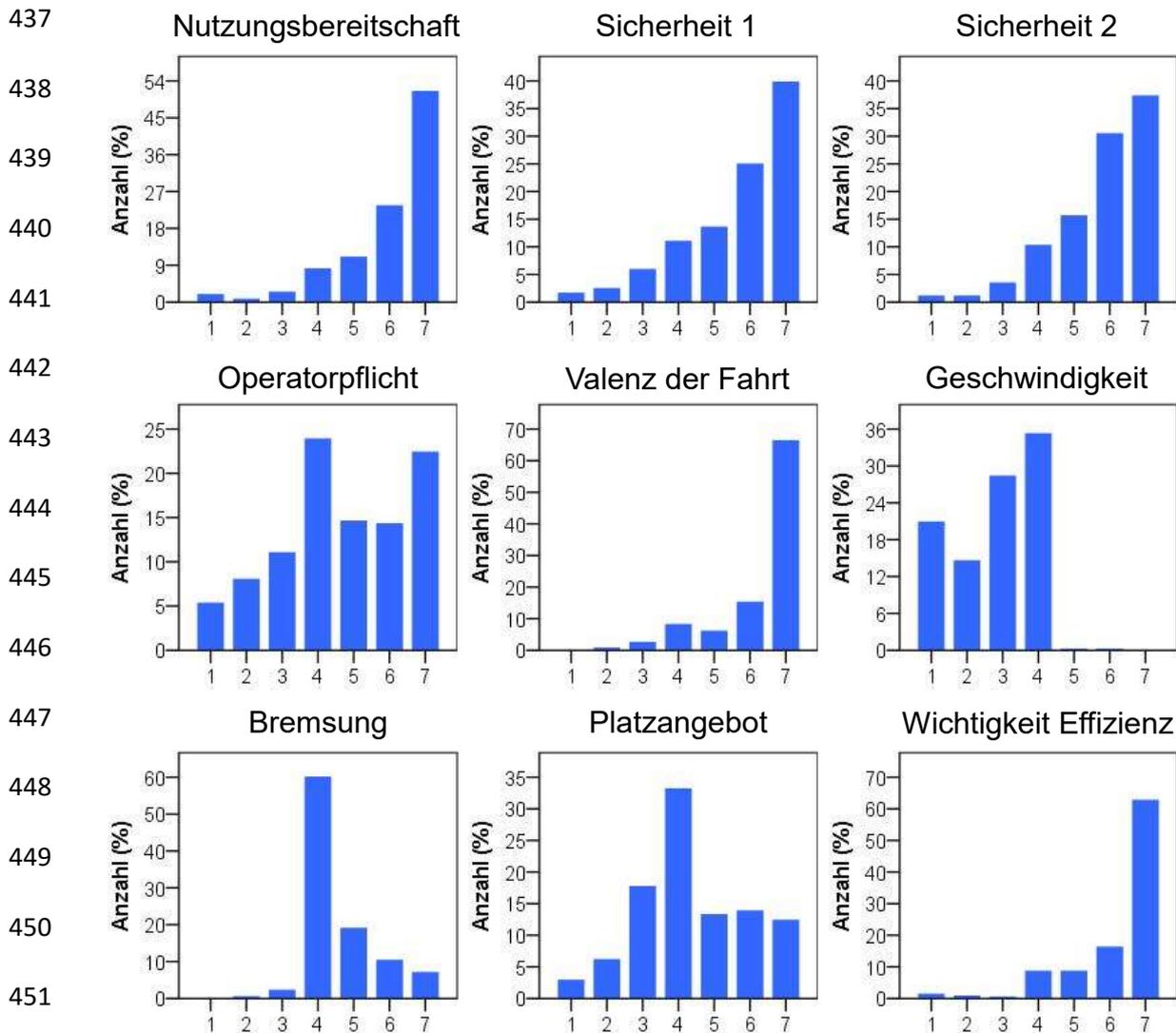
432

433

434

435

436



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

453 In Ergänzung zu der deskriptiven Betrachtung wurde eine MANOVA berechnet, um die

454 Items auf Unterschiede im Alter und Geschlecht der Probanden zu testen. Diesmal ergab sich

455 ein signifikanter multivariater Effekt sowohl für das Geschlecht ($V = .11$, $F(9, 298) = 3.88$, $p <$

456 $.001$, $\eta_p^2 = .11$), als auch für das Alter ($V = .17$, $F(27, 900) = 1.99$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .06$). Der

457 Interaktionseffekt zwischen Geschlecht und Altersgruppen wurde nicht signifikant. Alle

458 signifikanten Effekte der univariaten Tests sind in Tabelle 5 aufgeführt. Frauen kreuzten

459 signifikant höhere Werte an als Männer bei den Fragen zur Operatorpflicht, zum Platzangebot

460 und zur Wichtigkeit der Effizienz, wogegen Männer höhere Werte bei der Sicherheit des

461 Kleinbusses angaben. Zudem kreuzten die jüngeren Altersgruppen tendenziell niedrigere Werte

462 in der Geschwindigkeit und höhere Werte in der Bremsung des Kleinbusses an als die älteren
 463 Gruppen (vgl. Tabelle 4). Auch hier waren die Effektstärken jedoch sehr klein, mit Werten bis
 464 $\eta_p^2=.07$. Die Unterschiede zwischen den Urteilen der einzelnen Gruppen waren also scheinbar
 465 nicht substantiell.

466 Tabelle 5
 467 *Effekte der univariaten F-Tests*

		<i>F</i>	<i>df</i> _{Faktor}	<i>df</i> _{Fehler}	<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

468 *Anmerkungen.* *N* = 306. *df* = Freiheitsgrade. η_p^2 = partielles Eta² als Maß der Effektstärke.
 469 * *p* <.05; ** *p* <.01; *** *p* <.001.

470 3.3 Vorhersage der Nutzungsintention und Nutzungsbereitschaft

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

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

482 (Cronbachs $\alpha = .78$), wurden sie dennoch zu einem Faktor aggregiert. In das lineare Modell
 483 wurden dann die Prädiktorvariablen Leistungs- und Aufwandserwartung, die demographischen
 484 Variablen Alter, Geschlecht sowie eine Variable zur Unterscheidung zwischen Prä- und Post-
 485 Fragebogen als Indikator der Fahrerfahrung in einem Schritt aufgenommen. Um
 486 Moderatoreffekte der Variablen Alter, Geschlecht und Erfahrung auf den Zusammenhang des
 487 Kriteriums Nutzungsintention mit den beiden Prädiktoren Leistungs- und Aufwandserwartung
 488 zu testen, wurden die Interaktionsterme zwischen den beiden Prädiktoren und den drei
 489 Moderatorvariablen zusätzlich ins Modell aufgenommen. Tabelle 6 zeigt die
 490 Korrelationsmatrix der Haupteffekte und des Kriteriums Nutzungsintention.

491 Tabelle 6
 492 *Korrelationsmatrix der Prädiktoren und Kriterium Nutzungsintention*

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

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

494

495 Die Korrelationsmatrix zeigt, dass die einzelnen Prädiktoren teilweise korreliert sind. In
 496 diesem Fall kann die Wichtigkeit der einzelnen Prädiktoren nicht anhand der Größe der
 497 Regressionsgewichte beurteilt werden. Aus diesem Grund wurde in Ergänzung der multiplen
 498 Regression eine Dominanzanalyse berechnet (Budescu, 1993). Dieser Ansatz hat sich bereits
 499 in anderen Kontexten als geeignet erwiesen, um Aussagen über die relative Wichtigkeit von
 500 Prädiktoren in multiplen linearen Regressionen zu treffen (z.B. LeBreton, Ployhart & Ladd,
 501 2004; Oberfeld & Klöckner-Nowotny, 2016; Thomas, Zumbo, Kwan & Schweitzer, 2011;

502 Tonidandel & LeBreton, 2011). In der Dominanzanalyse wird die Wichtigkeit jedes einzelnen
 503 Prädiktors beurteilt, in dem zunächst Regressionsmodelle mit allen möglichen Kombinationen
 504 der Prädiktoren, mit Ausnahme des zu testenden Prädiktors, gebildet werden, inklusive einem
 505 Modell, das nur das Intercept enthält. Danach wird der inkrementelle Anteil an
 506 Varianzaufklärung (ΔR^2) betrachtet, den man erhält, wenn man den einzelnen Modellen den
 507 zu testenden Prädiktor hinzufügt. Der Mittelwert der einzelnen quadrierten
 508 Semipartialkorrelationen (ΔR^2) entspricht dann dem General Dominance Weight (GDW, Azen
 509 & Budescu, 2003). Dieser Wert ist ein quantitatives Maß für die relative Wichtigkeit der
 510 einzelnen Prädiktoren. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Regression, inklusive der GDWs der
 511 einzelnen Prädiktoren. Da die Interaktionsterme nicht signifikant wurden, werden nur die
 512 Haupteffekte berichtet.

513 Tabelle 7

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

Prädiktor	β	<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

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

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

518
 519 Die Regression führte zu einer Varianzaufklärung von $R^2 = .454$. Die Dominanzgewichte
 520 zeigen, dass der stärkste Prädiktor die Leistungserwartung war, gefolgt von der
 521 Aufwandserwartung. Das Alter und die Erfahrung wurden zwar signifikant, die kleinen
 522 Dominanzgewichte legen aber nahe, dass sie für die Varianzaufklärung am Kriterium nur eine
 523 geringe Rolle spielten. Der Haupteffekt des Geschlechts wurde nicht signifikant.

524 Um zu testen, welchen Einfluss die Items zur Sicherheit und Fahrdynamik des
525 Kleinbusses sowie die UTAUT-Variablen auf die Nutzungsbereitschaft des Kleinbusses
526 EMMA hatten, wurde eine weitere multiple lineare Regression berechnet. Dazu wurde zunächst
527 geprüft, ob die Items zur Sicherheit des Kleinbusses ebenfalls auf den Faktor
528 Leistungserwartung, oder auf einen anderen Faktor zurückgehen. Eine PCA wurde berechnet
529 mit den Items I1-I3 zur Erfassung der Leistungserwartung und I7 – I9 zur Erfassung der
530 empfundenen Sicherheit. Es wurde entsprechend dem Scree-Plot ein Faktor mit einem
531 Eigenwert größer eins extrahiert. Aufgrund der kleinen Faktorladung von $a = .27$ wurde Item
532 9 aus der Analyse entfernt und die PCA erneut berechnet. Auch die zweite PCA lieferte einen
533 Faktor, mit Faktorladungen zwischen $a = .73$ (I2) und $a = .82$ (I8). Entsprechend wurden die
534 Item I1, I2, I3, I7 und I8 in den Faktor Leistungserwartung aggregiert, die interne Konsistenz
535 der Items betrug Cronbachs $\alpha = .84$. Im Folgenden wurde dann eine multiple lineare Regression
536 berechnet, bei der die für den Kleinbus spezifischen Items (I9 – I14), die Haupteffekte der
537 UTAUT-Variablen Leistungserwartung, Aufwandserwartung, Alter, Geschlecht und, als
538 Indikator für Erfahrung, Nutzungshäufigkeit des ÖPNV und die Interaktionsterme zwischen
539 Leistungserwartung, Aufwandserwartung und den demographischen Variablen im dritten
540 Schritt als Prädiktoren aufgenommen wurden. Wie bei der vorherigen Regression wurden die
541 Interaktionsterme ins Modell aufgenommen, um die in UTAUT postulierten Moderatoreffekte
542 zu testen (Vebkatesh et al., 2003). Tabelle 8 zeigt die Korrelationsmatrix der Haupteffekte und
543 des Kriteriums.

544

545

546

547

548 Tabelle 8
 549 *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	.12	1									
3.	Valenz der Fahrt	.43	.07	1								
4.	Geschwindigkeit	.07	-.28	.20	1							
5.	Bremmung	-.16	.03	-.25	-.16	1						
6.	Platzangebot	.33	-.07	.32	.11	-.18	1					
7.	Leistungs- erwartung	-.57	.19	.42	-.01	-.15	.23	1				
8.	Aufwands- erwartung	.34	.13	.26	-.05	.00	.18	.49	1			
9.	Alter	.02	-.05	.10	.23	-.12	.03	-.03	-.10	1		
10.	Geschlecht	.06	-.13	.13	.13	-.03	.17	-.12	-.08	.04	1	
11.	Nutzungs- häufigkeit	.34	.09	.05	-.02	.02	.01	.11	.07	.07	.05	1

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

551

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

562

563 Tabelle 9
 564 *Ergebnisse der linearen Regression und Dominanzanalyse für die Nutzungsbereitschaft*

Prädiktor	β	<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

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

565 *Anmerkungen.* $N = 314$. β = standardisierte ordinary least-squares (OLS) Regressionskoeffizienten. *SE*
 566 = Standardfehler der standardisierten Regressionskoeffizienten. R^2 entspricht dem angepassten Maß des
 567 Determinationskoeffizienten, wie er in SPSS berechnet wird. GDW = General Dominance Weight.
 568

569 **3.4 Kommentare der Nutzenden**

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

581 Punkte ab, welche die Nutzenden bei der Fahrt besonders überrascht hatten. Dabei erwähnten
582 44 Personen die Sicherheit, mit der Emma gefahren sei und vor allem die autonom
583 durchgeführte Bremsung bei Hindernissen.

584 4. Diskussion

585 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

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

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

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

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

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

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

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

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

671 **4.2 Grenzen der Untersuchung**

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

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

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

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

700 **4.3 Fazit**

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

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

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

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

732 ökologische Antriebsarten fördern, um so die Nutzungsakzeptanz von Fahrgästen zu
733 vergrößern.

734 5. Literatur

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

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

- 781 King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model.
782 *Information & Management*, 43(6), 740–755. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.05.003>
- 783 Krueger, R., Rashidi, T. H., & Rose, J. M. (2016). Preferences for shared autonomous
784 vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 343–355.
785 <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.06.015>
- 786 Kyriakidis, M., Happee, R., & Winter, J.C.F. de. (2015). Public opinion on automated
787 driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation*
788 *Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 127–140.
789 <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.014>
- 790 Lindholmen Science Park. (2018). Drive Sweden. Retrieved from
791 <https://www.drivesweden.net/en/organization>
- 792 Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., & Merat,
793 N. (2016). Acceptance of automated road transport systems (ARTS): An adaptation of the
794 UTAUT model. *Transportation Research Procedia*, 14, 2217–2226.
795 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.237>
- 796 Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A., & Merat, N. (2017). What influences the
797 decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public
798 acceptance of automated road transport systems. *Transportation Research Part F: Traffic*
799 *Psychology and Behaviour*, 50, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.07.007>
- 800 Merlin, L. (2017). Comparing automated shared taxis and conventional bus transit for a small
801 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)
802 [0901.20.2.2](https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.2.2)
- 803 Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of
804 automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of*

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

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

- 852 Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use:: Integrating control, intrinsic
853 motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems*
854 *Research, 11*(4), 342–365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>
- 855 Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on
856 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)
857 [5915.2008.00192.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x)
- 858 Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of
859 information technology:: Toward a unified view. *MIS Quarterly, 27*(3), 425–478.
860 <https://doi.org/10.2307/30036540>
- 861 Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of
862 information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology.
863 *MIS Quarterly, 36*(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>

864 6. Appendix

865 6.1 Appendix A: Verwendete Fragebögen

866 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

868 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

870

871

872